

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES EN LOS AMBIENTES Y  
PUESTOS DE TRABAJO DE LA EMPRESA FERROCARRIL CENTRAL ANDINO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**EDUARDO ANTONIO CALDERON SALDIVAR**

**ASESOR**

**DR. NOÉ SABINO ZAMORA TALAVERANO**

**JURADO**

**DR. JHON WALTER GOMEZ LORA**

**DR. EDWIN JAIME GALARZA ZAPATA**

**MG. HUBER ORLANDO PORTUGUEZ YACTAYO**

**DR. MIGUEL ALVA VELASQUEZ**

**LIMA - PERU**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar hasta aquí junto a mi familia.

A mis padres, Marco Calderon y María Saldivar por su invaluable apoyo, cariño y amor que siempre me han ofrecido.

A mi mamita Paulita García por su amor incondicional y estar siempre a mi lado.

A mi hermano Patrick que es mi motivación para crecer profesionalmente.

A todas las personas que forman parte de mi vida, que me ayudan y me motivan a ser cada vez mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme estar junto a mis padres y bendecirme estar al lado de las personas que me aman.

Gracias a la Universidad y mis maestros que me ayudaron a fortalecer mis conocimientos y permitieron culminar mi carrera profesional.

Gracias al Dr. Noé Zamora, por aceptar ser mi asesor y brindarme sus conocimiento y experiencia para poder culminar la presente Tesis.

A los Dr. Walter Gómez, Mg. Benigno Gómez y Dr. Edwin Galarza por su apoyo, sus conocimientos y sus consejos para culminar esta investigación.

Gracias a mis padres, Marco Calderon y María Saldivar por sus palabras de apoyo y por ser los promotores de seguir adelante con mis sueños.

Gracias a mi compañera de vida Stefany Moreno por su apoyo y empuje, asimismo a todas las personas que creyeron en la realización de este trabajo de investigación.

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN.....</b>   | <b>ix</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>xi</b> |
| <b>I. INTRODUCCION.....</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>        | <b>3</b>  |
| 1.1.1 Planteamiento de Problema .....                         | 3         |
| 1.1.2 Formulación del Problema.....                           | 5         |
| <b>1.2 ANTECEDENTES .....</b>                                 | <b>6</b>  |
| <b>1.3 OBJETIVOS.....</b>                                     | <b>11</b> |
| 1.3.1 Objetivo General.....                                   | 11        |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....                             | 12        |
| <b>1.4 JUSTIFICACION .....</b>                                | <b>12</b> |
| 1.4.1 Justificación .....                                     | 12        |
| 1.4.2 Importancia.....  | 13        |
| <b>1.5 HIPOTESIS .....</b>                                    | <b>13</b> |
| 1.5.1 Hipótesis General .....                                 | 13        |
| 1.5.2 Hipótesis Específico .....                              | 14        |
| <b>II. MARCO TEORICO.....</b>                                 | <b>15</b> |
| <b>2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b> | <b>15</b> |
| 2.1.1 Marco Legal.....  | 15        |
| 2.1.2 Marco Teórico .....                                     | 15        |
| 2.1.3 Marco Conceptual.....                                   | 21        |
| <b>III. METODO.....</b>                                       | <b>25</b> |
| <b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>                         | <b>25</b> |
| 3.1.1 Nivel de Investigación .....                            | 25        |
| 3.1.2 Diseño de Investigación.....                            | 25        |
| <b>3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL .....</b>                   | <b>25</b> |
| 3.2.1 Ámbito Temporal .....                                   | 25        |
| 3.2.2 Ámbito Espacial .....                                   | 26        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.3 VARIABLES.....</b>  | <b>43</b> |
| 3.3.1 Identificación de Variables.....   | 43        |
| 3.3.2 Clasificación de Variables.....  | 44        |
| <b>3.4 POBLACION Y MUESTRA.....</b>  | <b>44</b> |
| 3.4.1 Población.....   | 44        |
| 3.4.2 Muestra.....   | 44        |
| <b>3.5 INSTRUMENTOS.....</b>   | <b>45</b> |
| 3.5.1 Materiales.....  | 45        |
| 3.5.2 Equipo.....  | 46        |
| 3.5.3 Software.....  | 46        |
| <b>3.6 PROCEDIMIENTO.....</b>  | <b>47</b> |
| 3.6.1 Monitoreo Ocupacional.....   | 47        |
| <b>3.7 ANÁLISIS DE DATOS.....</b>  | <b>51</b> |
| 3.7.1 Concentración de Exposición por Ambiente de Trabajo.....                   | 51        |
| <b>IV. RESULTADOS.....</b>   | <b>66</b> |
| <b>4.1 CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN POR PUESTO DE TRABAJO.....</b>                | <b>66</b> |
| <b>4.2 LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Y LOS INDICES DE EXPOSICIÓN</b>           |           |
| .....  | <b>68</b> |
| 4.2.1 Factor de Corrección de la Altitud y Jornada Laboral.....                  | 68        |
| 4.2.2 Índice de Exposición por Ambiente de Trabajo y Límites Máximos Permisibles |           |
| Corregido.....   | 71        |
| 4.2.3 Índice de Exposición por Puesto de Trabajo y Límites Máximos Permisibles   |           |
| Corregido.....   | 75        |
| <b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>VI. CONCLUSIONES.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>84</b> |
| <b>VIII. REFERENCIAS.....</b>  | <b>86</b> |
| <b>IX. ANEXOS.....</b>   | <b>89</b> |

## INCICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Velocidades de Sedimentación de una Partícula .....                   | 16 |
| Tabla 2. Diámetro Aerodinámico según ACGIH .....                               | 19 |
| Tabla 3. Rango de Tamaño de Partículas Ubicadas en el Tracto Respiratorio..... | 20 |
| Tabla 4. División de Red Vial Ferroviario.....                                 | 27 |
| Tabla 5. Características de Estación Patio Central – Callao .....              | 28 |
| Tabla 6. Características de Estación Monserrate .....                          | 29 |
| Tabla 7. Características de Estación Chosica .....                             | 30 |
| Tabla 8. Características de la Estación San Bartolomé.....                     | 31 |
| Tabla 9. Características de la Estación Matucana.....                          | 31 |
| Tabla 10. Características de la Estación Casapalca .....                       | 32 |
| Tabla 11. Características de la Estación Yauli.....                            | 33 |
| Tabla 12. Características de la Estación Patio Arapa .....                     | 33 |
| Tabla 13. Características de la Estación La Oroya .....                        | 34 |
| Tabla 14. Características de la Estación Huancayo .....                        | 35 |
| Tabla 15. Características de la Estación Cerro de Pasco .....                  | 36 |
| Tabla 16. Descripción de Vehículos .....                                       | 39 |
| Tabla 17. Programación de transporte de carga de Materiales y Productos .....  | 40 |
| Tabla 18. Descripción de Coches de Pasajeros.....                              | 42 |
| Tabla 19. Clasificación de Variables .....                                     | 44 |
| Tabla 20. Puesto de Trabajo del Área Operaciones por Base.....                 | 45 |
| Tabla 21. Parámetro de medición específica NIOSH 0600 .....                    | 47 |
| Tabla 22. Límite máximo permisible para una jornada laboral de 8h diarias..... | 48 |
| Tabla 23. Límite máximo permisible para una jornada laboral de 8h diarias..... | 48 |
| Tabla 24. Categorización del Riesgo por Niveles de Exposición.....             | 51 |
| Tabla 25. Puntos de Medición – Base Callao .....                               | 52 |
| Tabla 26. Puntos de Medición – Base Chosica.....                               | 53 |
| Tabla 27. Puntos de Medición – Base La Oroya .....                             | 54 |
| Tabla 28. Puntos de Medición – Base Cerro de Pasco .....                       | 55 |
| Tabla 29. Periodo de Muestreo – Base Callao .....                              | 56 |
| Tabla 30. Periodo de Muestreo – Base Chosica .....                             | 56 |
| Tabla 31. Periodo de Muestreo – Base La Oroya .....                            | 57 |
| Tabla 32. Periodo de Muestreo – Base Cerro de Pasco .....                      | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 33. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Callao .....                    | 59 |
| Tabla 34. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Chosica.....                    | 60 |
| Tabla 35. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base La Oroya.....                   | 61 |
| Tabla 36. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Cerro de Pasco.....             | 62 |
| Tabla 37. Concentración de Exposición BASE CALLAO .....                                 | 63 |
| Tabla 38. Concentración de Exposición BASE CHOSICA.....                                 | 64 |
| Tabla 39. Concentración de Exposición BASE LA OROYA.....                                | 64 |
| Tabla 40. Concentración de Exposición BASE CERRO DE PASCO.....                          | 65 |
| Tabla 41. Concentración de Exposición – Puesto de Trabajo: ENTOLDADOR .....             | 66 |
| Tabla 42. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: BREQUERO .....               | 66 |
| Tabla 43. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: JEFE DE TREN.....            | 67 |
| Tabla 44. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: MAQUINISTA.....              | 67 |
| Tabla 45. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Callao .....                    | 69 |
| Tabla 46. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Chosica.....                    | 69 |
| Tabla 47. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base La Oroya.....                   | 70 |
| Tabla 48. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Cerro de Pasco.....             | 70 |
| Tabla 49. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CALLAO.....                     | 71 |
| Tabla 50. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CHOSICA .....                   | 72 |
| Tabla 51. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE LA OROYA .....                  | 73 |
| Tabla 52. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CERRO DE PASCO .....            | 74 |
| Tabla 53. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: ENTOLDADOR..    | 76 |
| Tabla 54. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: BREQUERO .....  | 77 |
| Tabla 55. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: JEFE DE TREN .. | 78 |
| Tabla 56. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: MAQUINISTA....  | 79 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Organigrama de FCCA.....   | 38 |
| Figura 2. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo .....         | 72 |
| Figura 3. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo .....         | 73 |
| Figura 4. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo .....         | 74 |
| Figura 5. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo .....         | 75 |
| Figura 6. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de ENTOLDADOR    | 76 |
| Figura 7. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de BREQUERO..... | 77 |
| Figura 8. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de JEFE DE TREN. | 78 |
| Figura 9. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de MAQUINISTA..  | 79 |

## RESUMEN

Las partículas respirables son unos de los agentes químicos más agresivos desde el punto de vista de la salud ocupacional, ya que origina unas de las enfermedades pulmonares más peligrosas, la neumoconiosis, en base al siguiente concepto el estudio realizado tiene como objetivo general evaluar las partículas respirables en los ambientes y puestos de trabajo de la empresa Ferrocarril Central Andino (en adelante FCCA), para el desarrollo de esta se han establecido los siguientes objetivos específicos, primero, evaluar los índices de exposición en los ambientes de trabajo de la empresa FCCA, es decir, en la Base Callao, Chosica, La Oroya y Cerro de Pasco, segundo, determinar los niveles de exposición en los puestos de trabajos operativos, entoldadores, brequeros, jefe de tren y maquinista, por último, comparar los niveles de exposición hallados con los valores límites establecidos por el D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM.

Para ello, se ha realizado un monitoreo ocupacional como materia de cumplimiento de la Ley N° 29783- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2017, donde se determina la muestra a través de un grupo de exposición similar en los puestos de trabajo del área operativa de la empresa FCCA, aplicándose la metodología NIOSH 0600 para fracciones respirables, asimismo, el D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM, el cual establece un límite máximo permisible de  $3 \text{ mg/m}^3$  para partículas respirables, valor al que se aplicó un factor de corrección en función a las horas de trabajo y zona geográfica (altitud y presión), esto debido a que los monitoreos fueron realizados tanto en Zona Costa (Base Callao y Chosica) y Zona Sierra (Base La Oroya y Cerro de Pasco).

Por último, de los desenlaces de la investigación, se observó que los trabajadores de Base Callao presentan mayor índice de exposición en relación a las otras tres Bases, asimismo, el análisis al verificar los resultados, demuestran que de los puestos de trabajo evaluados los Entoldadores presentan un riesgo alto de exposición a las partículas respirables, por ende, se

recomendó realizar una serie de programas que prevengan la generación de enfermedades ocupacionales.

**PALABRAS CLAVES:** Partícula respirable, salud ocupacional, neumoconiosis, ambiente de trabajo, puesto de trabajo, monitoreo ocupacional, NIOSH 0600, enfermedad ocupacional.

## ABSTRACT

Respirable particles are one of the most aggressive chemical agents from the point of view of occupational health, since it causes one of the most dangerous lung diseases, pneumoconiosis, based on the following concept, the main objective of the study is to evaluate the particles breathable in the environments and jobs of the company Central Andean Railway (hereinafter FCCA), for the development of this have been established the following specific objectives, first, assess the exposure rates in the work environments of the company FCCA, that is, at Callao Base, Chosica, La Oroya and Cerro de Pasco, second, determine the levels of exposure in the operative jobs, shed, brequeros, chief of train and machinist, finally, compare exposure levels found with the limit values established by the D.S. 015-2005-SA and D.S. 024-2016-EM.

For this purpose, occupational monitoring has been carried out as a matter of compliance with Law N ° 29783- Occupational Health and Safety Law, in the months of September, October and November of 2017, where the sample is determined through a similar exposure group in the work areas of the operating area of the FCCA company, applying the NIOSH 0600 methodology for respirable fractions, likewise, the D.S. 015-2005-SA and D.S. 024-2016-EM, which establishes a maximum permissible limit of 3 mg/m<sup>3</sup> for respirable particles, value at which a correction factor was applied according to the working hours and geographical area (altitude and pressure), this due to that the monitoring was carried out both in the Costa Zone (Base Callao and Chosica) and Sierra Zone (Oroya Base and Cerro de Pasco).

Finally, from the results of the investigation, it was observed that the workers of Base Callao have a higher index of exposure in relation to the other three Bases, also, the analysis when verifying the results, show that of the jobs evaluated the Entolders they present a high

risk of exposure to respirable particles, therefore, it was recommended to carry out a series of programs that prevent the generation of occupational diseases.

**KEYWORDS:** Respirable particle, occupational health, pneumoconiosis, work environment, job position, occupational monitoring, NIOSH 0600, occupational disease.

## I. INTRODUCCION

Las partículas respirables consisten en una mezcla compleja de compuesto de naturaleza orgánica e inorgánica con diferentes distribuciones de granulometría (menor a 2.5µm) y composición química, ambas condicionadas por los gases que las rodean. Asimismo, estas partículas pueden estar constituidas por metales tales como silicio, plomo, hierro, cadmio, nitrógeno, azufre y/o carbono. A diferencia de otros contaminantes, las partículas respirables pueden ser de origen natural o antropogénico (Garrido A., 2012), por estas características llega a ser uno de los agentes químicos que afecta a diversos sectores (minería, fundición, canteras, textil, panaderías, agricultura, transporte, etc.), llegando afectar a los trabajadores que se encuentran expuesto, generando lentamente una enfermedad ocupacional, que afecta directamente al sistema respiratorio, específicamente a los pulmones.

A partir del 2012, con la aprobación del Reglamento D.S. 005-2012-TR de la ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783), las empresas de los diferentes sectores se vieron obligados a realizar monitoreos ocupacionales con una periodicidad anual, incluyendo las parámetros de agentes químicos, cuya finalidad del requisito es conocer las condiciones laborales a los cuales se ven expuestos los trabajadores, lo cual permitirá adoptar medidas preventivas y/o de control para evitar que sobrepasen los límites máximos permitidos y posibles enfermedades ocupacionales.

Ante la necesidad de conocer el grado de exposición a las partículas respirables y en cumplimiento de las normativas legales, se desarrollará un programa de monitoreo ocupacional de agentes químicos en base a la metodología de NIOSH 0600 en la empresa Ferrocarril Central Andino, cuyo objetivo es evaluar las partículas respirables en los ambientes y puestos de trabajo del área operativa y compararlos con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S.

015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM, en consecuencia se detalla brevemente los capítulos que permitirán cumplir con los objetivos planteados:

**Capítulo I:** Comprende la revisión de antecedentes bibliográficos tanto nacionales como internacionales, la descripción de las problemáticas para establecer los objetivos e hipótesis que permitirán desarrollar la investigación.

**Capítulo II:** Se desarrolla el marco teórico, abarcando en ello, la investigación de las normativas legales vigentes nacionales, la dimensión temporal, asimismo la parte teórica y conceptual de las variables.

**Capítulo III:** Se describe las características del área de estudio y las actividades operacionales que se realizan dentro de la dimensión espacial de la investigación.

**Capítulo IV:** Se consideran las metodológicas que se aplicarán para obtener los resultados, se describe el tipo, nivel y diseño de la investigación.

**Capítulo V:** Se muestran los resultados obtenidos producto de la metodología aplicada, resolviendo los objetivos planteados en el Capítulo I.

**Capítulo VI:** Se realiza la discusión de los resultados en base a dos investigaciones hechas en el 2011 y 2017.

**Capítulo VII:** Se redacta las conclusiones en base a los resultados obtenidos, y se plantean las recomendaciones correspondientes.

## **1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento de Problema**

#### **1.1.1.1 Descripción del Problema**

En la publicación realizada por el Organismo Internacional del Trabajo (OIT, 2017), dentro de la estadística anual, se señala que cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo, es decir más de 2.3 millones de personas al año, ocasionando que el costo de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales representen aproximadamente el 4 por ciento del Producto Bruto Interno global cada año.

Asimismo, en la Revista Colombiana publicada en el año 2011, se menciona que en el informe preparado por Jukka Takala para la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2004), existieron en América Latina y el Caribe (ALC) 146,000 muertes por motivo de trabajo, de estas, 108,200 se debieron a enfermedades ocupacionales, siendo la tasa de accidentes de trabajo fatales en ALC 2.5 veces más alta que en Canadá y EEUU. Significando esto según la OPS (1998) que las lesiones y enfermedades ocupacionales significan un gasto considerable para las empresas y la sociedad en general, alcanzando hasta el 10% del PBI. (Boletín Es Salud, 2016).

La salud ocupacional en el Perú tuvo un desarrollo importante desde 1940 con la creación del departamento de Higiene Industrial en el Ministerio de Salud Pública, Trabajo y Promoción Social, que posteriormente se transformaría en el Instituto Nacional de Salud Ocupacional, siendo reconocido como centro de formación e investigación en la región. (Gastañaga, 2012)

Sin embargo, de acuerdo al Boletín Estadístico Mensual del Ministerio de Trabajo (MINTRA) en el año 2016, en el Perú se han generado 150 accidentes de trabajos fatales y 30 notificaciones de enfermedades ocupacionales, al verificar y comparar los datos estadísticos a nivel mundial suelen ser insignificantes, sin embargo la OPS (1998) ha señalado que las notificaciones de las

enfermedades ocupacionales en América Latina alcanza solamente del 1% al 5%, ya que por lo general, se registran solo casos que causan incapacidad sujeta a indemnización o bien estas no son registradas como tales, sino que se clasifican como enfermedades comunes o accidentes laborales, originando una distorsión en los datos y evitando así una gestión adecuada en términos de seguridad y salud de los trabajadores.

Es sabido que con frecuencia los trabajadores están expuesto a riesgos de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos que se encuentran presentes en las actividades de trabajo, donde dichas actividades contribuyen a una sobre exposición por parte del trabajador y este pueda exceder la capacidad de su cuerpo, originando un accidente de trabajo o una enfermedad ocupacional.

Es por ello que, en el año 2010, en Ginebra se realizó la Conferencia Internacional de Trabajo, en el cual se dio a conocer la lista de las enfermedades ocupacionales provocadas por diversos agentes, destacando entre los primeros 41 enfermedades, aquellas ocasionadas por exposición de agentes químicos, polvos, gases, vapores, humos, otros.

Estas exposiciones a agentes y/o sustancias químicas, dentro de la actividad laboral por largos periodos, pueden traer una relación de causa/efecto con la aparición de cáncer, como tal en una publicación en el año 2007 de Exposición Laboral de Agentes Químicos Cancerígenos indica que, las causas de cáncer en la población de EEUU en 1980, eran debido a exposiciones agentes químicos profesionales, siendo el 4% de las muertes por cáncer.

Ante esta situación local y mundial, debido a los retos y cambios que impone el mundo del trabajo actual y el impacto de la carga de enfermedad descrito anteriormente, las organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la OIT han establecido objetivos y metas dirigidos a proteger la vida y promover la salud y el bienestar de los trabajadores. Un ejemplo es el Plan de Acción

sobre la Salud de los trabajadores de la OMS para el período 2015-2025 que ha puesto como prioridad la salud de los trabajadores en la agenda de los estados miembros a fin de brindar la atención integral a la salud de los trabajadores, mejorar los entornos de trabajo, aumentar los esfuerzos para promover la salud de los trabajadores y disminuir las desigualdades en salud. (OMS, 2012)

En el Perú, se cuenta con normativa sectorial de minería, hidrocarburos, electricidad, pesquería, construcción entre otras; sin embargo, no se ha implementado normativa en el sector agrícola que representa el mayor porcentaje de la PEA. También es necesario ver las estrategias para abordar al sector de la economía informal (representa cerca del 71% de los trabajadores) cuya siniestralidad es presumiblemente significativa. (Belapatiño, Grippa & Perea, 2017), por lo que se debe fortalecer la implementación de programas de prevención e intervención de desórdenes músculo-esqueléticos, cáncer profesional, riesgos psicosociales y control de violencia en lugar de trabajo, entre otros.

## **1.1.2 Formulación del Problema**

### **1.1.2.1 Problema General**

¿En qué medida la exposición de partículas respirables en los ambientes y puestos de trabajo del área operativa de la Empresa Ferrocarril Central Andino sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente?

### **1.1.2.2 Problema Secundario**

- a) ¿Cuál es la concentración de exposición por partículas respirables en el ambiente de trabajo en la Empresa Ferrocarril Central Andino?
- b) ¿Cuál es la concentración de exposición por partícula respirable en el puesto de trabajo del área operativa en la Empresa Ferrocarril Central Andino?

- c) ¿Cuál es la relación entre la exposición por partículas respirables en la Empresa Ferrocarril Central Andino y los valores permisibles vigentes establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente?

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **NACIONALES**

**Cabello (2010)** realizó la investigación “*Propuesta de Matriz para la evaluación de riesgos a la salud ocupacional debido a agentes químicos*” cuyo objetivo general era proponer una matriz para la valoración de riesgos ocupacional generados por agentes químicos, para determinar dichos compuestos el autor recurrió a realizar una evaluación sobre los métodos analíticos y de muestreo en base a la metodológica de la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), de acuerdo a ello se obtuvo como resultado de la valoración que en las minas se produce polvo respirable e inhalable, y su inhalación puede causar diversas enfermedades a los pulmones, tal es el caso de la silicosis, asimismo de los agentes químicos se concluyó que el más agresivos es el polvo respirable.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010)**, en base a Resolución Suprema N° 768-98-PCM, en 1998, se crea el Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao, el cual desarrolla “*El 2do Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima-Callao, PISA 2011-2015*”, cuyo objetivo es lograr que las concentraciones de contaminantes en el aire del Área Metropolitana Lima-Callao sean menores que los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, procurando proteger la salud de la población así como la salud ambiental de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en nuestra ciudad, para ello la estrategia y/o metodología a realizar es atacar los problemas de manera diferenciada, ya que

para algunos casos es necesario desarrollar medidas con mayores grados de intensidad en un corto tiempo. Según los obtenidos, hace mención que la contaminación atmosférica en el área metropolitana ha venido mejorando en los últimos 5 años, debido a las diversas medidas implementadas, sin embargo aún existen factores que vienen generando contaminación tales como la deficiente planificación urbana y su movilidad, el crecimiento explosivo del parque automotor y en algunos casos el precario mantenimiento, importación de vehículos usados, falta de supervisión de la aplicación de planes urbanos, errada ubicación de industrias y comercio, tecnologías obsoletas, baja eficiencia, etc. todo esto permite aún que las concentraciones de material particulado en el aire, especialmente los PM 10 y PM 2.5, superen los valores establecidos en los ECAs de aire, poniendo en riesgo la salud de la población e incrementando los niveles de morbilidad.

