

# | POSGRADOS |

---

## Maestría en **Seguridad, Salud e Higiene Industrial**

RPC-SO-16-NO.268-2023

### Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

### Tema:

Diseño de un plan de seguridad industrial para la planta de asfalto transportable en base de la evaluación de riesgos laborales críticos en la jornada diurna

### Autor(es):

Johanna Beatriz Paredes Obando

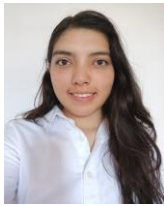
### Director:

Ruth Patricia Guamán León

QUITO – Ecuador  
2026



***Autor(es):***



**Johanna Beatriz Paredes Obando**

Ingeniera Ambiental

Candidata a Magíster en Seguridad, Salud e Higiene Industrial por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

jparedeso@est.ups.edu.ec

***Dirigido por:***



**Ruth Patricia Guamán León**

Ingeniera Química

Magister en Sistemas Integrados de la Calidad, Ambiente y Seguridad

Magister en Seguridad e Higiene industrial

rguaman@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

***Johanna Beatriz Paredes Obando***

***DISEÑO DE UN PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA PLANTA DE ASFALTO TRANSPORTABLE EN BASE A LA EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES CRÍTICOS EN LA JORNADA DIURNA***

## ***DEDICATORIA***

“Como dijo Dios, esfuérzate y sé valiente, no temas ni desmayes, porque siempre estaré contigo por dondequiera que vayas”. Dedico este trabajo de posgrado a Él por ser mi fortaleza en cada etapa del camino y llenarme de bendiciones en todo momento.

A mí, por mi constancia, esfuerzo, capacidad y