**Flores (2011)**, en su tesis para optar el grado de ingeniero, "*Evaluación por Exposición de Partículas Respirables de la Planta de Procesamiento de Cementos Lima SA*", tuvo como objeto apreciar los niveles de concentración de polvo respirable en el ambiente de trabajo de la empresa Cementos Lima S.A. y compararlos con los límites permisibles establecidos por el Ministerio de Salud en el "Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo" y por el Ministerio de Energía y Minas en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, para lo siguiente, las mediciones en los trabajadores se realizaron en base a la metodología NIOSH 0600, por lo que se colocó la bomba de succión en la cintura del trabajador y la toma de muestra a la altura de la zona respiratoria, a fin de captar las partículas a las cuales se encuentran expuestos durante la jornada laboral, a partir de ello se realizará una determinación gravimétrica. Como resultado de la evaluación se determinó que en la mayoría de los puestos de trabajo, se obtuvieron concentraciones de partículas de fracción respirable que superaron el 50 % del límite máximo permisible; por lo tanto se concluye que

es necesario tomar acciones correctivas en estos puestos de trabajo a fin de eliminar o disminuir el riesgo ocupacional.

**Flores & Zela (2011)**, realizaron el estudio “*Análisis de riesgos a la salud de la población expuesta a emisiones de material particulado (PM10) por el uso Intra-domiciliario de combustibles sólidos*”, para ello se plantearon como objetivos determinar los niveles de concentración de material particulado PM 10 y determinar, el índice de riesgo, al que debería exponerse la población que emplea combustibles sólidos. Se han desarrollado diferentes metodologías del análisis de riesgo. Sin embargo, la metodología desarrollada por la EPA en 1991 es una de las más consistentes y completas, la estructura de la metodología propuesta por la EPA se basa en cuatro etapas básicas, interrelacionadas cada una con ciertos métodos y técnicas.

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

En el Perú, ya sea por costumbre o por las condiciones atmosféricas, la mayoría de las personas que emplean en sus cocinas la quema de combustibles sólidos (carbón, leña, desechos orgánicos, entre otros) lo hacen al interior de sus vivienda, las cuales no tienen una debida ventilación, que permita evacuar los humos que se generan por la quema, constituyendo un grave riesgo a la salud de las que personas que respiran ese aire. Es por ende que se concluye que las altas concentraciones de material particulado (PM10) obtenidas en cada uno de los puntos de monitoreo  $< 188.29 - 6331.00 \mu\text{g}/\text{m}^3 >$ , sobrepasan en gran medida los estándares de calidad de aire recomendadas por los organismos mundiales, y corroboran que el empleo de la

leña como combustible representa la más importante fuente de contaminación del aire para los pobladores.

## **INTERNACIONALES**

**Muñoz, Quiroz & Paz (2006)** realizaron el trabajo de investigación “*Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferente niveles de exposición*” en Medellín, Colombia, donde se plantearon como objetivos realizar un diagnóstico de las condiciones atmosféricas en el área de estudio y evaluar la frecuencia de síntomas orgánicos y neuropsicológicos en los individuos según nivel de exposición a los agentes químicos. Para ello utilizaron una estrategia de muestreo considerando diferentes factores como fuente de contaminación, por lo tanto se realizaron mediciones de materiales particulados como: monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, en tanto para las mediciones de la situación de salud, los investigadores se trasladaron al lugar de trabajo de las personas que participaron y allí se les aplica la encuesta y se les realizó las mediciones antropométricas y al espirometría. Según los resultados, las estaciones de menor concentración de partículas sólidas suspendidas son de las zonas que se encuentran ubicadas lejos de todo sector industrial y las vías de alto tráfico vehicular. Sin embargo los niveles de concentración de las estaciones superaban los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superando lo establecido por la EPA. Por otra parte las expresiones de agotamiento, depresión, desespero, aburrimiento, irritación, angustia, tristeza y rabia fueron más frecuentes y de mayor intensidad en el grupo de los más expuestos a agentes químicos.

**Gonzales & Abril (2009)** realizaron una investigación de las “*Condiciones de salud y trabajo en la mina de carbón El Saman, Municipio de Sardinata – Bogotá, Colombia*”, tuvieron como objetivos identificar y describir las condiciones de trabajo y los principales efectos sobre la salud, y evaluar la frecuencia de la exposición a los principales factores de riesgo ocupacional

existentes. Según las condiciones de trabajo los factores de riesgo más importantes fueron: la iluminación insuficiente o excesiva para la tarea en un 83.4%, temperatura no confortable por mucho calor en un 91.7%, Inhalación de polvos, humos, gases y vapores en un 94%, dentro de las actividades mineras de carbón se pueden contraer enfermedades producidas por la acumulación de polvo en el pulmón y su reacción patológica ante su presencia, esta enfermedad llamada Neumoconiosis, producida por inhalación de dióxido de silicio o sílice libre en forma cristalina, siendo los principales trabajos con exposición a sílice libre, la minería, explotación de canteras, trabajo de piedra y túneles, cerámicas, cementos, polvos de limpieza, industria de vidrio, transporte de concentrados, etc. Concluyendo que, la silicosis es motivo de preocupación, debido a que la sobreexposición a sílice es frecuente, puede estar aumentando en determinadas regiones por nuevas aplicaciones de sílice y se está observando formas de silicosis graves en trabajadores de extracción y procesados de rocas.

**Bilbao (2009)** desarrollo la tesis “*Evaluación de la exposición a los agentes químicos sobre el sistema respiratorio*” teniendo como objetivo identificar los agentes químicos a los que están expuesto los trabajadores, así como cuantificar las concentraciones de dichos agentes químicos en el ambiente laboral. Entre las conclusiones más resaltantes de los resultados obtenidos se tiene os agentes químicos a los que están expuestos los trabajadores en la empresa, se evidenció que los mismos están dentro de los parámetros normales, obteniéndose en todos los casos, valores por debajo de los permitidos, según las normativas nacionales e internacionales. Específicamente, el ácido acrílico tiene valor límite de 2 ppm y se encontraron 0,1 ppm, para la monoetanolamina el límite es de 3 ppm y se obtuvo 0,1 ppm, finalmente el ácido fosfórico tiene un límite de 1 mg/m<sup>3</sup> y se obtuvo en las mediciones, 0,25 mg/m<sup>3</sup>. El 64,29% de los hombres tuvieron afecciones respiratorias altas relacionadas con rinitis y rinofaringitis, contra un 37,50% de las mujeres. Por su parte,

solamente se evidenció presencia de afecciones respiratorias bajas en los hombres, representando el 14,29% de los casos.

**Monserate (2014)** hizo una investigación acerca del *“Estudio de las enfermedades ocupacionales a causa de la contaminación presente en el canal de navegación de Puerto Cabello en los trabajadores portuarios que realizan transporte desde el muelle la Planchita hasta la Base Naval – San Diego, Venezuela”*, cuyo objetivo es identificar los riesgos ocupacionales a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores portuarios que realizan transporte desde el muelle La Planchita hasta la Base Naval. Esta investigación dirigirá sus esfuerzos en realizar un estudio de las diferentes enfermedades ocupacionales presentes en los trabajadores portuarios a causa de la contaminación presente en el canal de navegación de Puerto Cabello, producto de ello, los resultados obtenidos indican que las aguas que escurren por dicho canal, están siendo contaminadas por sustancias químicas provenientes de los buques u otros transportes de tipo acuático que se desplazan por el mismo, originando que los trabajadores portuario se expongan a dichas sustancia y puedan contraer diferentes enfermedades, es por ello que como recomendación estable realizar un chequeo médico constante de los trabajadores, a fin de evitar que el trabajador pueda contraer una enfermedad ocupacional o pueda ser detectada a tiempo, para el tratamiento correspondiente.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar las partículas respirables por ambiente y puestos de trabajo en el área operativa de la Empresa Ferrocarril Central Andino S.A, a fin de compararlos con los límites permisibles vigentes establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar la concentración de exposición por partículas respirables en los ambientes de trabajo del área operativa de la Empresa Ferrocarril Central Andino.
- b) Determinar la concentración de exposición por partículas respirables en los puestos de trabajo del área operativa de la Empresa Ferrocarril Central Andino.
- c) Comparar las concentraciones de partícula respirable encontradas y determinar los índices de exposición en cada ambiente y puesto de trabajo de la Empresa Ferrocarril Central Andino, a partir de los límites permisibles vigentes establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente.

## **1.4 JUSTIFICACION**

### **1.4.1 Justificación**

A partir del año 2012 con la reglamentación de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783), se implementaron términos que hasta ese momento no eran aplicables en los sectores que difieren del sector Energía y Minas, tal es el término de enfermedad ocupacional o profesional, que se define como aquella enfermedad generada producto de las actividades realizadas dentro de las labores diarias, sin embargo estas no eran consideradas como tal, donde las Empresas que no tenían implementado un sistema de gestión no podían identificar y controlar las enfermedades que se originaban a corto o largo plazo dentro de sus trabajadores que se encontraban expuestos a agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales, mecánicos y/o ergonómicos.

Hoy a pesar de los controles, campañas, sistemas de gestión que se puedan implementar siguen generándose enfermedades ocupacionales o profesionales, sin embargo al verificar los datos en el cuadro estadístico mensual que emite el Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo

(MINTRA), son pocos o nulos los reportes mensuales de enfermedades ocupacionales, es decir, las empresas privadas y/o públicas solo registran aquellas enfermedades que están sujetas a indemnización, multas o fiscalización, o las registran como enfermedades comunes o accidentes de trabajos, o el trabajador no reporta y/o comunica de su enfermedad a su empresa, ocasionando que los datos estadísticos del MINTRA no sean acordes con la realidad.

### **1.4.2 Importancia**

Evaluar los parámetros de partículas respirables e inhalables que se encuentren en el ambiente y puesto de trabajo, permitirá obtener un diagnóstico en los trabajadores que se encuentran expuestos a estas partículas que ocasionan en plazos prolongados enfermedades en algunos órganos que forman parte del sistema respiratorio, a través de los monitoreos de los agentes químicos se verificará que los parámetros se encuentren dentro de los límites permitidos establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente, caso contrario, ayudará a implementar un nivel de control, en el que, el trabajador pueda realizar sus actividades en un ambiente saludable o utilice los implementos necesarios para que él no entre en contacto directo con la fuente que pueda ocasionar una enfermedad ocupacional. Esta investigación busca que los trabajadores gocen de una mejor calidad de vida, fuera de sus actividades, a partir de estar un trabajo seguro y saludable.

## **1.5 HIPOTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis General**

La exposición a partículas respirables en los ambientes y puestos de trabajo del área operativa de la Empresa Ferrocarril Central Andino sobrepasarán los límites permisibles vigentes establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente.

### **1.5.2 Hipótesis Específico**

- a) Si determinamos los índices de exposición en los ambientes de trabajo entonces evaluamos las partículas respirables en la Empresa Ferrocarril Central Andino.
- b) Si determinamos los índices de exposición en los puestos de trabajo entonces evaluamos las partículas respirables en la Empresa Ferrocarril Central Andino.
- c) Si comparamos las concentraciones de partículas respirables por ambiente y puesto de trabajo y los índices de exposición de la Empresa Ferrocarril Central Andino entonces podremos indicar si cumplimos con límites permisibles vigentes establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM del Ministerio de Salud y Ministerio de Energía y Minas respectivamente.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1 Marco Legal**

- Constitución Política del Perú de 1993
- Ley General de Salud. Ley N° 26842. 20/07/1997. Capítulo VII. De la Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo (\*).
- Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ley N° 30222 que modifica la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo N° 29783.
- Decreto Supremo N° 006-2014-TR, Reglamento de la Ley N° 30222.
- Decreto Supremo N° 012-2014-TR, que aprueba el registro único de información sobre accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales.
- Resolución Ministerial N° 374-2008-TR, aprueba listado de agentes físicos, químicos, biológicos, disergonómicos y psicosociales que afectan a la madre gestante, feto o al embrión.
- Decreto Supremo N° 015-2005-SA Reglamento Sobre Valores Límites Permisibles Para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo (2005).
- Decreto Supremo N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Título III. Capítulo XI. De la Higiene Ocupacional.

#### **2.1.2 Marco Teórico**

##### **2.1.2.1 Polvo y/o Partícula**

El polvo se define como un sistema disperso de partículas heterogéneas en un medio gaseoso. (J. Lorenzo, S/A) o también se puede definir como una cantidad de partículas sólidas dispersas

en el aire y producidas en un proceso físico de disgregación, en donde el tamaño de las partículas es habitualmente inferior a 10 micrómetros. (Netse, S/A).

El Ministerio de Salud, en una Guía desarrollada en el 2008, define al Polvo como un “Material sólido finamente dividido, el cual, dependiendo del tamaño de sus partículas, de su concentración y su composición, puede constituir un peligro tanto para la salud del personal como la seguridad de la operación en lo que se refiere a visibilidad entre otros. Algunos definen el polvo como un conjunto de pequeñas partículas de 1 a 100 micras de diámetro, capaces de permanecer temporalmente en suspensión en el aire”.

### A. Comportamiento Dinámico

Javier Lorenzo en un curso desarrollado en España, Higiene Industrial, establece que, para que una partícula suspendida en un fluido se mueva a través de él, se requiere de una diferencia de densidad entre la partícula y el fluido. Cuando ésta sedimenta, está sometido a tres fuerzas diferentes:

- Gravedad
- Flotación (principio de Arquímedes)
- Rozamiento

La fuerza de gravedad será la causante de que la partícula caiga con una determinada aceleración (g), en la siguiente Tabla 1 se dan las velocidades de sedimentación en aire de partículas de densidades y tamaños diversos.

Tabla 1. Velocidades de Sedimentación de una Partícula

| Diámetro<br>( $\mu\text{m}$ ) | Velocidad de Sedimentación (cm/s) |                           |                           |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                               | $\rho_s=1 \text{ g/cm}^3$         | $\rho_s=2 \text{ g/cm}^3$ | $\rho_s=5 \text{ g/cm}^3$ |
| 100                           | 30                                | 50                        | 120                       |
| 50                            | 8                                 | 16                        | 40                        |
| 10                            | 0.35                              | 0.7                       | 1.8                       |

|   |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|
| 5 | 0.08  | 0.15  | 0.45  |
| 1 | 0.003 | 0.007 | 0.018 |

Fuente: J. Lorenzo. S/A

De acuerdo a la Tabla 1, el polvo más fino no tiene, prácticamente, movimiento independiente en el aire, en el que permanece suspendido largo tiempo. Considerándose que las partículas por encima de 50  $\mu\text{m}$  son sedimentables, y las de tamaño de 10 a 20  $\mu\text{m}$  se denominan “polvos finos”.

### B. Generación y Dispersión de Polvos y/o Partículas

La formación de polvos y/o partículas tiene lugar fundamentalmente debido a dos fenómenos (J. Lorenzo, S/A):

- **Acción Primaria:** Es generada por una acción mecánica que proyecta partículas finas a alta velocidades desde un estado de reposo al aire.
- **Acción Secundaria:** La dispersión debido a la propia velocidad de salida y a corrientes de aire que las transportan hasta lugares lejos del lugar de formación.

### C. Clasificación

Hernández A., Malfavon N. & Fernández G. en el 2005, clasificaron el polvo y/o partícula industrial en función de:

- Su tamaño,
- Su forma,
- Su composición,
- Sus efectos.

Por su *tamaño* se clasifican en:

- Sedimentables,

- Inhalables,
- Respirables,
- Visibles.

Por su *forma* se clasifican en:

- Polvos,
- Fibra.

Por su *composición* se clasifican en:

- Animal,
- Vegetal,
- Mineral.

Por sus *efectos* se clasifican en:

- **Polvo neumoconiótico.** Produce alteraciones irreversibles en el pulmón, denominadas neumoconiosis, por ejemplo, el polvo con más de 1 por 100 de sílice libre cristalina que origina silicosis.
- **Polvos tóxico.** Tiene una acción tóxica primaria en el organismo, por ejemplo, óxido de plomo, que produce saturnismo.
- **Polvo cancerígeno.** Es todo polvo que puede producir o incluir un tumor maligno en el hombre y someterlo a una determinada dosis. Asbesto, ácido crómico y cromatos, arsénico, cadmio, níquel, berilio.
- **Polvo inerte.** No produce alteraciones fisiológicas importantes. Su efecto más importante es la producción de molestias en el trabajo y con frecuencia origina afecciones respiratorias agudas.

Asimismo, de la clasificación, Netse (S/A) en su proyecto de investigación, indica que el tamaño del polvo y/o partícula es una propiedad muy importante para determinar la toxicidad y sus efectos sobre la salud de las personas.

Dado todo lo expuesto, se deduce que cuanto menor es el tamaño de las partículas más facilidades de penetración en el organismo (J. Lorenzo, S/A), lo que ha llevado a la definición de las siguientes fracciones de partículas en función de su tamaño:

**Fracción Inhalable:** Aquella partícula que puede penetrar el sistema respiratorio con un tamaño menor de 10  $\mu\text{m}$ . (Hernández, Malfavon N. & Fernández G. 2005).

**Fracción Respirable:** Aquella partícula suspendida en el aire que alcanza, por su pequeño tamaño, los alveolos pulmonares depositándose en ellos, asimismo en la Tabla 2 se indican los porcentajes de fracción de masa de partículas respirables, con relación a las partículas suspendidos en el aire, dependiendo de su diámetro aerodinámico. (J. Cortez, 2007).

Tabla 2. Diámetro Aerodinámico según ACGIH<sup>1</sup>

| Diámetro Aerodinámico de la Partícula ( $\mu\text{m}$ ) | Masa de Partículas Respirables (%) |
|---|------------------------------------|
| 0   | 100                                |
| 1   | 97                                 |
| 2   | 91                                 |
| 3   | 74                                 |
| 4   | 50                                 |
| 5   | 30                                 |
| 6   | 17                                 |
| 7   | 9                                  |
| 8   | 5                                  |
| 9   | 1                                  |
| 10  | 0                                  |

Fuente: Cortez, José. 2007

<sup>1</sup> ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists

## D. Transporte de las Partículas en el Organismo

El camino que deben recorrer las partículas para poder penetrar el organismo y llegar hasta los alveolos pulmonares es el siguiente:

- **Nariz:** Es el primer filtro en el que el aire es calentado, humedecido y parcialmente desprovisto de partículas por impacto de las fosas nasales y sedimentados. Son eliminados por estornudos, mucosidades.
- **Faringe y Laringe:** Aquí las partículas son retenidas pueden ser expulsadas por vía salivar o vía esofágica.
- **Árbol Traqueo bronquial:** Aquí las partículas por fenómeno similares a los anteriores son expulsadas al exterior por los cilios que tiene este aparato.
- **Alveolos pulmonares:** Las partículas que hayan alcanzado la región alveolar, se depositan en las paredes tanto por fenómeno de difusión como sedimentación. El mecanismo de expulsión es muy lento y solo parcialmente conocido, quedando la mayor parte de las partículas retenidas en las paredes alveolares.

Entonces, las partículas de mayor tamaño quedarán depositadas en vías aéreas altas, para ser eliminadas en un corto periodo de tiempo por el transporte mucociliar. Las partículas de menores de 5  $\mu\text{m}$  alcanzarán el saco alveolar, de acuerdo a la Tabla 3, depositándose en sus paredes mediante el fenómeno de difusión y sedimentación, siendo capaces de provocar una enfermedad pulmonar. (Netse, S/A).

Tabla 3. Rango de Tamaño de Partículas Ubicadas en el Tracto Respiratorio

| Rango de Tamaño de Partícula | Ubicación Tracto Respiratorio |
|------------------------------|-------------------------------|
| $D_p \leq 1.1$               | Alveolo pulmonar              |
| $1.1 < D_p \leq 2.1$         | Bronquio terminal             |
| $2.1 < D_p \leq 3.3$         | Bronquio Secundario           |

|                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| $3.3 < D_p \leq 4.7$ | Traque y Bronquios Primarios |
| $4.7 < D_p \leq 7$   | Faringe                      |
| $7 < D_p < 10$       | Nariz                        |

Fuente: Netse, S/A

Las enfermedades pulmonares causadas por la inhalación de partículas de mineral o carbón en un ambiente de trabajo se señalan con el nombre de genérico de “neumoconiosis”. El polvo se acumula en los pulmones y puede producir una degeneración fibrótica del tejido pulmonar.

### 2.1.3 Marco Conceptual

#### 2.1.3.1 Agente Químico

- ✓ Todo elemento o compuesto químico, por si solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no. (D.S. 015-2005-SA).
- ✓ Son aquellos agentes que se transmiten por el aire ambiental, y se pueden presentar en forma molecular (gases y vapores) y en forma de aerosoles o agregados moleculares, ya sean sólidos o líquidos. Entre los sólidos destacan los polvos y los humos, y entre los líquidos las nieblas. La gran cantidad de sustancias químicas existentes requieren una atención especial para la seguridad e higiene aquellas que, tanto si están o no en el aire, producen efectos adversos. Cabe destacar las sustancias explosivas, corrosivas, inflamables, tóxicas y oxidantes. Asimismo, un agente químico, una sustancia, no es si misma peligrosa, lo será cuando concurren en ella una serie de condiciones, ya se dé cantidad, de tiempo de exposición, de ventilación, de forma de utilizarla. (A. Rodellar, 1988, p. 106)
- ✓ Es toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. (Hernández, A., Malfavon, N. & Fernández, G. 2009, p. 73)

### **2.1.3.2 Exposición Ocupacional**

- ✓ Presencia de condiciones y medio ambiente de trabajo que implica un determinado nivel de riesgo para los trabajadores. (D.S. 005-2012-TR).
- ✓ Presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador, cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. (D.S. 015-2005-SA).
- ✓ Presencia de un factor de riesgo físico, químico, biológico, ergonómico o psicosocial en contacto con el trabajador en el trabajador en el ambiente laboral, por un determinado tiempo. (R.M. 168-2015-MINSA).

### **2.1.3.3 Ambiente de Trabajo**

- ✓ Constituido por el entorno o suma total de aquello que rodea y que afecta y condiciona de manera especial las circunstancias de vida y de trabajo de las personas, del centro de trabajo y de la sociedad en su conjunto. (R.M. 168-2015-MINSA).
- ✓ Es un entorno donde hay estado de completo bienestar físico, mental y social y no la simple ausencia de la enfermedad. (OMS<sup>2</sup>, 2010).

### **2.1.3.4 Enfermedad Profesional u Ocupacional**

- ✓ Es una enfermedad contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo relacionada al trabajo. (D.S. 005-2012-TR).
- ✓ Es una enfermedad contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral, y de carácter legal. (R.M. 168-2015-MINSA).

---

<sup>2</sup> OMS, Organización Mundial de la Salud

### **2.1.3.5 Higiene Industrial**

- ✓ Es la aplicación racional y con inventiva de las técnicas que tienen por objeto el reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales que se originan en el lugar de trabajo, que puedan causar enfermedades, perjuicios a la salud e incomodidades entre los trabajadores. La higiene no solo evita las enfermedades, sino además procura el máximo desarrollo de los individuos y ayuda para que el hombre sea sano, fuerte y bien preparado física y mentalmente. (Hernández, A., Malfavon, N. & Fernández, G. 2009, p. 22).
- ✓ Especialidad que busca identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores de riesgos ocupacionales que pueden afectar la salud de los trabajadores, con la finalidad de prevenir las enfermedades ocupacionales. (R.M. 168-2015-MINSA).

### **2.1.3.6 Neumoconiosis**

- ✓ La neumoconiosis es la acumulación de polvo en los pulmones y las reacciones tisulares provocadas por su presencia. (MINSA, 2015).

### **2.1.3.7 Polvos**

- ✓ Son partículas sólidas, de tamaño relativamente grande (1/4 a 20 micrones) capaces de estar temporalmente suspendidas en el aire. Se generan en operaciones de manipulación, trituración, molienda, impacto, detonación o calcinación de materiales inorgánicos u orgánicos tales como rocas, minerales, metales, carbón, maderas, cereales, etc. sedimentan por acción de la gravedad. (Henao, F. 2015, p. 30).

### **2.1.3.8 Puesto de Trabajo**

- ✓ Comprende tanto al conjunto de actividades que están encomendadas al trabajador. (D.S. 015-2005-SA).

- ✓ Están descritas por las tareas, deberes y responsabilidades que son asignadas a un trabajador.

#### **2.1.3.9 Riesgo Ocupacional**

- ✓ Probabilidad de daño a la salud por la exposición a factores de riesgo ocupacionales. (R.M. 168-2015-MINSA).

#### **2.1.3.10 Salud Ocupacional**

- ✓ Es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los trabajadores, mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo. Además, procura generar y promover el trabajo seguro y sano, así como buenos ambientes y organizaciones de trabajo, realizando el bienestar físico, mental y social de los trabajadores y respaldando el perfeccionamiento y el mantenimiento de su capacidad de trabajo. A la vez que busca habilitar a los trabajadores para que lleven vidas social y económicamente productivas y contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible. La salud ocupacional permite su enriquecimiento humano y profesional en el trabajo. (OIT/OMS, 1950).
- ✓ Rama de la Salud Pública que tiene como finalidad promover y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones; prevenir todo daño a la salud causado por las condiciones de trabajo y por los factores de riesgo; y adecuar el trabajo al trabajador, atendiendo a sus aptitudes y capacidades. (D.S. 005-2012-TR).

### **III. METODO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se desarrolla en el presente trabajo es APLICADA, ya que se pone en práctica las teorías y conocimientos establecidos para resolver los objetivos planteados y obtener los resultados requeridos, en base a la problemática identificada sobre la exposición a partículas respirables en los trabajadores. (Rodríguez E., 2005)

##### **3.1.1 Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es EXPLICATIVO, debido a que el presente trabajo parte de una problemática sobre la exposición de partículas respirables en los trabajadores, el cual permitirá determinar y/o definir la situación en los ambientes y puestos de trabajo de la empresa Ferrocarril Central Andino (Sánchez H. & Reyes C., 2006).

##### **3.1.2 Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación es EXPERIMENTAL y TRANSVERSAL, en primer término, porque la variable independiente influye dentro de los parámetros de la variable dependiente, en segundo término, porque la recopilación de datos en el presente trabajo de investigación se desarrolla en un tiempo definido (Hernández R., 2014).

#### **3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL**

##### **3.2.1 Ámbito Temporal**

El desarrollo del presente trabajo de investigación fue llevado a cabo durante los meses de setiembre – octubre – noviembre del 2017, específicamente dentro de las instalaciones y área de operaciones de la empresa Ferrocarril Central Andino, el cual abarca la zona costa (Callao y Chosica) y la zona sierra (La Oroya y Cerro de Pasco)

## **3.2.2 Ámbito Espacial**

### **3.2.2.1 Ubicación**

El estudio de la tesis se ha realizado en la empresa Ferrocarril Central Andino, el cual está compuesto por un sistema ferroviario ubicado en los tramos: Callao-Chosica-Galera-La Oroya-Huancayo y Cerro de Pasco, abarcando los departamentos de Lima, Junín y Cerro de Pasco, en su recorrido atraviesa por diferentes ecosistemas; tiene su inicio a nivel del mar, en el valle que irriga el Río Rímac, continúa por diferentes zonas climáticas en forma ascendente, ocupadas por poblaciones asentadas a lo largo del valle del Río Rímac, y cuya principal actividad es la agricultura artesanal y de subsistencia, hasta llegar a la localidad de Anticona, el punto más alto de la ruta en la estación de Galera (4781m.s.n.m.), a partir de ese punto empieza el descenso, hasta llegar a la ciudad de La Oroya (3726 m.s.n.m.), en un ecosistema típicamente alto andino, de importancia minera y metalúrgica que articula la economía de la zona, continua luego en forma casi paralela al Río Mantaro, hasta ingresar al valle irrigado por el río del mismo nombre, donde la amplitud y aptitud agrícola se hace notoria por los extensos sembríos y la presencia de ganadería, hasta llegar a la ciudad de Huancayo a una altitud de 3,340 m.s.n.m.

Por otro lado, a partir de La Oroya el ferrocarril recorre praderas cubiertas principalmente de pastos alto andinos que dan sustento a la ganadería de la zona, hasta llegar a la ciudad de Cerro de Pasco a una altitud de 4,240 m.s.n.m.

Actualmente Ferrocarril Central Andino administra 477.0 Km de la red vial ferroviaria, lo que abarca 5 tramos, según se observa en el Plano M-1.

Para una mejor descripción se presenta en la Tabla 4, la división de la red vial ferroviaria, distribuida en 5 tramos.

Tabla 4. División de Red Vial Ferroviario

|   |   |
|---|---|
| <b>Primer Tramo</b>                         | <b>Callao - Chosica</b><br>Subdivisión N° 01 - Pk 0.000 al Pk 54.000                          |
| Altura                                      | 3.6 msnm a 859.8 msnm   |
| Circunscripciones Políticas Administrativas | Cercado de Lima, El Agustino, Santa Anita, Ate-Vitarte, Ñaña, Chaclacayo, Chosica.            |
| <b>Segundo Tramo</b>                        | <b>Chosica - Galera</b><br>Subdivisión N° 02 - Pk 54.000 al Pk 173.000                        |
| Altura                                      | 859.8 msnm a 4781.0 msnm  |
| Circunscripciones Políticas Administrativas | Ricardo Palma, Tornamesa, San Bartolomé, Surco, Matucana, San Mateo, Chicla, Casapalca.       |
| <b>Tercer Tramo</b>                         | <b>Galera – La Oroya</b><br>Subdivisión N° 03 - PK 172.700 al PK 222.000                      |
| Altura                                      | 4781.0 msnm a 3726.0 msnm   |
| Circunscripciones Políticas Administrativas | Yauli, Marthunel, Pachachaca, San Miguel, Curipata, Santa Rosa de Saco, Marcavalle, La Oroya. |
| <b>Cuarto Tramo</b>                         | <b>La Oroya - Huancayo</b><br>Subdivisión N° 4 - PK 222.000 al PK 346.000                     |
| Altura                                      | 3726.0 msnm a 3261.0 msnm   |
| Circunscripciones Políticas Administrativas | Huari, Pachacayo, Llocllapampa, Tambo, Matahuasi, Concepción, San Jerónimo, Huancayo          |
| <b>Quinto Tramo</b>                         | <b>La Oroya - Cerro de Pasco</b><br>Subdivisión N° 5 - PK 0.000 al PK 131.000                 |
| Altura                                      | 3726.0 msnm a 4330.0 msnm   |
| Circunscripciones Políticas Administrativas | Chulec, Moyopampa, Shinca, Paccha, Junín, Carhuamayo, Cerro de Pasco.                         |

Fuente: FCCA

### 3.2.2.2 Condición Actual de las Estaciones

#### PRIMER TRAMO: CALLAO – CHOSICA

##### Estación Patio Central

La estación Patio Central se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia y distrito de Callao, a una altitud de 3.6 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8668000 y E-268300, asimismo en la Tabla 5, se detalla las características de la estación.

Tabla 5. Características de Estación Patio Central – Callao

| <b>Estación Patio Central – Callao</b> |  |
|--|--|
| <b>Ubicación</b>                       | La estación se ubica en la Av. Contralmirante Mora cuadra 5, dentro del ámbito de la zona industrial del Callao, conforme a la Zonificación del Municipio. En el entorno de esta estación se ubican algunos depósitos de concentrados de empresas mineras como CENTROMIN, VOLCAN, IMEX y CORMIN, la empresa procesadora de sílice SICSA, el depósito de petróleo de PETROPERU, diversos talleres metal mecánicos y viviendas.  |
| <b>Estado</b>                          | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada  |
| <b>Uso de la Propiedad</b>             | Uso actual como patio de maniobras para la llegada y distribución de carros cargados a los Clientes y formación de trenes con carros vacíos, además de actividades administrativas.  |
| <b>Instalaciones</b>                   | <p>Al interior de las instalaciones se encuentran parqueados vagones en desuso, y también unidades que actualmente están en proceso administrativo de devolución al estado.</p> <p>En la parte posterior del patio (lado oeste de la estación) se encuentra un depósito construido de material noble y parcialmente techado. Se ha cedido parte del área de la estación a las siguientes empresas que son clientes de FVCA S.A.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Volcán Compañía Minera S.A. - depósito de concentrados</li><li>• Sílice Industrial S.A. -SICSA - secado de sílice</li><li>• Cormin S.A. – Perú Bar S.A. parqueo de vehículos de carga.</li></ul> <p>La seguridad al interior de la estación está conformada por el cerco perimétrico construido de ladrillo y malla metálica, asimismo se cuenta con una caseta de vigilancia tanto en la parte frontal como posterior.</p> |

Fuente: FCCA

## Estación Monserrate

La estación Monserrate se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Lima, distrito de Cercado de Lima, a una altitud de 150 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8668400 y E-268300, asimismo en la Tabla 6, se detalla las características de la estación.

Tabla 6. Características de Estación Monserrate

| <b>Estación Monserrate</b> |  |
|----------------------------|--|
| <b>Ubicación</b>           | La Estación de Monserrate está ubicada en el Jr. Sancho de Rivero 1026, Plazuela de Monserrate, distrito, provincia y departamento de Lima, y ha sido declarada monumento histórico según I.N.C. RJ515-89-INC/4-11.8.89, las instalaciones están ubicadas sobre la margen izquierdo del río Rímac y limitada por viviendas particulares en su entorno.               |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.   |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como Oficinas Administrativas del área de Logística y como almacén central de materiales.   |
| <b>Instalaciones</b>       | La estación cuenta con oficinas administrativas, depósitos de productos diversos, depósito de materiales y repuestos, depósito de durmientes y rieles; asimismo cuenta con la unidad dependencia policial especializada (Unidad Especializada - Policía Ferroviaria).<br>Existe una Tornamesa utilizada para cambiar de dirección en el movimiento de la locomotora. |

Fuente: FCCA

## SSEGUNDO TRAMO: CHOSICA - GALERA

### Estación Chosica

La estación Chosica se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Lima, distrito de Lurigancho-Chosica, a una altitud de 860 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8668467 y E-316113, asimismo en la Tabla 7, se detalla las características de la estación.

Tabla 7. Características de Estación Chosica

| <b>Estación Chosica</b>    |  |
|----------------------------|--|
| <b>Ubicación</b>           | La Estación de Chosica se encuentra ubicada en el Distrito de Lurigancho – Chosica, Provincia y Departamento de Lima y está localizada al margen izquierdo del río Rímac a la altura del poste kilométrico 53.750 de la Vía férrea.  |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.   |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como Of. Administrativas, taller de mantenimiento mecánico de locomotoras y carros, patio de maniobras para la formación de trenes de carga.  |
| <b>Instalaciones</b>       | <p>La estación cuenta con un edificio de dos pisos utilizada para oficinas y el control de tráfico de trenes, construido de madera. También comprende una construcción de material noble, dividido en 3 módulos, los cuales se emplean como oficinas administrativas; además cuenta con dos talleres de mantenimiento, viviendas para los trabajadores, patio sur y norte para las maniobras férreas.</p> <p>Las oficinas se encuentran en la zona central de la estación, mientras que los talleres a un lado de ésta (hacia la margen del río) y en la parte central. Los talleres cuentan con zanjas y plataformas para la inspección, mantenimiento y reparación de locomotoras.</p> <p>La estación cuenta con un cerco perimétrico construido de ladrillo. Los edificios, y talleres al interior de la estación tienen pisos de concreto, lo mismo que las zanjas de inspección y la base, y paredes del sistema de contención de derrames del tanque principal de combustible.</p> <p>El edificio de dos pisos, construido de madera, donde se realizan trabajos administrativos es considerado por resolución RJ704 15.9.1992 del Instituto Nacional de Cultura, como Monumento Histórico, teniendo un área construida de 417.91 m<sup>2</sup>. Adicionalmente la estación también cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de carros.</li> <li>• Taller de locomotoras.</li> <li>• Patio de maniobras.</li> </ul> |

Fuente: FCCA

### **Estación San Bartolomé**

La estación San Bartolomé se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Huarochirí y distrito de San Bartolomé, a una altitud de 1513 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8683950 y E-331400, asimismo en la Tabla 8, se detalla las características de la estación.

Tabla 8. Características de la Estación San Bartolomé

| <b>Estación San Bartolomé</b> |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Ubicación</b>              | La Estación se encuentra ubicada entre la Carretera Central al margen izquierda del Río Rímac, en el Distrito de San Bartolomé, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima, a la altura del poste kilométrico 75.580 de la Vía férrea.<br>Es considerada, por la resolución R.J. N° 704 15.09.1992 según Anexo N°19 del contrato de concesión, Monumento Histórico. |
| <b>Estado</b>                 | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.   |
| <b>Uso de la Propiedad</b>    | Uso actual como estación de paso de trenes de carga y pasajeros, y depósito de materiales de vía (rieles y durmientes), no hay actividades administrativas y personal.   |
| <b>Instalaciones</b>          | La estación sólo cuenta con una sola edificación construida de madera, concreto y techo de calamina.   |

Fuente: FCCA

### **Estación Matucana**

La estación Matucana se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Huarochirí y distrito de Matucana, a una altitud de 2390 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8689300 y E-347150, asimismo en la Tabla 9, se detalla las características de la estación.

Tabla 9. Características de la Estación Matucana

| <b>Estación Matucana</b>   |   |
|----------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>           | La Estación está ubicada en la Plaza Independencia S/N, Cercado - Matucana, sobre la margen derecha del Río Rímac, en la Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima, a la altura del poste kilométrico 102.584 de la Vía férrea.<br>Hacia la parte frontal de la estación, encontramos a la Carretera Central y la estación de la Policía Nacional, hacia la parte posterior, la Plaza de Armas de la localidad. Dicha estación es considerada por el Instituto Nacional de Cultura, según resolución RJ704 15.9.1992, Monumento histórico y tiene un área de 417.10 m2. |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.  |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como estación de paso de trenes de carga y pasajeros, así mismo se viene implementando un taller de mantenimiento mecánico de locomotoras y maniobras de patio para la formación de trenes.  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Instalaciones</b> | La estación cuenta con un taller de mantenimiento mecánico.<br>En la estación existe una Tornamesa para cambiar la dirección para el movimiento de la locomotora. |
|----------------------|---|

Fuente: FCCA

### **Estación Casapalca**

La estación Casapalca se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Huarochirí y distrito de Chicla, a una altitud de 4154 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8712170 y E-365500, asimismo en la Tabla 10, se detalla las características de la estación.

Tabla 10. Características de la Estación Casapalca

| <b>Estación Casapalca</b>  |  |
|----------------------------|--|
| <b>Ubicación</b>           | La estación se encuentra ubicada en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima, a la altura del poste kilométrico 152.785 de la vía férrea.<br>Esta estación es considerada como Monumento Histórico por el Instituto Nacional de Cultura, según resolución R.J N°. 704 15.9.1992y tiene un área de 449.05 m2. |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.   |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como estación de paso de trenes de carga y pasajeros, y depósito de materiales de vía (rieles y durmientes), no hay actividades administrativas y personal.   |
| <b>Instalaciones</b>       | La estación consta de una edificación de un piso construido de material noble además de madera y calaminas.  |

Fuente: FCCA

### **TERCER TRAMO: GALERA – LA OROYA**

#### **Estación Galera**

La estación Galera se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia de Yauli-La Oroya y distrito de Yauli, a una altitud de 4780 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8750002 y E-370767.

## Estación Yauli

La estación Yauli se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia de Yauli-La Oroya y distrito de Yauli, a una altitud de 4191 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8710760 y E-381580, asimismo en la Tabla 11, se detalla las características de la estación.

Tabla 11. Características de la Estación Yauli

| <b>Estación Yauli</b>      |  |
|----------------------------|--|
| <b>Ubicación</b>           | La Estación se encuentra ubicado en el distrito de Yauli, Provincia de Yauli - La Oroya, departamento de Junín, a la altura del poste kilométrico 193.658 de la vía férrea.<br>La Estación se encuentra sobre una ladera, en terrazas que fueron construidas especialmente para la estación, en la parte alta del poblado de Yauli. Dicha estación es considerada por el Instituto Nacional de Cultura según la resolución R.J. N° 704 15.9.1992, como monumento histórico y tiene un área de 162 m <sup>2</sup> . |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.   |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como estación de paso de trenes de carga y pasajeros, y depósito de materiales de vía (rieles y durmientes), no hay actividades administrativas y personal.   |
| <b>Instalaciones</b>       | La estación cuenta con un edificio y vivienda construida de madera que tienen una antigüedad de 94 años. Además cuenta con un depósito de tratamiento de agua y reservorio que tiene una antigüedad de 54 años.  |

Fuente: FCCA

## Estación Arapa

La estación Arapa se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia de Yauli-La Oroya y distrito de Yauli, a una altitud de 4025 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8713530 y E-384100, asimismo en la Tabla 12, se detalla las características de la estación.

Tabla 12. Características de la Estación Patio Arapa

| <b>Estación Patio Arapa</b> |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>            | La Estación está ubicada en el Distrito de Yauli, en la Provincia Yauli - La Oroya, Departamento de Junín a la altura del poste kilométrico 197.700 de la vía férrea. |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.  |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como patio de maniobras para la formación de trenes de carga, no hay actividades administrativas y personal.   |
| <b>Instalaciones</b>       | La estación cuenta con un local de 4 m2 que sirve de oficina, además de vivienda para el personal que presta servicio de guardianía a los vagones depositados temporalmente en este patio. El local es de adobe y techo de tejas. |

Fuente: FCCA

## CUARTO TRAMO: LA OROYA - HUANCAYO

### Estación La Oroya

La estación La Oroya se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Yauli-La Oroya y distrito de La Oroya, a una altitud de 3726 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8726300 y E-401500, asimismo en la Tabla 13, se detalla las características de la estación.

Tabla 13. Características de la Estación La Oroya

| <b>Estación La Oroya</b>   |   |
|----------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>           | La Estación se encuentra ubicada en la Ciudad de La Oroya, Provincia de Yauli - La Oroya, Departamento de Junín, a la altura del poste kilométrico 221, de la Vía férrea.<br>La estación está limitada por viviendas particulares, así como también la Carretera Central y las laderas del Cerro Occoruyoc. |
| <b>Estado</b>              | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.  |
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como Oficinas Administrativas, taller de mantenimiento mecánico de locomotoras y carros, patio de maniobras para la formación de trenes de carga.  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Instalaciones</b> | <p>La estación cuenta con una serie de edificaciones tal como: bodega de carga, que se encuentra arrendada; la oficina del superintendente de vía, utilizada por el Departamento de Vías y Obras, construida de adobe, teniendo una antigüedad de 77 años; garita de cambiador en desuso; oficinas y talleres utilizados actualmente como almacén y oficinas, construida de tapia, teniendo una antigüedad de 92 años; servicio social y servicios múltiples, la cual ha sido acondicionada como vestidores para el personal; 3 garajes para carrito automotor; 10 grupos de viviendas para empleados y funcionarios con un área construida de 1690.98 m<sup>2</sup>, de las cuales son utilizados 4 grupos de ellos; un galpón para reparación de locomotoras, construido de calamina con columnas y vigas de fierro, con una antigüedad de 55 años.</p> <p>Existe una Tornamesa para cambiar la dirección para el movimiento de la locomotora.</p> <p>La estación también cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de carros</li> <li>• Taller de locomotoras.</li> <li>• Patio de maniobras</li> </ul> <p>Cabe señalar que las actividades de embarque y desembarque de productos no se realizan en esta estación.</p> |
|----------------------|--|

Fuente: FCCA

### Estación Huancayo

La estación Huancayo se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia y distrito de Huancayo, a una altitud de 3261 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8666220 y E-475880, asimismo en la Tabla 14, se detalla las características de la estación.

Tabla 14. Características de la Estación Huancayo

| <b>Estación Huancayo</b> |   |
|--------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>         | <p>La Estación está ubicada en el Jr. Pachitea S/N, distrito de Cercado, provincia de Huancayo, Departamento de Junín, a la altura del kilómetro 346 de la Vía férrea.</p> <p>Las Oficina Administrativa de la estación es considerada, por la Instituto Nacional de Cultura, según R.J. N° 704 del 15.09.1992, como monumento histórico.</p> |
| <b>Estado</b>            | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.  |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Uso de la Propiedad</b> | Uso actual como estación de llegada del tren de pasajeros.   |
| <b>Instalaciones</b>       | La estación cuenta con oficinas administrativas de DICERTUR, oficinas para atención al público (sala de espera para los pasajeros), depósitos de productos alimenticios, depósito de materiales y repuestos.<br>Los edificios que conforman las instalaciones han sido construidos de tapia, madera, cemento y calamina, en el año 1919, encontrándose en buen estado de conservación. |

Fuente: FCCA

## QUINTO TRAMO: LA OROYA – CERROS DE PASCO

### Estación Cerro de Pasco

La estación Cerro de Pasco se encuentra ubicada en el departamento y provincia de Pasco, en el distrito de Simón Bolívar, a una altitud de 4380 msnm, cuyas coordenadas UTM-WGS 84 son N-8819680 y E-362090, asimismo en la Tabla 15, se detalla las características de la estación.

Tabla 15. Características de la Estación Cerro de Pasco

| <b>Estación Cerro de Pasco</b> |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>               | La Estación de Cerro de Pasco se encuentra ubicada en el distrito de Simón Bolívar, en la Provincia y Departamento de Pasco, a la altura del poste kilómetro 131.500 de la Vía férrea.  |
| <b>Estado</b>                  | La estación se encuentra en funcionamiento y es operada.  |
| <b>Uso de la Propiedad</b>     | Uso actual como Of. Administrativas, taller de mantenimiento mecánico de locomotoras y carros, patio de maniobras para la formación de trenes de carga.   |
| <b>Instalaciones</b>           | La estación de Cerro de Pasco está conformada por un total de 22 edificaciones, en las que funcionan oficinas, talleres de maestranza, almacenes, taller eléctrico, mecánico, de soldadura y pintura. De las 22 instalaciones, 2 de ellas son viviendas de trabajadores y terceros.<br>Las edificaciones han sido construidas de cemento, fierro madera y calamina. |

Fuente: FCCA

### **3.2.2.3 Descripción de la Operación Ferroviaria**

El sistema ferroviario se enmarca dentro del desarrollo de las actividades del concesionario a quien se denomina Ferrovías Central Andino SA y del operador ferroviario a quien se denomina Ferrocarril Central Andino SA.

Ferrovías Central Andina S.A., titular de la Concesión de Ferrovías del Centro, por contrato suscrito con el Estado Peruano representado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Vivienda y Construcción, es una organización ferroviaria dedicada a la explotación de los bienes de concesión y el mantenimiento, rehabilitación o desarrollo de obras de infraestructura vial ferroviaria.

Ferrocarril Central Andino S.A. (FCCA S.A.), operador ferroviario del Ferrocarril del Centro, dedicado a la prestación de servicio de transporte ferroviario de carga y pasajeros, realizan las actividades de transporte de carga (carga de mercancías tales como minerales u otros); transporte de pasajeros (servicio que se brinda entre los meses de abril y noviembre entre las ciudades de Lima y Huancayo, se cuenta con 4 coches turísticos totalmente remodelados y 3 vagones clásicos, este servicio no se brinda en época de lluvias que es entre los meses de diciembre y marzo): mantenimiento mecánico de locomotoras (a los cuales se les da el mantenimiento para mantenerlos en buen estado); y mantenimiento de coches y vagones (al igual que las locomotoras, se les da el mantenimiento para mantenerlos en buen estado).

El sistema ferroviario se enmarca mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

#### **FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A. (FCCA)**

La empresa (FCCA), Operador Ferroviario del Ferrocarril del Centro, es una organización ferroviaria dedicada a la prestación de servicio de transporte ferroviario de carga y pasajeros, así como del mantenimiento y reparación de todo el material tractivo (locomotoras), rodante

(coches y vagones) y equipos de conservación de la vía férrea que circula por la Red Vial Ferrocarril Central Andino.

## Estructura Organizativa del Ferrocarril Central Andino SA (FCCA)

La empresa Ferrocarril Central Andino S.A. se caracteriza por tener una estructura organizacional vertical, liderada por la gerencia general y seis (06) gerencias entre administrativas, operativas y de soporte, según se puede observar en la Figura 1.

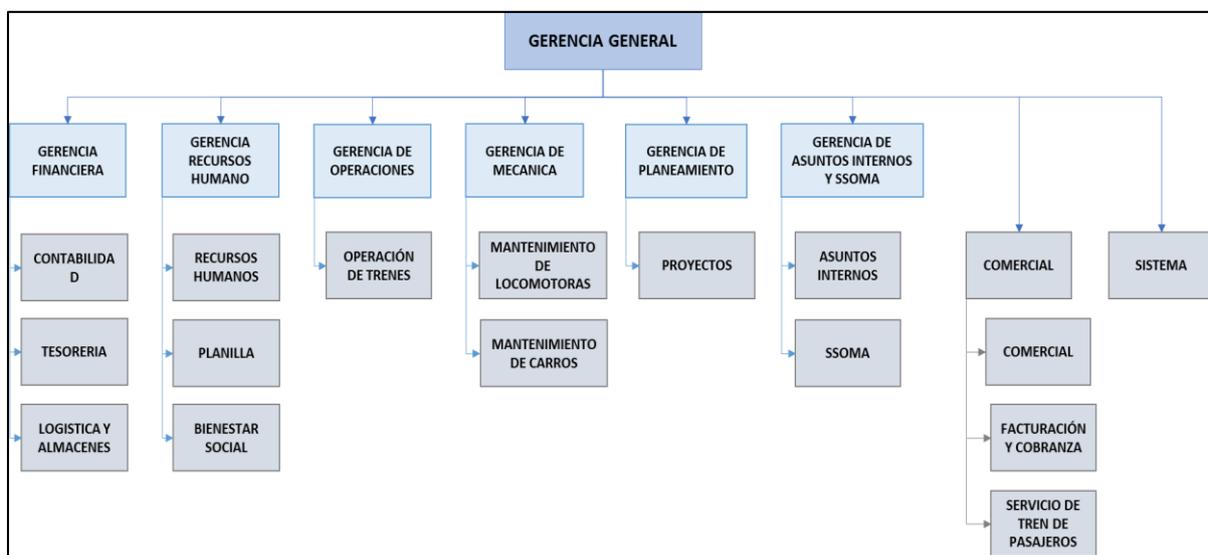


Figura 1. Organigrama de FCCA  
Fuente: FCCA

## Actividades del FCCA

### A.- Transporte

Los servicios de transporte que presta FCCA, son el transporte de carga y transporte de pasajeros.

#### A.1. Transporte de Carga

Debido a que la región central del país es un importante centro minero a nivel nacional, el Ferrocarril Central fue principalmente construido para facilitar el transporte de los productos mineros entre Cerro de Pasco, La Oroya y Lima.

A continuación, se detallan las actividades a realizar en el transporte de carga:

- Se realizan entoldado y desentoldado de carros y/o vagones.
- Se realizan maniobras ferroviarias en los patios (formación de tren), los mismos que son realizados en las estaciones de Patio Central, Chosica, La Oroya, Cerro de Pasco y esporádicamente hacia Huancayo.

**a) Características de los Vehículos**

Para la actividad ferroviaria, se hace uso de diferentes tipos de vehículos, el cual algunos de ellos tienen tracción propia y otros requieren ser remolcados, en la Tabla 16, se tienen algunas descripciones de los vehículos administrados por FCCA.

Tabla 16. Descripción de Vehículos

| Descripción       | Serie       | Peso Vehículo (Tn) | Capacidad Neta Carga (Tn) | Cantidad |
|-------------------|-------------|--------------------|---------------------------|----------|
| <b>Locomotora</b> |             |                    |                           |          |
| Locomotora 1      | 400         | 70                 | 950                       | 2        |
| Locomotora 2      | 500         | 109                | 1310 - 1500               | 3        |
| Locomotora 3      | 600         | 110                | 2400                      | 1        |
| Locomotora 4      | 700         | 120                | 3000                      | 1        |
| Locomotora 5      | 1000        | 125 - 180          | 3000 - 3900               | 17       |
| <b>Vagones</b>    |             |                    |                           |          |
| Plataforma Plana  | 2500        | 15.2               | 40                        | 34       |
|                   | 2800        | 13.2 - 13.6        | 40                        | 11       |
|                   | 2900        | 13.1               | 30                        | 4        |
|                   | 2950        | 15.5               | 61                        | 2        |
|                   | 2960 Tipo 1 | 11                 | 40                        | 3        |
|                   | 2960 Tipo 2 | 18                 | 70                        | 3        |
|                   | 8600 Tipo 1 | 15                 | 40                        | 3        |
|                   | 8600 Tipo 2 | 15                 | 54.2                      | 3        |
| Bodega Container  | 2000        | 20.5               | 55                        | 12       |
| Tanques           | 1500        | 26.5               | 96                        | 10       |

Fuente: FCCA

## b) Materiales y Productos Transportados

Entre los tipos de materiales y productos que se transportan por vía férrea se encuentran:

- Mineral Concentrado Húmedo (Zinc, Plomo, Cu)
- Mineral Refinado (Zinc, Plomo, Cu)
- Cemento en Bolsas
- Petróleo Residual
- Combustibles (petróleo diésel D2)
- Sílice
- Ácido Sulfúrico
- Materiales y equipos diversos

## c) Programación de transporte ferroviario

En la Tabla 17, se detalla la programación del transporte ferroviario de carga, está de acuerdo a las necesidades planificadas del cliente y los lugares o zonas de carguío y de descarga.

Tabla 17. Programación de transporte de carga de Materiales y Productos

| Tipos de Materiales / Productos   | Tramos      | Lugar             |                              |
|-----------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|
|                                   |             | Carguío           | Descarga                     |
| Mineral Concentrado de Plomo (Pb) | 4 x día     | Cerro de Paso     | La Oroya<br>Callao           |
|                                   | 4 x día     | Cía. Brocal       | Ref. Cajamarquilla<br>Callao |
|                                   | 1 - 2 x día | Embarcadero Unish | La Oroya<br>Callao           |
| Mineral refinado de Plomo         | 5 x día     | La Oroya          | Callao                       |
| Mineral Concentrado de Zinc (Zn)  | 10 x día    | Cerro de Paso     | La Oroya                     |
|                                   |             |                   | Callao                       |

|                               |               |                         |                              |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|
|                               | 8 x día       | Cía. Brocal             | Ref. Cajamarquilla<br>Callao |
|                               | 5 x día       | Embarcadero Unish       | La Oroya<br>Callao           |
|                               | 10 x día      | Desvío Carahuacra       | La Oroya<br>Callao           |
| Mineral refinado de Zinc (Zn) | 2 x día       | La Oroya                | Callao                       |
|                               | 5 x día       | Ref. Cajamarquilla      | Callao                       |
| Mineral refinado de Cobre     | 3 x día       | La Oroya                | Callao                       |
| Ácido Sulfúrico               | 10 x día      | Ref. Cajamarquilla      | Callao                       |
| Sílice- Tierra Refractaria.   | 18 - 20 x día | Desvío Llocllapampa     | Callao                       |
| Cemento (Bolsas)              | 10 - 12 x día | Caripa -<br>Condorcocha | Estación Santa Clara         |
|                               |               |                         | Desvío Morón                 |
|                               |               |                         | Estación Monserrate          |
|                               | 20 x semana   | Caripa -                | Estación Huancayo            |
| Petróleo Residual N°6         | 5 x día       | Callao                  | La Oroya                     |
| Diésel D2                     | 6 x semana    | Callao                  | Chosica                      |
|                               |               |                         | La Oroya                     |

Fuente: FCCA

### Trasporte de Pasajeros

El servicio en el tren turístico de pasajeros a Huancayo se brinda de abril a noviembre, más no así entre los meses de diciembre a marzo debido a épocas de lluvia y huaycos en la sierra central. El servicio de tren de pasajeros tiene las siguientes características:

#### a) Características de Infraestructura

El servicio se ofrece en cuatro (04) coches turísticos totalmente remodelados y con tres (03) vagones clásicos (coches tradicionales), con atención personalizada, además cuenta con un (01) coche bar mirador, desde donde los pasajeros pueden admirar la belleza de los paisajes y la obra de ingeniería ferroviaria y disfrutar de una tradicional bebida.

Asimismo, el servicio cuenta con información turística, enfermera profesional, botiquín de primeros auxilios y oxígeno a bordo.

### b) Características de los Coches de Pasajeros

En la Tabla 18, se describen las características de los vehículos que se emplean en el transporte de pasajeros, para realizar el servicio se emplea la misma cantidad de trabajadores que para el transporte de carga y/o mercancías, por lo que se exponen a las partículas respirables durante el tramo de recorrido.

Tabla 18. Descripción de Coches de Pasajeros

| Descripción   | Serie   | Peso Coche (TN) | Capacidad de Coche x Asiento | Cantidad (unid) | Unidades Operativas |
|---------------|---------|-----------------|------------------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Coches</b> |         |                 |                              |                 |                     |
| Privados      | 10 / 20 | 26.4 - 33.5     | 10                           | 3               | 3                   |
| 1era Clase    | 1000    | 20 - 28         | 48 / 68                      | 9               | 6                   |
| 2da Clase     | 1100    | 19.9 - 26.8     | 08 / 96                      | 8               | 2                   |
| Buffet        | 1300    | 29              | 05 / 46                      | 3               | 2                   |

Fuente: FCCA

### c) Frecuencia de Salida

El servicio de tren de pasajeros turístico dura aproximadamente 12 horas, saliendo de la Estación de Desamparados alrededor de las 07:00 am, llegando a la Estación de Huancayo alrededor de las 08:00 pm., durante el recorrido se realizan dos (02) paradas turísticas, donde los pasajeros descenden de los coches, la primera en Estación San Bartolomé para apreciar el giro de locomotora y la segunda en la Estación Matucana donde los pasajeros pueden apreciar la Feria en la Plaza principal.

## B.-Mantenimiento y Reparación de Locomotoras

La presente actividad cuenta con un área de Mecánica cuya función es la de realizar el Mantenimiento y Reparación de todo el Material Tractivo (Locomotoras), ya sea propios,

concesionados a la Empresa Ferrovías Central Andina S.A o de terceros, realizando las siguientes actividades:

- Inspección después de mantenimiento y reparación de locomotora,
- Inspección de locomotora antes de salir al servicio,
- Mantenimiento preventivo de la locomotora,
- Reparación de averías de locomotora,
- Mantenimiento mayor de la locomotora.

### **C.- Mantenimiento y Reparación de Coches y Vagones**

La presente actividad cuenta con un área de Mecánica cuya función es la de realizar el Mantenimiento y Reparación de todo el material Rodante (Coches y Vagones de carga, ya sea propios o concesionados a la Empresa Ferrovías Central Andino S.A. o de terceros, realizando las siguientes actividades:

- Mantenimiento de truques
- Mantenimiento de sistema de enganche
- Mantenimiento de carrocería
- Mantenimiento de ruedas
- Inspección de carros.

## **3.3 VARIABLES**

### **3.3.1 Identificación de Variables**

#### **3.3.1.1 Variable Independiente**

Evaluación de partículas respirables

#### **3.3.1.2 Variables Dependientes**

Ambientes de Trabajo y Puestos de Trabajo

### 3.3.2 Clasificación de Variables

Según lo identificado en la Tabla 19, se ha establecido los indicadores de acuerdo a la clasificación de las variables.

Tabla 19. Clasificación de Variables

| Variable      |                                      | Indicadores            | Escala de Medición |
|---------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Independiente | Evaluación de Partículas Respirables | Nivel de Concentración | mg/m <sup>3</sup>  |
| Dependiente   | Ambiente Trabajo                     | Índices de Exposición  | %                  |
|               | Puesto de Trabajo                    | Índices de Exposición  | %                  |

Fuente: Elaboración Propia

## 3.4 POBLACION Y MUESTRA

### 3.4.1 Población

La población de la presente tesis estará en función a los trabajadores de la empresa Ferrocarril Central Andino, los cuales están distribuidos en diferentes bases, Callao, Chosica, La Oroya y Cerro de Pasco, cuya actividad principal es el Transporte de Carga de Materiales Peligrosos y No Peligrosos.

### 3.4.2 Muestra

Según el AIHA<sup>3</sup> (2008), la evaluación a exposición ocupacional a riesgos higiénicos en ambientes de trabajo, implica una caracterización cuantitativa y cualitativa de un grupo de exposición similar, es decir, un conjunto de trabajadores que comparten un mismo perfil de exposición hacia un agente o conjunto de agentes.

Dado que los trabajadores del Área de Operaciones, tienen 2 actividades definidas, cuyas tareas son específicas y se encuentran expuestos a un mismo agente químico, es decir, corresponden

---

<sup>3</sup> American Industrial Hygiene Association

a un Grupo de Exposición Similar (GES), por ende, basándose en la clasificación del AIHA, el muestreo a desarrollar en la presente investigación es por EQUIPOS DE TRABAJO.

Por ello, la evaluación a los trabajadores del Área de Operaciones se realizará por Base (Callao, Chosica, La Oroya y Cerro de Pasco), y en función de las 2 actividades definidas, entoldadores y tripulación, según se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Puesto de Trabajo del Área Operaciones por Base

| Base           | Área        | Puesto De Trabajo | Función      | Número de Trabajadores Expuestos | Numero de Muestras |
|----------------|-------------|-------------------|--------------|----------------------------------|--------------------|
| Callao         | Operaciones | Entoldador        | Entoldador   | 15                               | 2                  |
|                |             | Tripulación       | Maquinista   | 7                                | 2                  |
|                |             |                   | Jefe de Tren | 10                               | 2                  |
|                |             |                   | Brequero     | 8                                | 2                  |
| Chosica        | Operaciones | Tripulación       | Maquinista   | 19                               | 2                  |
|                |             |                   | Jefe de Tren | 19                               | 2                  |
|                |             |                   | Brequero     | 17                               | 2                  |
| La Oroya       | Operaciones | Entoldador        | Entoldador   | 10                               | 2                  |
|                |             | Tripulación       | Maquinista   | 12                               | 2                  |
|                |             |                   | Jefe de Tren | 12                               | 2                  |
|                |             |                   | Brequero     | 10                               | 2                  |
| Cerro de Pasco | Operaciones | Entoldador        | Entoldador   | 7                                | 2                  |
|                |             | Tripulación       | Maquinista   | 3                                | 1                  |
|                |             |                   | Jefe de Tren | 3                                | 1                  |
|                |             |                   | Brequero     | 3                                | 1                  |

Fuente: FCCA

### 3.5 INSTRUMENTOS

#### 3.5.1 Materiales

##### 3.5.1.1 Campo

Para la toma de muestras y realizar el monitoreo se ha realizado los siguientes materiales:

- ✓ Bomba de muestreo Gilair Plus, usado para registrar los datos de caudal, tiempo y volumen durante la toma de muestra.
- ✓ Manguera de Tygon, que va conectado entre la bomba de muestreo y el cassette.

- ✓ Cassette (37 mm) de 2 piezas, equipo donde va insertado los filtros.
- ✓ Ciclón de nylon, equipo que va conectado al cassette y por donde ingresan las partículas respirables.
- ✓ Filtro de 5  $\mu\text{m}$  de espesor, material de membrana de PVC de 37 mm de diámetro, material que dentro del cassette y donde se acumula el material particulado respirable.
- ✓ Fichas de registro de datos, utilizado para el levantamiento de información.

### **3.5.1.2 Gabinete**

- ✓ Análisis de informe de la consulta C y D Higienistas Ocupacionales E.I.R.L.

### **3.5.2 Equipo**

- ✓ Cámara fotográfica CANNON EOS T6, uso para la toma de fotografías de las actividades en campo.
- ✓ Tablet Galaxy S2 Samsung, uso para la toma de fotografías de fuentes bibliográficas y análisis de datos.
- ✓ Computadora portátil (laptop HP 14", Intel Core i3-370M), uso para elaboración de informe y análisis de datos estadísticos.
- ✓ Impresora y/o escáner (HP Deskjet 2050), uso para la impresión y escaneo de documentos.

### **3.5.3 Software**

- ✓ Microsoft Word 2010, usado para la elaboración del informe final de la investigación.
- ✓ Microsoft Excel 2010, usado para la elaboración de las tablas y cuadros estadísticos.

## 3.6 PROCEDIMIENTO

### 3.6.1 Monitoreo Ocupacional

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, conocido por sus siglas en inglés como NIOSH<sup>4</sup>, ha desarrollado un Manual de Métodos Analítico como una colección de métodos para el muestreo y análisis de los ambientes de trabajo y de los trabajadores con exposición ocupacional, dentro del manual se ha desarrollado el Método 600: PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE, en el cual especifica las evaluaciones de higiene ocupacional en los ambientes y puestos de trabajo, para partículas respirables.

Asimismo, en función a los métodos aplicados en NIOSH 0600, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), ha aceptado como el Método Gravimétrico “La determinación de material particulado (total y respirable) en el aire”, después de haber sido sometido a protocolos de validación por organizaciones oficiales competentes en el tema.

En la Tabla 21 se muestran los parámetros de medición y la descripción que se especifican en la NIOSH 0600.

Tabla 21. Parámetro de medición específica NIOSH 0600

| Agente             | Parámetros de Medición | Descripción   |
|--------------------|------------------------|---|
| Polvo Respirable   | Equipo                 | Bomba de muestreo personal con flujo constante                              |
|                    |                        | Manguera de Tygon   |
|                    |                        | Cassette (37 mm) de 2 piezas  |
|                    |                        | Ciclón de Nylon   |
|                    |                        | Filtro d 5 um de espesor, material de membrana de PVC de 37 mm de diámetro. |
|                    | Flujo de muestreo      | 1.7 L/min   |
| VOL min - VOL máx. | 20 L - 40 L            |   |

Fuente: NIOSH 0600 – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-765.pdf>

<sup>4</sup> National Institute for Occupational Safety and Health

Las evaluaciones de material particulado de fracción respirable que se desarrollaran, estará basada en la metodología NIOSH 0600, para ello la toma de muestra se realizará mediante el uso de una bomba de muestreo personal (caudal de 1.7 L/min) adaptado a un ciclón de nylon de 10 mm, el cual contendrá un portafiltro o cassette de poliestireno de 2 cuerpos de 37 mm de diámetro en el que se coloca el filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 5 micras de tamaño de poro sobre el soporte de celulosa. (Ver Anexo N° 01)

Estos resultados se evaluarán en base a los parámetros de referencia o valores límites permisibles (TLV), que son aquellos valores de referencia para concentraciones de agentes químicos en el aire, en donde se cree que los trabajadores pueden estar expuesto día tras día, durante su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- **D.S. N° 015-2005-SA.** “Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo”, según se muestra en la Tabla 22, los valores máximos permisibles para una jornada de 8 horas por día.

Tabla 22. Límite máximo permisible para una jornada laboral de 8h diarias

| Agente  | Límite Máximo Permisible (LMP) |
|---|--------------------------------|
| Partículas (insolubles) no clasificadas de otra forma |                                |
| Fracción Respirable                                   | 3 mg/m <sup>3</sup>            |

Fuente: DS 015-2005-SA

- **D.S. N° 024-2016-EM** “Cap. XI - Higiene Ocupacional – Sub. Capítulo 3 Art. 110”, según se muestra en la Tabla 23, los valores máximos permisibles para una jornada de 8 horas por día.

Tabla 23. Límite máximo permisible para una jornada laboral de 8h diarias

| Agente  | Límite Máximo Permisible (LMP) |
|---|--------------------------------|
| Partículas (insolubles) no clasificadas de otra forma |                                |
| Fracción Respirable                                   | 3 mg/m <sup>3</sup>            |

Fuente: DS 024-2016-EM

Asimismo, los niveles de concentración media ponderada en el tiempo (TWA) establecida para una jornada estándar es de 8 horas diarias, es decir 40 horas semanales (DS 015-2005-SA).

#### **Ecuación 1. Factor de corrección de la concentración a la jornada laboral**

$$TWA_c = \frac{C \times T_i}{H_d}$$

**Dónde:** C = Concentración evaluada  
T = Tiempo de exposición al agente químico  
H<sub>d</sub> = Horas diarias trabajadas

Sin embargo, cuando las jornadas de horas diarias y semanales son diferentes, estas deben ser corregidas de acuerdo a la siguiente formular:

#### **Ecuación 2. Factor de Corrección de Ajuste Semanales FCAS**

$$FCAS = \left(\frac{40}{H_s}\right) \left(\frac{168 - H_s}{128}\right)$$

**Dónde:** H<sub>s</sub> = Horas semanales trabajadas

*Fuente: Fundación MAPFRE. 1996*

Además, se deberá aplicar un factor de corrección para lugares que se realice el monitoreo y se encuentren a una altitud superior a los 1000 m.s.n.m.

#### **Ecuación 3. Factor de Corrección de Altitud FA**

$$FA = \frac{P}{760 \text{ mmHg}}$$

**Dónde:** P = Presión barométrica (mmHg)

*Fuente: Fundación MAPFRE. 1996*

A partir de dicho factor de corrección, se obtendrá el límite máximo permisible de cada muestra corregida.

#### **Ecuación 4. Límite Máximo Permisible Corregido LMP<sub>c</sub>**

$$LMP_c = LMP \times FCAS \times FA$$

**Dónde:** LMP = Límite Máximo Permisible  
FCAS = Factor de corrección de horas semanales

FA = Factor de corrección de altitud

Por último, se calcula el índice de exposición al agente químico mediante la siguiente expresión:

### **Ecuación 5. Índice de Exposición IE**

$$IE = \frac{TWAc}{LMPc} \times 100\%$$

**Dónde:** TWAc = Concentración jornada laboral  
LMPc = Límite máximo permisible corregido

#### **3.6.1.1 Análisis Gravimétrico**

El análisis gravimétrico es aquello en que la valoración final de un contaminante, se efectúa mediante una variación del peso. En el caso del polvo de suspensión en el aire, este método se reduce a la cantidad de muestra recogida sobre el filtro de membrana, por diferencia entre el peso de éste, antes y después de haber pasado a través de un volumen de aire conocido. (Fundación MAPFRE. 1996).

El cálculo de la concentración se determina mediante la fórmula presentada en la metodología NIOSH 0600.

### **Ecuación 6. Cálculo Concentración Inicial**

$$C = \frac{(W2 - W1)(B2 - B1)}{V} mg/m^3$$

**Dónde:** W<sub>1</sub> = Peso del filtro antes del muestreo  
W<sub>2</sub> = Peso del filtro después del muestreo  
B<sub>1</sub> = Peso del filtro blanco antes del muestreo  
B<sub>2</sub> = Peso del filtro blanco después del muestreo

#### **3.6.1.2 Categorización de Riesgos**

Dentro de la evaluación se realizará una categorización de los riesgos, Tabla 24, a partir de los resultados obtenidos en el cálculo del Índice de Exposición (IE) por trabajador y/o puesto de

trabajo, esto con la finalidad de poder establecer medidas preventivas y establecer prioridades con aquellos que resulten nivel de riesgo ALTO.

Tabla 24. Categorización del Riesgo por Niveles de Exposición

| Riesgo | Nivel de Exposición  | Índice de Exposición  |
|--------|--|-----------------------|
| Bajo   | Exposición menor al Nivel de Acción                            | $\leq 50\%$           |
| Medio  | Exposición mayor o igual al Nivel de Acción y menor que el LMP | $> 50\% - \leq 100\%$ |
| Alto   | Exposición mayor o igual al LMP                                | $> 100\%$             |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.7.1 Concentración de Exposición por Ambiente de Trabajo

A fin de determinar el primer objetivo del trabajo de investigación, las concentraciones de exposición a partículas respirables se han determinado en función de la concentración de la jornada laboral, que se ha desarrollado por ambiente de trabajo, el cual está definido por el Área de Operaciones y por la Base que corresponde, es decir, Callao, Chosica, La Oroya y Cerro de Pasco.

Para la obtención de dicha información desarrollado lo siguiente en base la metodología NIOSH 0600:

##### 3.7.1.1 Puntos de Muestreo

Las mediciones se realizaron en las operaciones ferroviarias de la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A. ubicadas en 4 bases principales ubicadas en la Costa y Sierra Central del Perú.

A continuación, en las Tablas 25, 26, 27 y 28, se presenta la distribución de los puntos en los ambientes y puestos evaluados:

Tabla 25. Puntos de Medición – Base Callao

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | DNI      | Edad | Actividades  | Fuentes de Riesgos  | Código de Muestras |
|----|-------------------|-----------------------------------|----------|------|--|---|--------------------|
| 1  | Entoldadores      | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 40306435 | 38   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-101             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-104             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-105             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-106             |
| 2  | Entoldadores      | David Franklin Cuadros Silva      | 47012753 | 26   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-102             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-103             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-107             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-108             |
| 3  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | 48430947 | 24   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Inspeccionar Vagones           | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-112             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-113             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-120             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-121             |
| 4  | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | 44752580 | 30   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Manipular los cambios de vía   | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-109             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-114             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-115             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-119             |
| 5  | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 25847769 | 42   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-110             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-116             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-117             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-118             |
| 6  | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 41083773 | 36   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CA-111             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-122             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-123             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-125             |
| 7  | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | 44792975 | 37   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | CA-124             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-130             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-131             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-132             |
| 8  | Maquinista        | Victor Manuel Navarro Flores      | 08544116 | 63   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | CA-128             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-126             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-127             |
|    |                   |                                   |          |      |  |   | CA-129             |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Puntos de Medición – Base Chosica

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador               | DNI      | Edad | Actividades  | Fuentes de Riesgos  | Código de Muestras |
|----|-------------------|------------------------------------|----------|------|--|---|--------------------|
| 1  | Brequero          | Jose Luis Velásquez Peña           | O7671448 | 64   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Inspeccionar Vagones           | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CH-201             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-210             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-211             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-215             |
| 2  | Brequero          | Rolando Adolfo Corta brazo Navarro | 41375442 | 35   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Manipular los cambios de vía   | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CH-203             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-216             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-218             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-219             |
| 3  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taípe                | O6811138 | 66   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CH-217             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-220             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-221             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-228             |
| 4  | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan        | 20111992 | 39   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CH-204             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-205             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-227             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-230             |
| 5  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique       | O7654512 | 68   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | CH-222             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-223             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-224             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-229             |
| 6  | Maquinista        | John Rony López Jara               | O7684150 | 50   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | CH-225             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-226             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-231             |
|    |                   |                                    |          |      |  |   | CH-232             |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Puntos de Medición – Base La Oroya

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador                | DNI      | Edad | Actividades  | Fuentes de Riesgos  | Código de Muestras |
|----|-------------------|-------------------------------------|----------|------|--|---|--------------------|
| 1  | Entoldadores      | León Laura Nolasco Rubina           | 47891370 | 25   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-301             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-305             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-306             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-330             |
| 2  | Entoldadores      | Levin Cesar Suarez Tomas            | 74089428 | 24   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-303             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-304             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-331             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-332             |
| 3  | Brequero          | Juan Javier Sánchez Ruiz            | 40946016 | 38   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Inspeccionar Vagones           | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-302             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-307             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-328             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-329             |
| 4  | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio      | 71843080 | 24   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Manipular los cambios de vía   | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-310             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-323             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-324             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-314             |
| 5  | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza   | 46237164 | 28   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-308             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-309             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-317             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-315             |
| 6  | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania            | 42195176 | 33   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | OR-316             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-325             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-326             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-327             |
| 7  | Maquinista        | Isaías Victoriano Palacios Huamán   | 19947324 | 54   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | OR-313             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-320             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-321             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-322             |
| 8  | Maquinista        | Arístides Ramón Churampi Hinostraza | 21252838 | 62   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | OR-311             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-312             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-318             |
|    |                   |                                     |          |      |  |   | OR-319             |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Puntos de Medición – Base Cerro de Pasco

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador        | DNI      | Edad | Actividades  | Fuentes de Riesgos  | Código de Muestras |
|----|-------------------|-----------------------------|----------|------|--|---|--------------------|
| 1  | Entoldadores      | Alejandro Nieto Ramírez     | 74303408 | 23   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CP-405             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-402             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-411             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-420             |
| 2  | Entoldadores      | Antenor Huata Fabián        | 19920697 | 53   | Entoldado, Desentoldado y Limpieza de Vagones                            | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CP-401             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-408             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-412             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-404             |
| 3  | Brequero          | Elvis Adrián Jacay López    | 43201100 | 32   | Enganchar Vagones<br>Dirigir Maniobras<br>Manipular los cambios de vía   | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CP-409             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-410             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-403             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-417             |
| 4  | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado | 04080069 | 48   | Parqueo de Vagones<br>Pruebas de aire de Vagones<br>Inspeccionar Vagones | 1.- Material Particulado proveniente del concentrado de Plomo, Cobre y Zinc | CP-413             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-414             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-415             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-416             |
| 5  | Maquinista        | Adolfo Marlon Suarez Maccha | 40604528 | 37   | Operar Locomotora<br>Inspeccionar Locomotora                             | 1.- Humo y Gases de la Locomotora<br>2.- Concentrado de Mineral             | CP-406             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-407             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-418             |
|    |                   |                             |          |      |  |   | CP-419             |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.1.2 Tiempo de Exposición

De acuerdo a la evaluación de polvos respirables se ha establecido los periodos de muestreo para el horario de trabajo de acuerdo al puesto en el que se desempeña por Base, estos se encuentran descritos en las Tablas 29, 30, 31 y 32:

Tabla 29. Periodo de Muestreo – Base Callao

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Periodo de Muestreo |            |              | Flujo Promedio (L/min) | Volumen |         |
|----|-------------------|-----------------------------------|---------------------|------------|--------------|------------------------|---------|---------|
|    |                   |                                   | Hora Inicial        | Hora Final | Tiempo (min) |                        | L       | m3      |
| 1  | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 07:33:00            | 17:45:00   | 612          | 1.7011                 | 375.17  | 0.37517 |
| 2  | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | 06:30:00            | 16:35:00   | 605          | 1.6948                 | 325.35  | 0.32535 |
| 3  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | 06:25:00            | 16:28:00   | 603          | 1.6963                 | 375.35  | 0.37535 |
| 4  | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | 06:35:00            | 16:40:00   | 605          | 1.6988                 | 355.33  | 0.35533 |
| 5  | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 06:20:00            | 15:50:00   | 570          | 1.7010                 | 375.20  | 0.3752  |
| 6  | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 06:23:00            | 16:10:00   | 587          | 1.6988                 | 312.66  | 0.31266 |
| 7  | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | 06:30:00            | 16:35:00   | 605          | 1.6948                 | 345.18  | 0.34518 |
| 8  | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores      | 06:20:00            | 16:15:00   | 595          | 1.7011                 | 375.20  | 0.3752  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Periodo de Muestreo – Base Chosica

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Periodo de Monitoreo |            |              | Flujo Promedio (L/min) | Volumen |         |
|----|-------------------|-----------------------------------|----------------------|------------|--------------|------------------------|---------|---------|
|    |                   |                                   | Hora Inicial         | Hora Final | Tiempo (min) |                        | L       | m3      |
| 1  | Brequero          | Jose Luis Velásquez Peña          | 08:15:00             | 19:00:00   | 645          | 1.7010                 | 325.20  | 0.3252  |
| 2  | Brequero          | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | 10:00:00             | 20:30:00   | 630          | 1.6099                 | 375.30  | 0.3753  |
| 3  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taípe               | 06:00:00             | 17:45:00   | 705          | 1.6988                 | 355.18  | 0.35518 |
| 4  | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | 07:40:00             | 18:00:00   | 620          | 1.7011                 | 370.25  | 0.37025 |
| 5  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique      | 11:00:00             | 20:00:00   | 540          | 1.6990                 | 315.10  | 0.3151  |
| 6  | Maquinista        | John Rony López Jara              | 08:00:00             | 17:30:00   | 570          | 1.6963                 | 312.88  | 0.31288 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Periodo de Muestreo – Base La Oroya

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador                | Periodo de Monitoreo |            |              | Flujo Promedio (L/min) | Volumen |         |
|----|-------------------|-------------------------------------|----------------------|------------|--------------|------------------------|---------|---------|
|    |                   |                                     | Hora Inicial         | Hora Final | Tiempo (min) |                        | L       | m3      |
| 1  | Entoldador        | León Laura Nolasco Rubina           | 06:10:00             | 17:30:00   | 680          | 1.6998                 | 375.20  | 0.37520 |
| 2  | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas            | 06:25:00             | 17:10:00   | 645          | 1.7011                 | 370.55  | 0.37055 |
| 3  | Brequero          | Juan Javier Sánchez Ruiz            | 08:30:00             | 19:05:00   | 635          | 1.7010                 | 375.10  | 0.37510 |
| 4  | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio      | 10:00:00             | 20:30:00   | 630          | 1.6790                 | 375.01  | 0.37501 |
| 5  | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza   | 07:45:00             | 17:50:00   | 605          | 1.6509                 | 365.35  | 0.36535 |
| 6  | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania            | 05:10:00             | 17:00:00   | 710          | 1.6963                 | 360.90  | 0.36090 |
| 7  | Maquinista        | Isaías Victoriano Palacios Huamán   | 06:40:00             | 18:00:00   | 680          | 1.6948                 | 365.88  | 0.36588 |
| 8  | Maquinista        | Arístides Ramón Churampi Hinostroza | 11:00:00             | 21:30:00   | 630          | 1.7010                 | 350.20  | 0.35020 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Periodo de Muestreo – Base Cerro de Pasco

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador        | Periodo de Monitoreo |            |              | Flujo Promedio (L/min) | Volumen |         |
|----|-------------------|-----------------------------|----------------------|------------|--------------|------------------------|---------|---------|
|    |                   |                             | Hora Inicial         | Hora Final | Tiempo (min) |                        | L       | m3      |
| 1  | Entoldador        | Alejandro Nieto Ramírez     | 06:50:00             | 18:00:00   | 670          | 1.7011                 | 375.10  | 0.37510 |
| 2  | Entoldador        | Antenor Huata Fabián        | 06:10:00             | 17:30:00   | 680          | 1.6936                 | 355.20  | 0.35520 |
| 3  | Brequero          | Elvis Adrián Jacay López    | 11:00:00             | 21:00:00   | 600          | 1.6998                 | 370.20  | 0.37020 |
| 4  | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado | 07:30:00             | 18:45:00   | 675          | 1.7010                 | 360.90  | 0.36090 |
| 5  | Maquinista        | Adolfo Marlon Suarez Maccha | 06:15:00             | 18:00:00   | 705          | 1.6509                 | 375.01  | 0.37501 |

Fuente. Elaboración propia

### **3.7.1.3 Gravimetría de Filtros**

Las muestras recolectadas en los filtros de PVC han sido analizadas en el laboratorio Maxxam Analytics bajo la técnica de Determinación Gravimétrica con sensibilidad a 1/100000 de mg, de acuerdo a lo señalado en el método 0600 del Manual de Métodos Analíticos del NIOSH. Dichos certificado se encuentran adjuntos en el Anexo N° 02.

Asimismo, los resultados obtenidos en el laboratorio se detallan en las Tablas 33, 34, 35 y 36

Tabla 33. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Callao

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Código de Muestras | Peso Inicial (gr) | Peso Final (gr) | Variación (mg) | Variación Promedio (mg) | Volumen (m3) | Concentración (mg/m3) |
|----|-------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|-----------------------|
| 1  | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | CA-101             | 0.045830          | 0.045934        | 0.104          | 0.594                   | 0.37517      | 1.582                 |
|    |                   |                                   | CA-104             | 0.046930          | 0.047980        | 1.050          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-105             | 0.047203          | 0.048324        | 1.121          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-106             | 0.043328          | 0.043427        | 0.099          |                         |              |                       |
| 2  | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | CA-102             | 0.042379          | 0.042688        | 0.309          | 0.401                   | 0.32535      | 1.234                 |
|    |                   |                                   | CA-103             | 0.045003          | 0.045200        | 0.197          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-107             | 0.043288          | 0.043898        | 0.610          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-108             | 0.043400          | 0.043890        | 0.490          |                         |              |                       |
| 3  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | CA-112             | 0.049700          | 0.050121        | 0.421          | 0.503                   | 0.37535      | 1.339                 |
|    |                   |                                   | CA-113             | 0.045156          | 0.045588        | 0.432          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-120             | 0.045336          | 0.045866        | 0.530          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-121             | 0.047731          | 0.048359        | 0.628          |                         |              |                       |
| 4  | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | CA-109             | 0.045242          | 0.045693        | 0.451          | 0.587                   | 0.35533      | 1.651                 |
|    |                   |                                   | CA-114             | 0.048323          | 0.049482        | 1.159          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-115             | 0.045309          | 0.045731        | 0.422          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-119             | 0.045453          | 0.045767        | 0.314          |                         |              |                       |
| 5  | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | CA-110             | 0.014658          | 0.015100        | 0.442          | 0.515                   | 0.3752       | 1.373                 |
|    |                   |                                   | CA-116             | 0.015857          | 0.016376        | 0.519          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-117             | 0.014467          | 0.015150        | 0.683          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-118             | 0.017404          | 0.017820        | 0.416          |                         |              |                       |
| 6  | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | CA-111             | 0.013473          | 0.013765        | 0.292          | 0.291                   | 0.31266      | 0.932                 |
|    |                   |                                   | CA-122             | 0.045002          | 0.045323        | 0.321          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-123             | 0.049173          | 0.049502        | 0.329          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-125             | 0.044956          | 0.045179        | 0.223          |                         |              |                       |
| 7  | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | CA-124             | 0.045294          | 0.045420        | 0.126          | 0.263                   | 0.34518      | 0.761                 |
|    |                   |                                   | CA-130             | 0.045253          | 0.045531        | 0.278          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-131             | 0.017783          | 0.018112        | 0.329          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-132             | 0.048140          | 0.048458        | 0.318          |                         |              |                       |
| 8  | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores      | CA-128             | 0.047330          | 0.047519        | 0.189          | 0.271                   | 0.3752       | 0.723                 |
|    |                   |                                   | CA-126             | 0.044775          | 0.045267        | 0.492          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-127             | 0.047675          | 0.047959        | 0.284          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CA-129             | 0.046872          | 0.046992        | 0.120          |                         |              |                       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Chosica

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Código de Muestras | Peso Inicial (gr) | Peso Final (gr) | Variación (mg) | Variación Promedio (mg) | Volumen (m3) | Concentración (mg/m3) |
|----|-------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|-----------------------|
| 1  | Brequero          | Jose Luis Velásquez Peña          | CH-201             | 0.045655          | 0.045990        | 0.335          | 0.511                   | 0.3252       | 1.572                 |
|    |                   |                                   | CH-210             | 0.045660          | 0.045980        | 0.320          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-211             | 0.045870          | 0.046800        | 0.930          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-215             | 0.045750          | 0.046210        | 0.460          |                         |              |                       |
| 2  | Brequero          | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | CH-203             | 0.044500          | 0.044825        | 0.325          | 0.549                   | 0.3753       | 1.463                 |
|    |                   |                                   | CH-216             | 0.045150          | 0.045633        | 0.483          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-218             | 0.045235          | 0.046225        | 0.990          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-219             | 0.045200          | 0.045598        | 0.398          |                         |              |                       |
| 3  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taipe               | CH-217             | 0.046070          | 0.046308        | 0.238          | 0.223                   | 0.35518      | 0.629                 |
|    |                   |                                   | CH-220             | 0.045790          | 0.046024        | 0.234          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-221             | 0.046500          | 0.046802        | 0.302          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-228             | 0.046290          | 0.046409        | 0.119          |                         |              |                       |
| 4  | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | CH-204             | 0.045987          | 0.046090        | 0.103          | 0.266                   | 0.37025      | 0.720                 |
|    |                   |                                   | CH-205             | 0.045870          | 0.046090        | 0.220          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-227             | 0.045660          | 0.046005        | 0.345          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-230             | 0.045600          | 0.045998        | 0.398          |                         |              |                       |
| 5  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique      | CH-222             | 0.044500          | 0.044987        | 0.487          | 0.200                   | 0.3151       | 0.636                 |
|    |                   |                                   | CH-223             | 0.045006          | 0.045020        | 0.014          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-224             | 0.045550          | 0.045600        | 0.050          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-229             | 0.045550          | 0.045800        | 0.250          |                         |              |                       |
| 6  | Maquinista        | John Rony López Jara              | CH-225             | 0.046900          | 0.047140        | 0.240          | 0.178                   | 0.31288      | 0.568                 |
|    |                   |                                   | CH-226             | 0.045058          | 0.045233        | 0.175          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-231             | 0.045505          | 0.045600        | 0.095          |                         |              |                       |
|    |                   |                                   | CH-232             | 0.045320          | 0.045521        | 0.201          |                         |              |                       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base La Oroya

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador                | Código de Muestras | Peso Inicial (gr) | Peso Final (gr) | Variación (mg) | Variación Promedio (mg) | Volumen (m3) | Concentración (mg/m3) |
|----|-------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|-----------------------|
| 1  | Entoldador        | León Laura Nolasco Rubina           | OR-301             | 0.045670          | 0.045923        | 0.253          | 0.475                   | 0.37520      | 1.267                 |
|    |                   |                                     | OR-305             | 0.045090          | 0.045599        | 0.509          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-306             | 0.044005          | 0.044590        | 0.585          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-330             | 0.044600          | 0.045155        | 0.555          |                         |              |                       |
| 2  | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas            | OR-303             | 0.046900          | 0.047355        | 0.455          | 0.424                   | 0.37055      | 1.144                 |
|    |                   |                                     | OR-304             | 0.046789          | 0.047222        | 0.433          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-331             | 0.045870          | 0.046329        | 0.459          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-332             | 0.045640          | 0.045989        | 0.349          |                         |              |                       |
| 3  | Brequero          | Juan Javier Sánchez Ruiz            | OR-302             | 0.045109          | 0.045311        | 0.202          | 0.218                   | 0.37510      | 0.581                 |
|    |                   |                                     | OR-307             | 0.045976          | 0.046199        | 0.223          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-328             | 0.044200          | 0.044476        | 0.276          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-329             | 0.044450          | 0.044621        | 0.171          |                         |              |                       |
| 4  | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio      | OR-310             | 0.044789          | 0.045111        | 0.322          | 0.404                   | 0.37501      | 1.077                 |
|    |                   |                                     | OR-323             | 0.044690          | 0.045155        | 0.465          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-324             | 0.045007          | 0.045422        | 0.415          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-314             | 0.046022          | 0.046435        | 0.413          |                         |              |                       |
| 5  | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza   | OR-308             | 0.045300          | 0.045588        | 0.288          | 0.271                   | 0.36535      | 0.742                 |
|    |                   |                                     | OR-309             | 0.045565          | 0.045914        | 0.349          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-317             | 0.044988          | 0.045124        | 0.136          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-315             | 0.045210          | 0.045522        | 0.312          |                         |              |                       |
| 6  | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania            | OR-316             | 0.044690          | 0.044898        | 0.208          | 0.280                   | 0.36090      | 0.776                 |
|    |                   |                                     | OR-325             | 0.044200          | 0.044530        | 0.330          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-326             | 0.045900          | 0.046199        | 0.299          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-327             | 0.044990          | 0.045273        | 0.283          |                         |              |                       |
| 7  | Maquinista        | Isaías Victoriano Palacios Huamán   | OR-313             | 0.046605          | 0.046798        | 0.193          | 0.140                   | 0.36588      | 0.383                 |
|    |                   |                                     | OR-320             | 0.046780          | 0.046891        | 0.111          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-321             | 0.045565          | 0.045699        | 0.134          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-322             | 0.046022          | 0.046145        | 0.123          |                         |              |                       |
| 8  | Maquinista        | Arístides Ramón Churampi Hinostroza | OR-311             | 0.044900          | 0.045091        | 0.191          | 0.160                   | 0.35020      | 0.455                 |
|    |                   |                                     | OR-312             | 0.044322          | 0.044421        | 0.099          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-318             | 0.044905          | 0.045107        | 0.202          |                         |              |                       |
|    |                   |                                     | OR-319             | 0.045235          | 0.045381        | 0.146          |                         |              |                       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Gravimetría de Filtros y Concentración – Base Cerro de Pasco

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador        | Código de Muestras | Peso Inicial (gr) | Peso Final (gr) | Variación (mg) | Variación Promedio (mg) | Volumen (m3) | Concentración (mg/m3) |
|----|-------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------|-----------------------|
| 1  | Entoldador        | Alejandro Nieto Ramírez     | CP-405             | 0.045870          | 0.046365        | 0.495          | 0.403                   | 0.37510      | 1.149                 |
|    |                   |                             | CP-402             | 0.045320          | 0.045489        | 0.169          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-411             | 0.046290          | 0.046800        | 0.510          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-420             | 0.045750          | 0.046189        | 0.439          |                         |              |                       |
| 2  | Entoldador        | Antenor Huata Fabián        | CP-401             | 0.045600          | 0.045999        | 0.399          | 0.458                   | 0.35520      | 1.289                 |
|    |                   |                             | CP-408             | 0.046900          | 0.047411        | 0.511          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-412             | 0.046022          | 0.046499        | 0.477          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-404             | 0.046789          | 0.047234        | 0.445          |                         |              |                       |
| 3  | Brequero          | Elvis Adrián Jacay López    | CP-409             | 0.044322          | 0.044586        | 0.264          | 0.317                   | 0.37020      | 0.856                 |
|    |                   |                             | CP-410             | 0.045006          | 0.045488        | 0.482          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-403             | 0.044690          | 0.044933        | 0.243          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-417             | 0.045976          | 0.046255        | 0.279          |                         |              |                       |
| 4  | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado | CP-413             | 0.046780          | 0.046911        | 0.131          | 0.125                   | 0.36090      | 0.346                 |
|    |                   |                             | CP-414             | 0.045998          | 0.046088        | 0.090          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-415             | 0.045255          | 0.045399        | 0.144          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-416             | 0.044322          | 0.044457        | 0.135          |                         |              |                       |
| 5  | Maquinista        | Adolfo Marlon Suarez Maccha | CP-406             | 0.045550          | 0.045674        | 0.124          | 0.122                   | 0.37501      | 0.327                 |
|    |                   |                             | CP-407             | 0.045655          | 0.045799        | 0.144          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-418             | 0.044905          | 0.044995        | 0.090          |                         |              |                       |
|    |                   |                             | CP-419             | 0.046323          | 0.046455        | 0.132          |                         |              |                       |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.1.4 Factor de Corrección del Tiempo de Exposición

Para obtener el resultado primer objetivo, se desarrolló la metodología establecida a partir de los puntos de muestro, los tiempos de exposición y la aplicación de la gravimetría de los filtros, todo ello para determinar la concentración de exposición a partículas respirables, asimismo, en las Tablas 37, 38, 39 y 40 se realizó el primer factor de corrección establecida en la Ecuación N°01, descrita en la metodología, que se basa en corregir el tiempo de evaluación en campo por el tiempo de jornada laboral, es decir, por 12 horas de trabajo, ejecutado ello, se obtendrá la concentración de exposición por ambientes de trabajo, para las Bases Callao, Chosica, La Oroya y Cerro de Pasco.

Tabla 37. Concentración de Exposición BASE CALLAO

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Tiempo Exposición (Hras) | Concentración (mg/m <sup>3</sup> ) | Concentración Jornada Laboral (mg/m <sup>3</sup> ) |
|----|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|
| 1  | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 10                       | 1.582                              | 1.318  |
| 2  | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | 10                       | 1.234                              | 1.028  |
| 3  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | 10                       | 1.339                              | 1.116  |
| 4  | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | 10                       | 1.651                              | 1.375  |
| 5  | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 9                        | 1.373                              | 1.029  |
| 6  | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 9                        | 0.932                              | 0.699  |
| 7  | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | 10                       | 0.761                              | 0.634  |
| 8  | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores      | 9                        | 0.723                              | 0.542  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38. Concentración de Exposición BASE CHOSICA

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Tiempo Exposición (Hras) | Concentración (mg/m3) | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| 1  | Brequero          | José Luis Velásquez Peña          | 10                       | 1.572                 | 1.310                                      |
| 2  | Brequero          | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | 10                       | 1.463                 | 1.219                                      |
| 3  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taipe               | 11                       | 0.629                 | 0.576                                      |
| 4  | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | 10                       | 0.720                 | 0.600                                      |
| 5  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique      | 9                        | 0.636                 | 0.477                                      |
| 6  | Maquinista        | John Rony López Jara              | 9                        | 0.568                 | 0.426                                      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39. Concentración de Exposición BASE LA OROYA

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador                | Tiempo Exposición (Hras) | Concentración (mg/m3) | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|-------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| 1  | Entoldador        | Leon Laura Nolasco Rubina           | 11                       | 1.267                 | 1.162                                      |
| 2  | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas            | 10                       | 1.144                 | 0.954                                      |
| 3  | Brequero          | Juan Javier Sanchez Ruiz            | 10                       | 0.581                 | 0.484                                      |
| 4  | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio      | 10                       | 1.077                 | 0.897                                      |
| 5  | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza   | 10                       | 0.742                 | 0.619                                      |
| 6  | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania            | 11                       | 0.776                 | 0.711                                      |
| 7  | Maquinista        | Isaias Victoriano Palacios Huaman   | 11                       | 0.383                 | 0.351                                      |
| 8  | Maquinista        | Aristides Ramon Churampi Hinostroza | 10                       | 0.455                 | 0.380                                      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Concentración de Exposición BASE CERRO DE PASCO

| <b>N°</b> | <b>Puesto de Trabajo</b> | <b>Nombre de Trabajador</b> | <b>Tiempo Exposición (Hras)</b> | <b>Concentración (mg/m3)</b> | <b>Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3)</b> |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|
| 1         | Entoldador               | Alejandro Nieto Ramírez     | 11                              | 1.075                        | 0.985   |
| 2         | Entoldador               | Antenor Huata Fabián        | 11                              | 1.289                        | 1.182   |
| 3         | Brequero                 | Elvis Adrián Jacay López    | 10                              | 0.856                        | 0.714   |
| 4         | Jefe de Tren             | Joel David Martínez Hurtado | 11                              | 0.346                        | 0.317   |
| 5         | Maquinista               | Adolfo Marlon Suarez Maccha | 11                              | 0.327                        | 0.299   |

Fuente: Elaboración Propia

## IV. RESULTADOS

### 4.1 CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN POR PUESTO DE TRABAJO

En cumplimiento del segundo objetivo, y en base a los resultados establecidos en los ambientes de trabajo, en las Tablas 41, 42, 43 y 44 se realizó el filtro correspondiente, a fin de determinar la concentración de exposición por puesto de trabajo operativo en la Empresa Ferrocarril Central Andino, teniendo en ello 4 puestos a evaluar: Entoldador, Brequero, Jefe de Tren y Maquinista.

Tabla 41. Concentración de Exposición – Puesto de Trabajo: ENTOLDADOR

| N° | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|--|
| 1  | Callao   | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 1.318                                      |
| 2  |          | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | 1.028                                      |
| 3  | La Oroya | Entoldador        | León Laura Nolasco Rubina         | 1.162                                      |
| 4  |          | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas          | 0.954                                      |
| 5  | Pasco    | Entoldador        | Alejandro Nieto Ramírez           | 0.985                                      |
| 6  |          | Entoldador        | Antenor Huata Fabián              | 1.182                                      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: BREQUERO

| N° | Base    | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador          | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|---------|-------------------|-------------------------------|--|
| 1  | Callao  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides | 1.116                                      |
| 2  |         | Brequero          | Anthony Caycho Morales        | 1.375                                      |
| 3  | Chosica | Brequero          | José Luis Velásquez Peña      | 1.310                                      |

|   |          |          |                                   |       |
|---|----------|----------|-----------------------------------|-------|
| 4 |          | Brequero | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | 1.219 |
| 5 | La Oroya | Brequero | Juan Javier Sánchez Ruiz          | 0.484 |
| 6 |          | Brequero | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio    | 0.897 |
| 7 | Pasco    | Brequero | Elvis Adrián Jacay López          | 0.714 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: JEFE DE TREN

| N° | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|--|
| 1  | Callao   | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 1.029                                      |
| 2  |          | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 0.699                                      |
| 3  | Chosica  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taipe               | 0.576                                      |
| 4  |          | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | 0.600                                      |
| 5  | La Oroya | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza | 0.619                                      |
| 6  |          | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania          | 0.711                                      |
| 7  | Pasco    | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado       | 0.317                                      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44. Concentración de Exposición - Puesto de Trabajo: MAQUINISTA

| N° | Base   | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador          | Concentración Jornada Laboral (mg/m3) |
|----|--------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1  | Callao | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila | 0.634                                 |
| 2  |        | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores  | 0.542                                 |

|   |          |            |                                     |       |
|---|----------|------------|-------------------------------------|-------|
| 3 | Chosica  | Maquinista | Armando Simón Lazo Echenique        | 0.477 |
| 4 |          | Maquinista | John Rony López Jara                | 0.426 |
| 5 | La Oroya | Maquinista | Isaías Victoriano Palacios Huamán   | 0.351 |
| 6 |          | Maquinista | Aristides Ramón Churampi Hinostroza | 0.380 |
| 7 | Pasco    | Maquinista | Adolfo Marlon Suarez Maccha         | 0.299 |

Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Y LOS INDICES DE EXPOSICIÓN

Determinados los índices de exposición por ambiente y puesto de trabajo, establecidos en la Ecuación N° 05, se realizará la comparación con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. 015-2005-SA y el D.S. 024-2016-EM, sin embargo, debido a que el muestreo de la evaluación de las partículas respirables fueron realizados de acuerdo a la Base en donde los trabajadores realizan sus actividades, tanto en la zona costa como en la zona sierra, encontrándose por ello a diferentes altitudes del nivel del mar, se aplicará el factor de corrección de altitud (FA), asimismo dichos trabajadores presentan diferentes ciclos de horarios y turnos de trabajo de acuerdo al puesto y a la Base a la cual corresponden, por ende se deberá aplicar un factor de corrección de ajuste de horas de trabajo semanales (FCAS), con la finalidad de determinar los límites máximos permisibles corregidos (LMPc).

### 4.2.1 Factor de Corrección de la Altitud y Jornada Laboral

De acuerdo al factor de corrección aplicado según lo mencionado en la metodología para los factores de jornada laboral semanales, según la Ecuación N° 02, altitud, según la Ecuación N° 03 y el límite máximo permisible, según la Ecuación N° 04, se tienen los siguientes Tablas 45, 46, 47 y 48, los límites máximos permisibles corregidos por Base

Tabla 45. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Callao

| Puesto de Trabajo | *LMP (mg/m <sup>3</sup> ) | Días Trabajados | Días de Descanso | Régimen de Trabajo | Días de Trabajo Semanales | Horas de Trabajo Diarios | Horas de Exposición Diario | Hora Semanales Trabajados | Factor de Corrección de Horas Semanales (FCAS) | Altitud (msnm) | Presión Barométrica (mmHg) | Factor de Corrección de Altitud (FA) | **LMPc (mg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--|----------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Entoldador        | 3                         | 6               | 1                | 6x1                | 6                         | 12                       | 8                          | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |
| Brequero          | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 10                         | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |
| Jefe de Tren      | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 10                         | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |
| Maquinista        | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 9                          | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Chosica

| Puesto de Trabajo | *LMP (mg/m <sup>3</sup> ) | Días Trabajados | Días de Descanso | Régimen de Trabajo | Días de Trabajo Semanales | Horas de Trabajo Diarios | Horas de Exposición Diario | Hora Semanales Trabajados | Factor de Corrección de Horas Semanales (FCAS) | Altitud (msnm) | Presión Barométrica (mmHg) | Factor de Corrección de Altitud (FA) | **LMPc (mg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--|----------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Brequero          | 3                         | 11              | 3                | 11x3               | 5.5                       | 12                       | 10                         | 66                        | 0.4830   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.449                       |
| Jefe de Tren      | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 10                         | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |
| Maquinista        | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 9                          | 72                        | 0.4167   | 0              | 760                        | 1                                    | 1.250                       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base La Oroya

| Puesto de Trabajo | *LMP (mg/m <sup>3</sup> ) | Días Trabajados | Días de Descanso | Régimen de Trabajo | Días de Trabajo Semanales | Horas de Trabajo Diarios | Horas de Exposición Diario | Hora Semanales Trabajados | Factor de Corrección de Horas Semanales (FCAS) | Altitud (msnm) | Presión Barométrica (mmHg) | Factor de Corrección de Altitud (FA) | **LMPc (mg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--|----------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Entoldador        | 3                         | 10              | 4                | 10x4               | 5                         | 12                       | 8                          | 60                        | 0.5625   | 3750           | 480                        | 0.632                                | <b>1.066</b>                |
| Brequero          | 3                         | 11              | 3                | 11x3               | 5.5                       | 12                       | 10                         | 66                        | 0.4830   | 3750           | 480                        | 0.632                                | <b>0.915</b>                |
| Jefe de Tren      | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 10                         | 72                        | 0.4167   | 3750           | 480                        | 0.632                                | <b>0.789</b>                |
| Maquinista        | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 9                          | 72                        | 0.4167   | 3750           | 480                        | 0.632                                | <b>0.789</b>                |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Límites Máximos Permisibles Corregidos – Base Cerro de Pasco

| Puesto de Trabajo | *LMP (mg/m <sup>3</sup> ) | Días Trabajados | Días de Descanso | Régimen de Trabajo | Días de Trabajo Semanales | Horas de Trabajo Diarios | Horas de Exposición Diario | Hora Semanales Trabajados | Factor de Corrección de Horas Semanales (FCAS) | Altitud (msnm) | Presión Barométrica (mmHg) | Factor de Corrección de Altitud (FA) | **LMPc (mg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--|----------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Entoldador        | 3                         | 10              | 4                | 10x4               | 5                         | 12                       | 8                          | 60                        | 0.5625   | 4200           | 451                        | 0.593                                | <b>1.001</b>                |
| Brequero          | 3                         | 11              | 3                | 11x3               | 5.5                       | 12                       | 10                         | 66                        | 0.4830   | 4200           | 451                        | 0.593                                | <b>0.860</b>                |
| Jefe de Tren      | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 10                         | 72                        | 0.4167   | 4200           | 451                        | 0.593                                | <b>0.742</b>                |
| Maquinista        | 3                         | 12              | 2                | 12x2               | 6                         | 12                       | 9                          | 72                        | 0.4167   | 4200           | 451                        | 0.593                                | <b>0.742</b>                |

Fuente: Elaboración Propia

\*LMP: Límite máximo permisible según D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM.

\*\*LMPc: Límite máximo permisible según D.S. 015-2005-SA y D.S. 024-2016-EM corregido para cada régimen de trabajo de los diferentes puestos de trabajo y para diferente altitud.

#### 4.2.2 Índice de Exposición por Ambiente de Trabajo y Límites Máximos Permisibles

##### Corregido

En las Tablas 49, 50, 51 y 52 se detallan los índices de exposición y los niveles de riesgos por ambiente de trabajo, asimismo cada uno de dicha tabla, está representado por las Figuras 1, 2, 3 y 4 respectivamente, en el cual se muestran la concentración obtenida por puesto de trabajo y el límite máximo permisible corregido (LMPc).

Tabla 49. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CALLAO

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m <sup>3</sup> ) | Concentración Jornada Laboral (mg/m <sup>3</sup> ) | LMP Corregido (mg/m <sup>3</sup> ) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 1.582                              | 1.318  | 1.250                              | 105%                     | <b>ALTO</b>     |
| 2  | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | 1.234                              | 1.028  | 1.250                              | 82%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 3  | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | 1.339                              | 1.116  | 1.250                              | 89%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 4  | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | 1.651                              | 1.375  | 1.250                              | 110%                     | <b>ALTO</b>     |
| 5  | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 1.373                              | 1.029  | 1.250                              | 82%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 6  | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 0.932                              | 0.699  | 1.250                              | 56%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 7  | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | 0.761                              | 0.634  | 1.250                              | 51%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 8  | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores      | 0.723                              | 0.542  | 1.250                              | 43%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

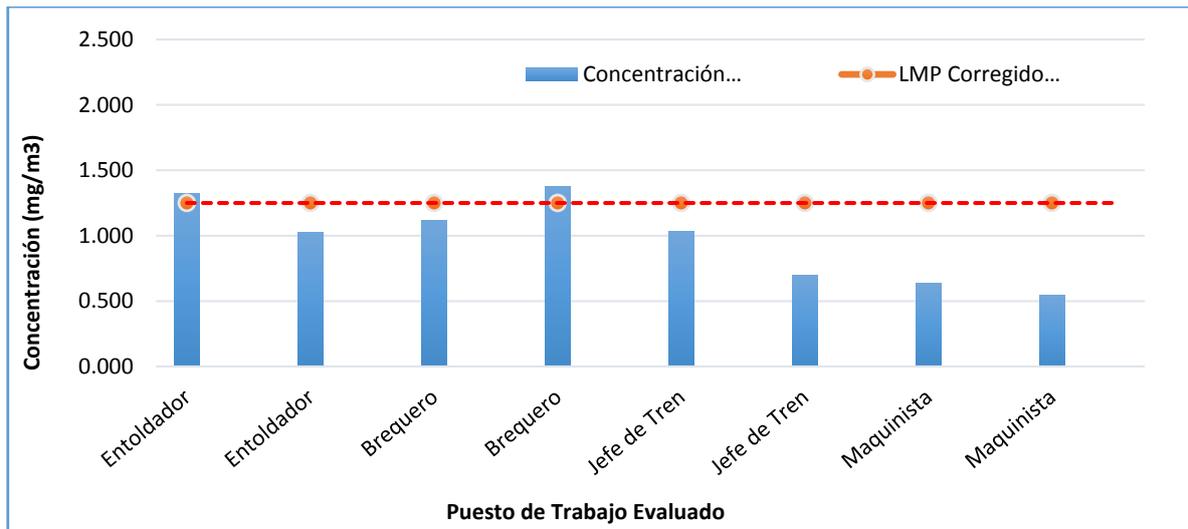


Figura 2. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo  
 Área: Operaciones – BASE CALLAO  
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CHOSICA

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m3) | Concentración Jornada Laboral (mg/m3) | LMP Corregido (mg/m3) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Brequero          | José Luis Velásquez Peña          | 1.572                 | 1.310                                 | 1.449                 | 90%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 2  | Brequero          | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | 1.463                 | 1.219                                 | 1.449                 | 84%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 3  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taipe               | 0.629                 | 0.576                                 | 1.250                 | 46%                      | <b>BAJO</b>     |
| 4  | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | 0.720                 | 0.600                                 | 1.250                 | 48%                      | <b>BAJO</b>     |
| 5  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique      | 0.636                 | 0.477                                 | 1.250                 | 38%                      | <b>BAJO</b>     |
| 6  | Maquinista        | John Rony López Jara              | 0.568                 | 0.426                                 | 1.250                 | 34%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

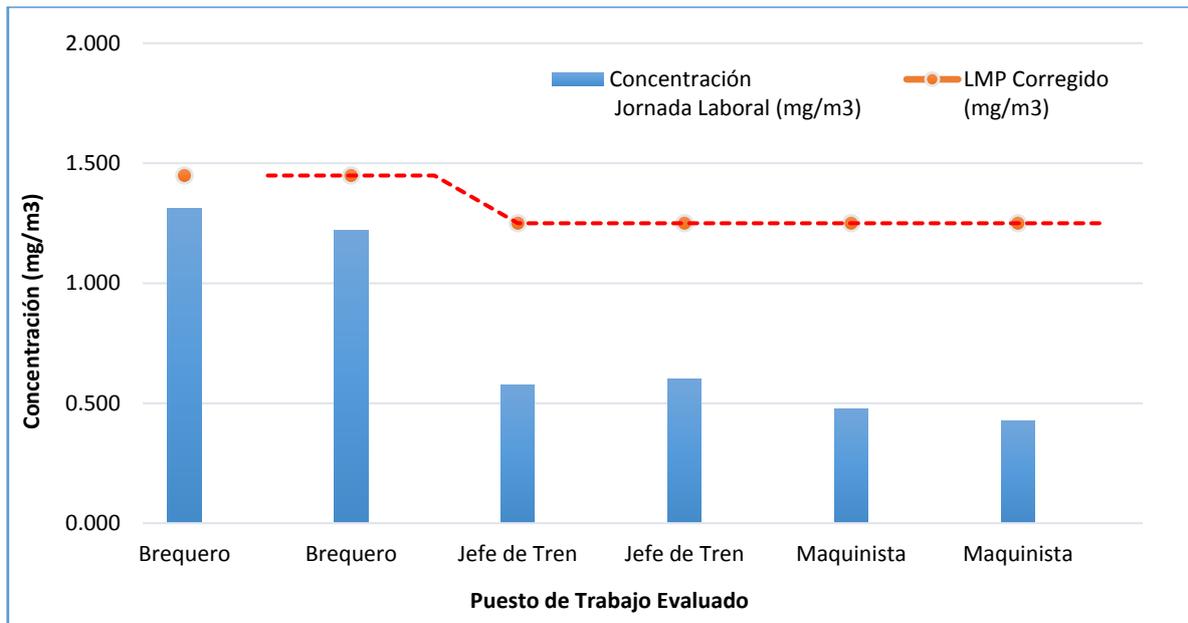


Figura 3. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo  
 Área: Operaciones – BASE CHOSICA  
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE LA OROYA

| Nº | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador                | Concentración (mg/m3) | Concentración Jornada Laboral (mg/m3) | LMP Corregido (mg/m3) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Entoldador        | León Laura Nolasco Rubina           | 1.267                 | 1.162                                 | 1.066                 | 109%                     | <b>ALTO</b>     |
| 2  | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas            | 1.144                 | 0.954                                 | 1.066                 | 89%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 3  | Brequero          | Juan Javier Sánchez Ruiz            | 0.581                 | 0.484                                 | 0.915                 | 53%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 4  | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio      | 1.077                 | 0.897                                 | 0.915                 | 98%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 5  | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza   | 0.742                 | 0.619                                 | 0.789                 | 78%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 6  | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania            | 0.776                 | 0.711                                 | 0.789                 | 90%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 7  | Maquinista        | Isaías Victoriano Palacios Huamán   | 0.383                 | 0.351                                 | 0.789                 | 45%                      | <b>BAJO</b>     |
| 8  | Maquinista        | Arístides Ramón Churampi Hinostroza | 0.455                 | 0.380                                 | 0.789                 | 48%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

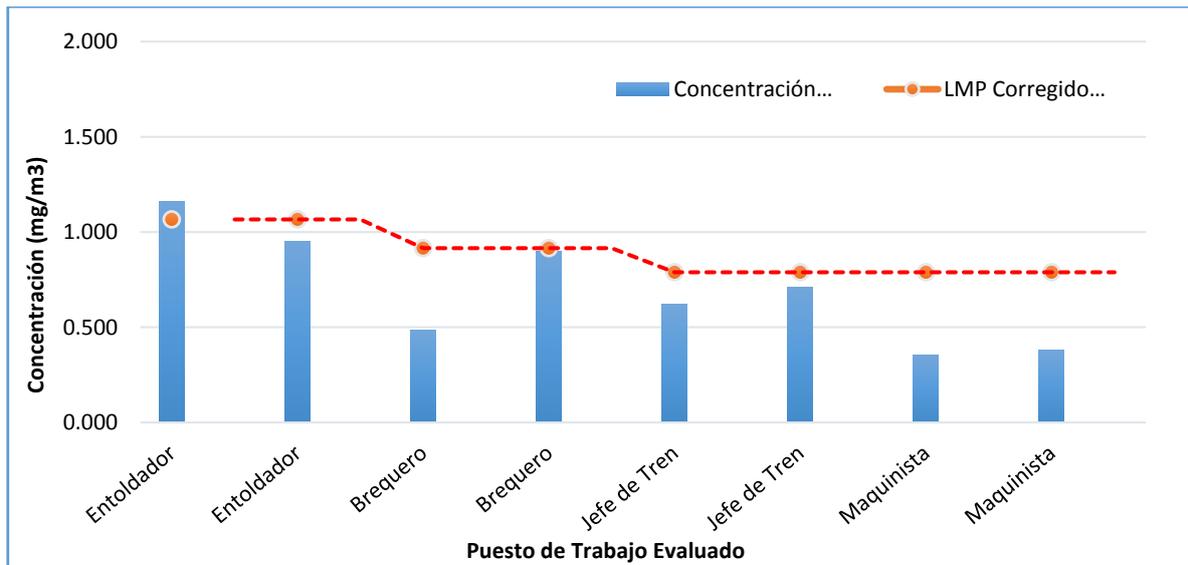


Figura 4. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo  
 Área: Operaciones – BASE LA OROYA  
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo BASE CERRO DE PASCO

| N° | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador        | Concentración (mg/m <sup>3</sup> ) | Concentración Jornada Laboral (mg/m <sup>3</sup> ) | LMP Corregido (mg/m <sup>3</sup> ) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Entoldador        | Alejandro Nieto Ramírez     | 1.075                              | 0.985  | 1.001                              | 98%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 2  | Entoldador        | Antenor Huata Fabián        | 1.289                              | 1.182  | 1.001                              | 118%                     | <b>ALTO</b>     |
| 3  | Brequero          | Elvis Adrián Jacay López    | 0.856                              | 0.714  | 0.860                              | 83%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 4  | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado | 0.346                              | 0.317  | 0.742                              | 43%                      | <b>BAJO</b>     |
| 5  | Maquinista        | Adolfo Marlon Suarez Maccha | 0.327                              | 0.299  | 0.742                              | 40%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

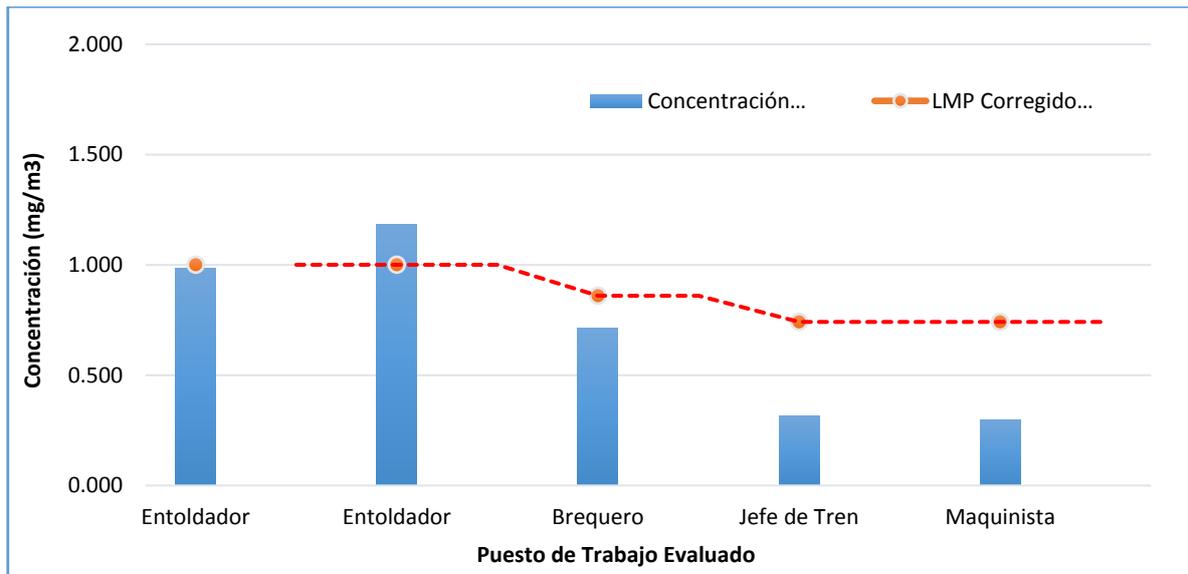


Figura 5. Concentración a Partículas Respirables en Ambientes de Trabajo  
 Área: Operaciones – BASE CERRO DE PASCO  
 Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3 Índice de Exposición por Puesto de Trabajo y Límites Máximos Permisibles

##### Corregido

Para determinar los índices de exposición por puesto de trabajo, se ha obtenido en principio las concentraciones a las que se encuentran expuestos los trabajadores a las partículas respirables, luego se ha aplicado un factor de corrección a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo a las horas de jornada laboral y altitud en la que realizan sus funciones, este último dato ha sido denominado límites máximos permisibles corregidos (LMPc), el cual han sido comparados con la concentración inicial que se ha obtenido, a fin de determinar los índices de exposición y los niveles de riesgo, según se muestra en las Tablas 53, 54, 55 y 56, asimismo cada uno de dicha tabla, está representado por las Figuras 6, 7, 8 y 9 respectivamente, en el cual se muestran la concentración obtenida por puesto de trabajo y el límite máximo permisible corregido (LMPc).

Tabla 53. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: ENTOLDADOR

| Nº | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m3) | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) | LMP Corregido (mg/m3) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Callao   | Entoldador        | Leoncio Feliciano Ventura Giménez | 1.582                 | 1.318                                      | 1.250                 | 105%                     | ALTO            |
| 2  |          | Entoldador        | David Franklin Cuadros Silva      | 1.234                 | 1.028                                      | 1.250                 | 82%                      | MEDIO           |
| 3  | La Oroya | Entoldador        | León Laura Nolasco Rubina         | 1.267                 | 1.162                                      | 1.066                 | 109%                     | ALTO            |
| 4  |          | Entoldador        | Levin Cesar Suarez Tomas          | 1.144                 | 0.954                                      | 1.066                 | 89%                      | MEDIO           |
| 5  | Pasco    | Entoldador        | Alejandro Nieto Ramírez           | 1.075                 | 0.985                                      | 1.001                 | 98%                      | MEDIO           |
| 6  |          | Entoldador        | Antenor Huata Fabián              | 1.289                 | 1.182                                      | 1.001                 | 118%                     | ALTO            |

Fuente: Elaboración Propia

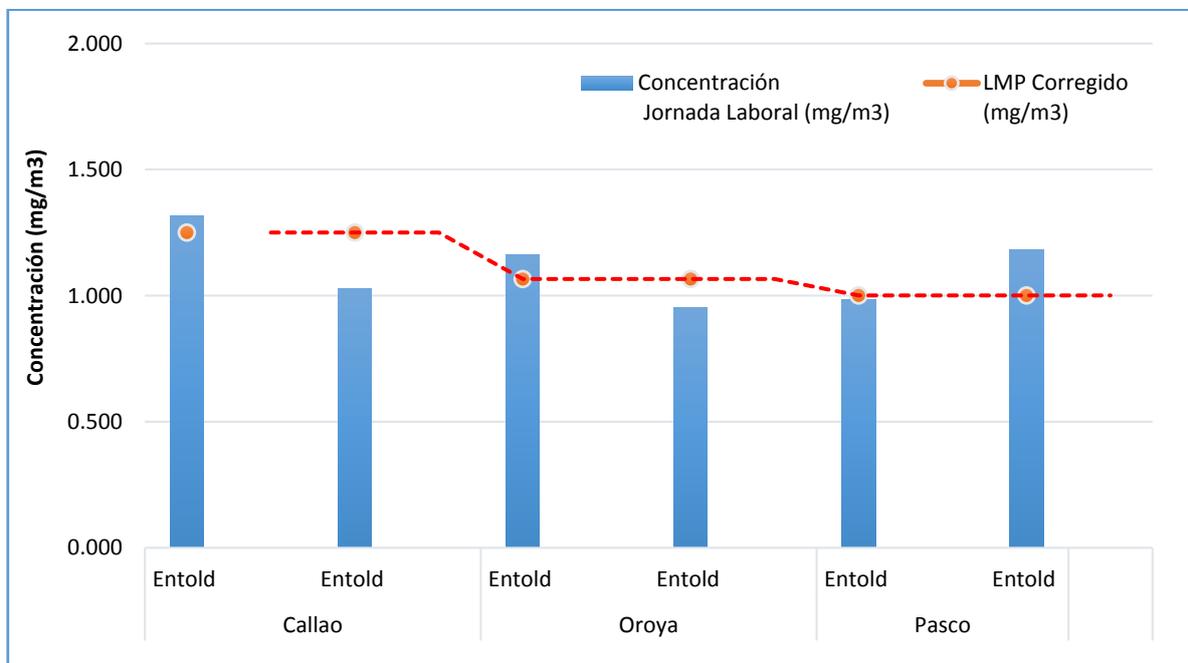


Figura 6. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de ENTOLDADOR  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: BREQUERO

| N° | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m <sup>3</sup> ) | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m <sup>3</sup> ) | LMP Corregido (mg/m <sup>3</sup> ) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Callao   | Brequero          | Luis Fernando Bravo Benavides     | 1.339                              | 1.116   | 1.250                              | 89%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 2  |          | Brequero          | Anthony Caycho Morales            | 1.651                              | 1.375   | 1.250                              | 110%                     | <b>ALTO</b>     |
| 3  | Chosica  | Brequero          | Jose Luis Velásquez Peña          | 1.572                              | 1.310   | 1.449                              | 90%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 4  |          | Brequero          | Rolando Adolfo Cortabrazo Navarro | 1.463                              | 1.219   | 1.449                              | 84%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 5  | La Oroya | Brequero          | Juan Javier Sánchez Ruiz          | 0.581                              | 0.484   | 0.915                              | 53%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 6  |          | Brequero          | Filimon Eliseo Acuña Bonifacio    | 1.077                              | 0.897   | 0.915                              | 98%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 7  | Pasco    | Brequero          | Elvis Adrián Jacay López          | 0.856                              | 0.714   | 0.860                              | 83%                      | <b>MEDIO</b>    |

Fuente: Elaboración Propia

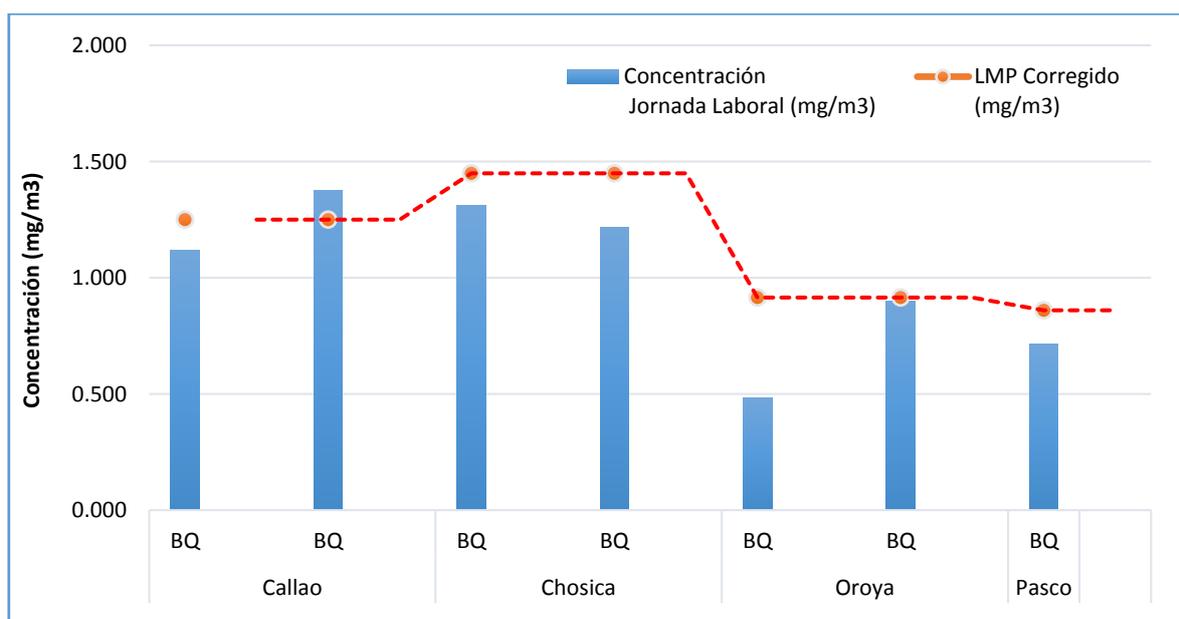


Figura 7. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de BREQUERO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: JEFE DE TREN

| N° | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m3) | Concentración a la Jornada Laboral (mg/m3) | LMP Corregido (mg/m3) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Callao   | Jefe de Tren      | Miguel Jesús Palomino Ramos       | 1.373                 | 1.029                                      | 1.250                 | 82%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 2  |          | Jefe de Tren      | Juan Enrique Quispe Corcino       | 0.932                 | 0.699                                      | 1.250                 | 56%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 3  | Chosica  | Jefe de Tren      | Emiliano Goya Taipe               | 0.629                 | 0.576                                      | 1.250                 | 46%                      | <b>BAJO</b>     |
| 4  |          | Jefe de Tren      | Javier Carlos Lavado Paitan       | 0.720                 | 0.600                                      | 1.250                 | 48%                      | <b>BAJO</b>     |
| 5  | La Oroya | Jefe de Tren      | Jhonatan Daniel Espinoza Espinoza | 0.742                 | 0.619                                      | 0.789                 | 78%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 6  |          | Jefe de Tren      | Keler Luis Torres Alania          | 0.776                 | 0.711                                      | 0.789                 | 90%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 7  | Pasco    | Jefe de Tren      | Joel David Martínez Hurtado       | 0.346                 | 0.317                                      | 0.742                 | 43%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

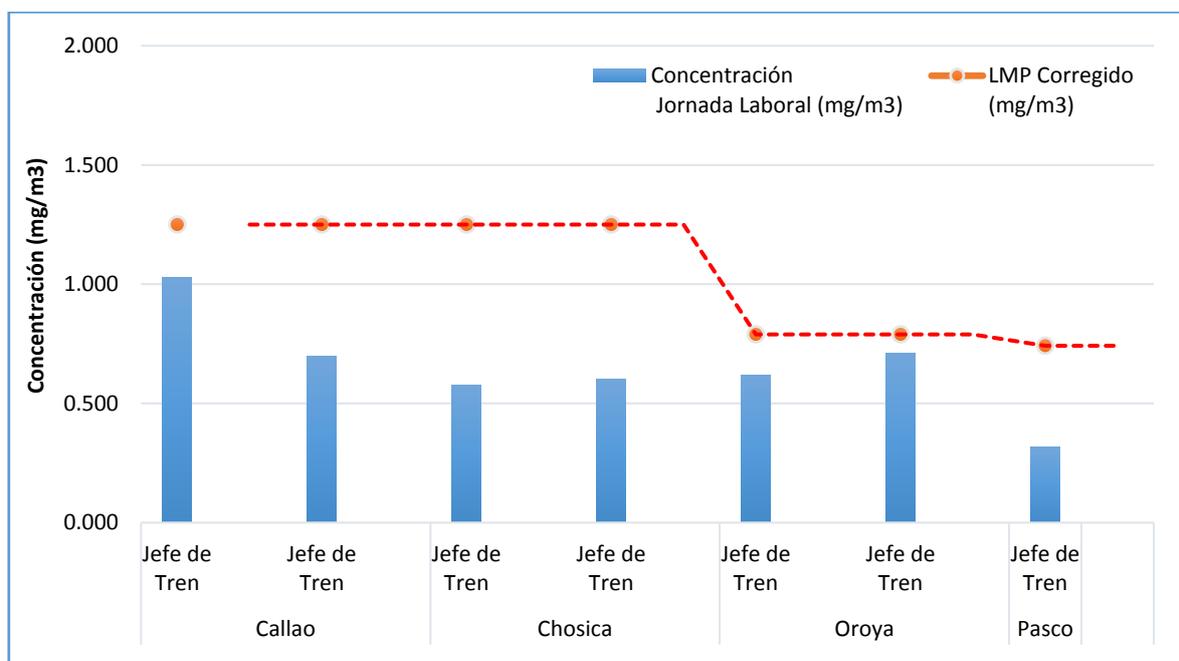


Figura 8. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de JEFE DE TREN  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56. Índices de Exposición y Nivel del Riesgo - Puesto de Trabajo: MAQUINISTA

| Nº | Base     | Puesto de Trabajo | Nombre de Trabajador              | Concentración (mg/m3) | Concentración Jornada Laboral (mg/m3) | LMP Corregido (mg/m3) | Índice de Exposición (%) | Nivel de Riesgo |
|----|----------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | Callao   | Maquinista        | Manuel Enrique La Mota Yasila     | 0.761                 | 0.634                                 | 1.250                 | 51%                      | <b>MEDIO</b>    |
| 2  |          | Maquinista        | Víctor Manuel Navarro Flores      | 0.723                 | 0.542                                 | 1.250                 | 43%                      | <b>BAJO</b>     |
| 3  | Chosica  | Maquinista        | Armando Simón Lazo Echenique      | 0.636                 | 0.477                                 | 1.250                 | 38%                      | <b>BAJO</b>     |
| 4  |          | Maquinista        | John Rony López Jara              | 0.568                 | 0.426                                 | 1.250                 | 34%                      | <b>BAJO</b>     |
| 5  | La Oroya | Maquinista        | Isaías Victoriano Palacios Huamán | 0.383                 | 0.351                                 | 0.789                 | 45%                      | <b>BAJO</b>     |
| 6  |          | Maquinista        | Arístides Churampi Hinostroza     | 0.455                 | 0.380                                 | 0.789                 | 48%                      | <b>BAJO</b>     |
| 7  | Pasco    | Maquinista        | Adolfo Marlon Suarez Maccha       | 0.327                 | 0.299                                 | 0.742                 | 40%                      | <b>BAJO</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

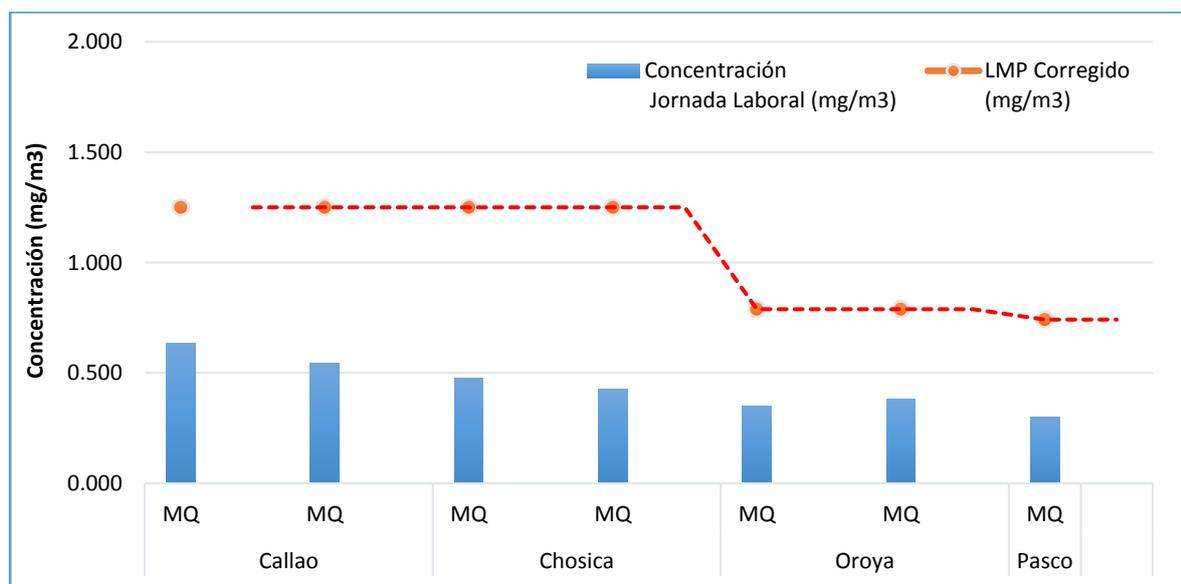


Figura 9. Concentración a Partículas Respirables en Puesto de Trabajo de MAQUINISTA  
Fuente: Elaboración Propia

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar la discusión de los resultados obtenidos en la presente investigación, se toma como referencia dos tesis, la primera desarrollada en el 2011, por Flores E. en la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo tema fue “EVALUACIÓN POR EXPOSICIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CEMENTO LIMA S.A.”, la segunda tesis fue desarrollada en el 2017, por Escobar M. en la Universidad Continental, en donde el tema de investigación “NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE POLVOS RESPIRABLES Y SU RELACIÓN CON LA SALUD OCUPACIONAL DE LOS TRABAJADORES DE LA COMPAÑÍAS MINERAS TAYLOR’S Y SIERRA CENTRAL EN LAS CUENCAS DEL RIO HUARI Y RIO MANTARO-YAULI”, para el desarrollo de la tesis se ha buscado obtener los resultados a través de un programa de monitoreo ocupacional, bajo la metodología de la NIOSH 0600: Partícula de Fracción Respirables, que indica realizar un análisis bajo la técnica de determinación gravimétrica con sensibilidad a 1/100000 mg.

Asimismo, para referenciar las exposiciones de las partículas respirables, ambos estudios toman los valores establecidos en la normativa D.S. 015-2005-SA “Valores Límites Permisibles para agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo”, sin embargo, su estudio por estar dentro del sector de energía y minas consideraron el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera D.S. 046-01-EM, en donde el límite máximo permisible en ambas normativas es de 3 mg/m<sup>3</sup> para partículas de fracción respirables, no obstante en la presente tesis se utilizó un factor de corrección del valor límite en función de la zona geográfica y altitud, en donde se ajusta más a la realidad y por ende el estándar es mayor.

Flores E. (2011), encontró dentro de sus resultados una exposición ocupacional de algunos puestos de trabajo, tales como el operario de limpieza (3.030 mg/m<sup>3</sup>) en la división de envase, el puesto de operador de cargador frontal (8.580 mg/m<sup>3</sup>) y operario de limpieza (9.700 mg/m<sup>3</sup>),

ambos del área de corvina, el puesto de estibador de carbón ( $3.220 \text{ mg/m}^3$ ) en el área de carbón, en todos estos puestos evaluados, las concentraciones superaron el límite máximo permisible de  $3 \text{ mg/m}^3$ , por ende sus niveles de riesgo en todos los puestos evaluados es ALTO.

Asimismo, Escobar, M. (2017) realizó una evaluación en los trabajadores de dos compañías mineras, en la Cía. Minera Sierra Central los resultados en los trabajadores del área de extracción y transporte estuvieron por encima de los límites máximos permisibles ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), presentando niveles de riesgos, ALTOS, es decir  $3.135 \text{ mg/m}^3$  y  $3.377 \text{ mg/m}^3$  respectivamente y en la Cía. Minera Taylor's los resultados en la evaluación fueron menor de límite máximo permisible.

En los resultados de la presente tesis, se obtuvieron también niveles de riesgo ALTOS, es decir los límites de exposición por encima de los límites máximos permisibles corregidos (LMPC), en Base Callao en los puestos de Entoldador ( $1.318 \text{ mg/m}^3$ ) y Brequero ( $1.375 \text{ mg/m}^3$ ) y Base La Oroya y Cerro de Pasco en el puesto de Entoldador, con índices de exposición de  $1.162 \text{ mg/m}^3$  y  $1.182 \text{ mg/m}^3$  respectivamente.

Las investigaciones discutidas están desarrolladas en tres empresas que tienen actividades diferentes, pero sin embargo sus trabajadores están expuesto niveles de riesgos ALTOS, es decir que superan los límites máximos permisibles establecidos, de una misma fuente, partículas respirables, considerado dentro la higiene industrial como un agente químico, por ende, las investigaciones discutidas proponen adoptar medidas que protejan la exposición directa de dichas partículas hacia los trabajadores.

## VI. CONCLUSIONES

Para realizar la comparación de los valores o límites máximos permisibles de partículas respirables de acuerdo al D.S. 015-2005-SA y el D.S. 024-2016-EM ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), se debe realizar la corrección de la norma mencionada en función a las horas trabajadas semanales, la altitud y la presión barométrica de la zona a evaluar, con ello aumenta el estándar de los límites máximos permisibles por ambiente y puesto de trabajo, siendo los LMPc  $1.250 \text{ mg/m}^3$  en la Base Callao para todos los puestos de trabajo operativos evaluados, para el caso de Base Chosica, el puesto de Brequero presenta un LMPc de  $1.449 \text{ mg/m}^3$ , para los otros puestos presenta un valor de  $1.250 \text{ mg/m}^3$ , en Base La Oroya los estándares varían de  $1.066 \text{ mg/m}^3$  hasta  $0.789 \text{ mg/m}^3$ , según el puesto de trabajo, asimismo en Cerro de Pasco debido a las condiciones climáticas y geográficas el LMPc varía desde  $1.001 \text{ mg/m}^3$  hasta  $0.742 \text{ mg/m}^3$ , siendo estos valores el umbral para determinar los índices de exposición.

Asimismo, de la aplicación del factor de corrección por Ambiente de Trabajo, se determinó que, en Callao, La Oroya y Cerro de Pasco existen 2, 1 y 1 casos respectivamente donde los índices de exposiciones ocupacionales está por encima de los límites máximos permisibles corregidos (LMPc) de  $1.250 \text{ mg/m}^3$  en Base Callao, de  $1.066 \text{ mg/m}^3$  en Base La Oroya y  $1.001 \text{ mg/m}^3$  en Base Cerro de Pasco, teniendo un nivel de Riesgo Alto (mayor al 100% del índice). Asimismo, en Base Callao de las 8 evaluaciones se obtuvieron 5 con un nivel de Riesgo Medio, es decir un índice de Exposición entre 50 y 100% del LMPc, siendo este la Base con mayor exposición de partículas respirables, debido a la actividad que se realiza de maniobras ferroviarias, trabajos de entoldados y desentoldados de vagones con concentrado, así como la ubicación de la Estación en medio de 2 instalaciones que se dedican al almacenamiento de concentrados de mineral, generando una polución de material particulado, por último los antecedentes de Callao, que tienen indicios de contaminación del aire.

Por último, el factor de corrección aplicada por puesto de trabajo en el área operativa de todas las Bases en Entoldador, Brequero, Jefe de Tren y Maquinista, se concluye que el puesto de Entoldador es el que presenta mayor índice de exposición, ya que de los 6 entoldadores evaluados de las diferentes bases, 3 de ellos presentan concentraciones mayores al LMPc (concentraciones  $1.318 \text{ mg/m}^3$ ,  $1.162 \text{ mg/m}^3$ ,  $1.182 \text{ mg/m}^3$ ), es decir un nivel de Riesgo Alto, los otros 3 presentan un índice de exposición entre 50 y 100% del LMPc, es decir tienen un nivel de Riesgo Medio. Asimismo, el puesto de Brequero, si bien solo una evaluación sobrepasa en concentración los LMPc, la mayor parte de la evaluación, presenta un nivel de Riesgo Medio, es decir próximo a superar los índices de exposición, por ende, los LMPc, por lo que requiere de una atención inmediata. Por último, los puestos de trabajo de Jefe de Tren y Maquinista, debido a la actividad que desempeñan presentan índices de exposición muy por debajo del LMPc.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Reforzar los programas de sensibilización en Base Callao con relación a la exposición ocupacional de agentes químicos, producto de las actividades diarias que se realizan y a las que se encuentran en el medio, a fin de mejorar los conceptos de higiene y seguridad y evitar una sobreexposición innecesaria a las partículas y/o fracciones respirables.

Realizar campañas de uso de equipos de protección personal, específicamente los respiradores de media cara con filtro, entre el personal que se desempeña en el puesto de trabajo del área operativa, donde se promueva el uso adecuado, así como también se realice los cambios periódicos por desgaste del respirador y/o filtros y se sensibilice la importancia de su uso en correctas condiciones, es decir libres de partículas y/o polvos que podrían generar una mayor exposición ocupacional.

Implementar un programa de monitoreo ocupacional interno de partículas y/o fracciones respirables con una periodicidad anual, al margen del monitoreo externo dictaminado de acuerdo a ley, dirigido al personal del área operativa de todas las Bases, dentro de ello considerar que la toma de muestra abarque el total de horas trabajadas por puesto de trabajo, a fin de conocer los índices de exposición, a su vez plantear y/o mejorar las medidas de control necesarias estableciendo con ello una mejora continua.

Considerar como muestra a un grupo de trabajadores por puesto de trabajo del área operativa y por Base con la finalidad de realizar exámenes médicos ocupacionales periódicos a fin de determinar la presencia o generación de enfermedades ocupacionales respiratorias producto de la exposición de partículas y/o fracciones respirables.

Por último, se recomienda tomar como base la presente tesis para el desarrollo de una futura investigación en donde se especifique el tipo de partícula y/o fracción respirable a los que los

trabajadores del área operativa de la empresa Ferrocarril Central Andino se encuentran expuestos.

## VIII. REFERENCIAS

- BILBAO, A. (2009). Evaluación de la Exposición a los agentes Químicos Sobre el Sistema Respiratorio del Personal de la Empresa Nalco S.C.A. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional Experimental de Guayana. Puerto Ordaz, Venezuela.
- Belapatiño V., Grippa F. & Perea H. (2017). Perú: Informalidad laboral y algunas propuestas para reducirla [Internet]. Observatorio Económico del Perú. Lima: BBVA Research. [citado el 12 de diciembre de 2017]. Recuperado de <https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2017/01/Observatorio-informalidadlaboral1.pdf>
- CABELLO, I. (2010). Propuesta de Matriz para la evaluación de riesgos a la salud ocupacional debido a agentes químicos. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- CORTEZ, J. (2007). Seguridad e Higiene en el Trabajo, Técnicas de prevención de riesgos laborales. (9na Ed.) Madrid, España: Ed. Tébar S.L.
- DECRETO SUPREMO 015-2005-MINSA, Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Diario Oficial El Peruano de Perú, Lima, Perú. 06 de Julio del 2005.
- DECRETO SUPREMO 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Diario Oficial El Peruano de Perú, Lima, Perú. 26 de julio del 2016.
- DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR. Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Diario Oficial El Peruano de Perú, Lima, Perú. 25 de abril del 2012.
- El Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima – Callao. 2010. 2do Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima-Callao, PISA 2011-2015”, 76 pág.
- ESCOBAR, M. (2017). Nivel de concentración de polvos respirables y su relación con la salud ocupacional de los trabajadores de las compañías mineras Taylor’s y Sierra Central en las cuencas del río Huari y río Mantaro-Yauli 2017. (Tesis de Pregrado). Universidad Continental. Junín, Perú.
- FLORES, E. (2011). Evaluación por Exposición de Partículas Respirables de la Planta de Procesamiento de Cementos Lima S.A. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- FLORES G. & ZELA J. (2011). Análisis de Riesgos a la Salud Expuesta a Emisiones de Material Particulado (PM10) por el Uso Intra-domiciliario de Combustible Sólido. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- FUNDACIÓN MAPFRE (1996). Manual de Higiene industrial. Mapfre Editores. Madrid – España.
- GASTAÑAGA MC. (2012). Salud Ocupacional: historia y retos del futuro. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública.

- GARRIDO, A. (2012). Revista de Partículas Respirables en el aire: Generalidades y Monitoreo en Latinoamericanos. Vol. 8. Universidad de la Costa. Colombia.
- GONZALEZ, M. & ABRIL, J. (2009). Condiciones de salud y trabajo en la mina de carbón El Saman, Municipio de Sardinata. (Tesis de Maestría). Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- HENAO, F. (2015). Riesgos Químicos. (2da Ed.) Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- HERNÁNDEZ S, R. (2014). Metodología de la Investigación. México DF, México: Ed. McGraw-Hill
- HERNANDEZ A., MALFAVON N. & FERNANDEZ G. (2005). Seguridad e Higiene Industrial. México D.F. México: Limusa Noriega Editores.
- MARTI, A. y CUÑA, A. (1980). Experiencias para establecer un control de calidad en los análisis gravimétricos en higiene industrial. Barcelona, España: Ed. INSHT. ITB/3008
- MINISTERIO DE SALUD (MINSA). 2008. Guía Práctica Clínica para Evaluación Médica a Trabajadores de Actividades con Exposición a Polvo Mineral Respirable. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCIÓN DE EMPLEO - MINTRA (2016). Boletín Estadístico Mensual de Notificaciones de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Ocupacionales. Oficina de Estadística. Lima – Perú. Pág. 01-30.
- MONSERRAT, M. (2014). Estudio de las enfermedades ocupacionales a causa de la contaminación presente en el canal de navegación de Puerto Cabello en los trabajadores portuarios que realizan transporte desde el muelle la Planchita hasta la Base Naval. (Tesis de Pregrado). Universidad José Antonio Páez. San Diego, Venezuela.
- MUÑOZ A., QUIROZ C. & PAZ J. (2006). Efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la Salud en Adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. (Tesis de Maestría). Medellín, Colombia.
- NETSE. (S/A). Determinación de las concentraciones de exposición laboral a sílice libre cristalina y polvo no clasificado fracción respirable en los diferentes puestos de trabajo en la construcción de edificios en altura. (Proyecto de Investigación). Santiago, Chile.
- NIOSH 0600 – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO – OIT (2010). Lista de Enfermedades Profesionales de la OIT. Conferencia Internacional de Trabajo. Ginebra – Suiza. Pág. 01-08.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO – OIT (2017). Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2010). Entornos Laborales Saludables: Fundamentos y Modelos de la OMS. Contextualización, Prácticas y Literaturas de

Apoyo. Recuperado de  
[http://www.who.int/occupational\\_health/evelyn\\_hwp\\_spanish.pdf](http://www.who.int/occupational_health/evelyn_hwp_spanish.pdf)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2017) Plan de Acción sobre la Salud de los trabajadores 2015-2025 [Internet]. Washington, DC: OPS; [citado el 12 de diciembre de 2017]. Recuperado de  
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/33983/CD5410Rev.%201-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Comité Mixto OIT/OMS de Expertos en Salud Ocupacional. Documento WHO/OCC. Health/2. Informe de la primera sesión, 28 de agosto-2 de septiembre, Ginebra, 1950.

RESOLUCION MINISTERIAL 168-2015-MINSA, Lineamientos para la Vigilancia, Prevención y Control de las Infecciones Asociadas a la Atención de Salud. Diario Oficial El Peruano de Perú, Lima, Perú. 18 de marzo del 2015.

RODELLAR, A. (1988). Seguridad e Higiene en el Trabajo. Barcelona, España. Ed. Marcombo S.A.

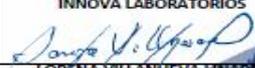
RODRIGUEZ E. (2005). 1er Ed. Metodología de la investigación. México: Ed. Colección.

SÁNCHEZ, H. y REYES C. (2006). Metodología y diseños en investigación científica. Lima, Perú: Ed. Visión Universitaria.

SEGURO SOCIAL DE ES SALUD (2016). Enfermedades ocupacionales e Higiene Ocupacional. Boletín Es Salud. Lima – Perú. Pág. 01-05.

## IX. ANEXOS

### Anexo N° 1. Certificado de Calibración del Equipo Giliam Air Plus

|   | <p><b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b><br/> <b>CALIBRATION CERTIFICATE</b><br/> <b>CC-IN-1019-17</b></p> |    |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
|--|--|---|--|--|--|------------------------|---------|------|-----------|--------------------|---------|------|-----------|
| <p><b>1.- SOLICITANTE :</b> C &amp; D HIGIENISTAS OCUPACIONALES E.I.R.L.<br/> <i>Applicant</i><br/> <b>Dirección :</b> CAL ANTONIO GARLANO NRO. 683 URB. INGENIERIA LIMA -<br/> <i>Address</i><br/> <b>LIMA - SAN MARTIN DE PORRES</b></p>   |  | <p><b>Fecha de emisión:</b> 21/11/2017<br/> <i>Issue date</i></p>   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :</b> BOMBA DE MUESTREO PERSONAL<br/> <i>Measuring instrument</i><br/> <b>Marca :</b> GILIAN <i>Serie :</i> 20151120168<br/> <b>Brand :</b> <i>Serial</i><br/> <b>Modelo :</b> GIL AIR PLUS <i>Procedencia :</i> USA<br/> <i>Model</i> <i>Made in</i></p>  |  | <p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>INNOVA LABORATORIO, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p><i>The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.</i></p> <p><i>Users are advised to recalibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.</i></p> <p><i>INNOVA LABORATORIO, is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.</i></p> <p><i>This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).</i></p> |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN</b> Calibrado el día 2017-11-01 en el Laboratorio de Metrología de INNOVA LABORATORIO<br/> <i>Date and place of calibration</i> <i>Calibrated on 2017-11-01 at the Laboratory of Metrology INNOVA LABORATORIO</i></p>   |  |   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN</b><br/> <i>Calibration method</i><br/>         Método de comparación directa según el ME-009 "Procedimiento de Calibración para Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología<br/> <i>Direct comparison method according to ME-009 "Calibration Procedure for Air Flowmeters" Spanish Centre of Metrology</i></p>   |  |   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>5.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD</b><br/> <i>Instruments / Measuring equipment and traceability</i><br/>         Se utilizó un caudalímetro de aire con Certificado de Calibración N° 164154<br/> <i>Was used a Air Flowmeters with Calibration Certificate No. 164154</i></p>   |  |   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>6.- RESULTADOS</b><br/> <i>Results</i><br/>         Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento<br/> <i>The results are shown on page 02 of this document</i><br/>         La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%<br/> <i>The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of 95%</i></p>  |  |   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN</b><br/> <i>Calibrations conditions</i></p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>Temperatura Ambiente<br/><i>Environment temperature</i></th> <th>Humedad Relativa<br/><i>Relative humidity</i></th> <th>Presión Atmosférica<br/><i>Atmospheric pressure</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INICIAL <i>Initial</i></td> <td>21,2 °C</td> <td>58 %</td> <td>1010 mbar</td> </tr> <tr> <td>FINAL <i>Final</i></td> <td>21,1 °C</td> <td>59 %</td> <td>1009 mbar</td> </tr> </tbody> </table>   |  |   | Temperatura Ambiente<br><i>Environment temperature</i> | Humedad Relativa<br><i>Relative humidity</i> | Presión Atmosférica<br><i>Atmospheric pressure</i> | INICIAL <i>Initial</i> | 21,2 °C | 58 % | 1010 mbar | FINAL <i>Final</i> | 21,1 °C | 59 % | 1009 mbar |
|  | Temperatura Ambiente<br><i>Environment temperature</i>   | Humedad Relativa<br><i>Relative humidity</i>  | Presión Atmosférica<br><i>Atmospheric pressure</i>     |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| INICIAL <i>Initial</i>   | 21,2 °C  | 58 %  | 1010 mbar  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| FINAL <i>Final</i>   | 21,1 °C  | 59 %  | 1009 mbar  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p><b>8.- OBSERVACIONES</b><br/> <i>Observations</i><br/>         Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.<br/> <i>The results are the average of 10 measurements.</i><br/>         Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.<br/> <i>Place a label indicating calibration date and certificate number.</i><br/>         La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.<br/> <i>The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.</i></p> |  |   |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |
| <p>Sede Perú: Av. Prolong. Canevaro Mz 02, Lt 4 - Urb. Trebol Azul, S.J.M.<br/>         Web site: <a href="http://www.innovalaboratorio.com">www.innovalaboratorio.com</a><br/>         e-mail: <a href="mailto:gerencia@innovalaboratorio.org">gerencia@innovalaboratorio.org</a><br/>         Telef.: +(51) 758-4040 / RPM: 949 850 783</p>  |  | <p><br/> <b>JOSE BELLON ARIOLA</b><br/>         JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGICO<br/>         INNOVA LABORATORIOS</p> <p><br/> <b>LORENA VILLANUEVA LINARES</b><br/>         GERENTE GENERAL<br/>         INNOVA LABORATORIOS<br/>         Sede Colombia: Cra 84 # 13b - 60 01 802 Cali<br/>         Web site: <a href="http://www.gelife.co">www.gelife.co</a><br/>         e-mail: <a href="mailto:villanueva@gelife.co">villanueva@gelife.co</a><br/>         Telef.: +(571) 744-0884</p>  |  |  |  |                        |         |      |           |                    |         |      |           |



CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CALIBRATION CERTIFICATE  
CC-IN-1019-17



Fecha de emisión  
Issue date

21/11/2017

9.- RESULTADOS

Results

9.1 resultados de la calibración

9.1 resultados de la calibración

| Valor nominal | Valor encontrado | Desviación | Incertidumbre |
|---------------|------------------|------------|---------------|
| Nominal Value | Value found      | deviation  | uncertainty   |
| (L/min)       | (L/min)          | (L/min)    | (L/min)       |
| 1,0000        | 1,0034           | 0,0034     | 0,006         |
| 2,5000        | 2,5933           | 0,0933     | 0,006         |
| 3,0000        | 3,0477           | 0,0477     | 0,009         |
| 4,0000        | 4,0023           | 0,0023     | 0,009         |



(FIN DEL DOCUMENTO)  
(Document end)

Sede Perú: Av. Prolong. Canevaro Mz 02, Lt 4 - Urb. Trebol Azul, S.J.M.  
Web site: [www.innovalaboratorio.com](http://www.innovalaboratorio.com)  
e-mail: [gerencia@innovalaboratorio.org](mailto:gerencia@innovalaboratorio.org)  
Telef.: +(51) 758-4040 / RPM: 949 850 783

Sede Colombia: Cra 84 # 13b - 80 01 302 Cali  
Web site: [www.gelife.co](http://www.gelife.co)  
e-mail: [lvillanueva@gelife.co](mailto:lvillanueva@gelife.co)  
Telef: +(571) 744-0684

Fig. 2 de 2

## Anexo N° 2. Certificado de Laboratorio

### Muestras de Base Callao



December 26, 2017

Leonardo Cipriano Rojas  
C&D HIGIENISTAS  
Av. Separadora Industrial 2616 DPTO 501  
Urbanizacion Santa Raquel - La Molina  
Lima, Peru

Maxxam Analytics Work Order 17121144

Reference: FCCA - CALLAO

Dear Leonardo Cipriano Rojas:

Maxxam Analytics received 8 samples on December 18, 2017 for the analyses presented in the following report.

Enclosed is a copy of the Chain-of-Custody record, acknowledging receipt of these samples. Please note that any unused portion of the samples will be discarded 30 days after the date of this report, unless you have requested otherwise.

This material is confidential and is intended solely for the person to whom it is addressed. If this is received in error, please contact the number provided below.

We appreciate the opportunity to assist you. If you have any questions concerning this report, please contact a Client Services Representative at (800) 806-5887.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Kerri Drew".

Kerri Drew

Client Service Representative

Electronic signature authorized through password protection

Maxxam Analytics  
22345 Roethel Drive  
Novi, MI 48375

Toll Free: 800.806.5887  
Lab Main: 248.344.2652  
Fax: 248.344.2655  
[www.maxxamlabs.com](http://www.maxxamlabs.com)

## Muestras de Base Chosica



December 26, 2017

Leonardo Cipriano Rojas  
C&D HIGIENISTAS  
Av. Separadora Industrial 2616 DPTO 501  
Urbanizacion Santa Raquel - La Molina  
Lima, Peru

Maxxam Analytics Work Order 17121147

Reference: FCCA CHOSICA

Dear Leonardo Cipriano Rojas:

Maxxam Analytics received 6 samples on December 18, 2017 for the analyses presented in the following report.

Enclosed is a copy of the Chain-of-Custody record, acknowledging receipt of these samples. Please note that any unused portion of the samples will be discarded 30 days after the date of this report, unless you have requested otherwise.

This material is confidential and is intended solely for the person to whom it is addressed. If this is received in error, please contact the number provided below.

We appreciate the opportunity to assist you. If you have any questions concerning this report, please contact a Client Services Representative at (800) 806-5887.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Kerri Drew".

Kerri Drew

Client Service Representative

Electronic signature authorized through password protection

Maxxam Analytics  
22345 Roethel Drive  
Novi, MI 48375

Toll Free: 800.806.5887  
Lab Main: 248.344.2652  
Fax: 248.344.2655  
[www.maxxamlabs.com](http://www.maxxamlabs.com)

## Muestras de Base La Oroya



January 09, 2018

Leonardo Cipriano Rojas  
C&D HIGIENISTAS  
Av. Separadora Industrial 2616 DPTO 501  
Urbanizacion Santa Raquel - La Molina  
Lima, Peru

Maxxam Analytics Work Order 18010146

Reference: FCCA-LA OROYA

Dear Leonardo Cipriano Rojas:

Maxxam Analytics received 8 samples on January 05, 2018 for the analyses presented in the following report.

Enclosed is a copy of the Chain-of-Custody record, acknowledging receipt of these samples. Please note that any unused portion of the samples will be discarded 30 days after the date of this report, unless you have requested otherwise.

This material is confidential and is intended solely for the person to whom it is addressed. If this is received in error, please contact the number provided below.

We appreciate the opportunity to assist you. If you have any questions concerning this report, please contact a Client Services Representative at (800) 806-5887.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Kerri Drew".

Kerri Drew

Client Service Representative

Electronic signature authorized through password protection

**Maxxam Analytics**  
22345 Roethel Drive  
Novi, MI 48375

Toll Free: 800.806.5887  
Lab Main: 248.344.2652  
Fax: 248.344.2655  
[www.maxxamlabs.com](http://www.maxxamlabs.com)

## Muestras de Base Cerro de Pasco



January 09, 2018

Leonardo Cipriano Rojas  
C&D HIGIENISTAS  
Av. Separadora Industrial 2616 DPTO 501  
Urbanizacion Santa Raquel - La Molina  
Lima, Peru

Maxxam Analytics Work Order 18010152

Reference: FCCA-CERRO DE PASCO

Dear Leonardo Cipriano Rojas:

Maxxam Analytics received 5 samples on January 05, 2018 for the analyses presented in the following report.

Enclosed is a copy of the Chain-of-Custody record, acknowledging receipt of these samples. Please note that any unused portion of the samples will be discarded 30 days after the date of this report, unless you have requested otherwise.

This material is confidential and is intended solely for the person to whom it is addressed. If this is received in error, please contact the number provided below.

We appreciate the opportunity to assist you. If you have any questions concerning this report, please contact a Client Services Representative at (800) 806-5887.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Kerri Drew".

Kerri Drew

Client Service Representative

Electronic signature authorized through password protection

**Maxxam Analytics**  
22345 Roethel Drive  
Novi, MI 48375

Toll Free: 800.806.5887  
Lab Main: 248.344.2652  
Fax: 248.344.2655  
[www.maxxamlabs.com](http://www.maxxamlabs.com)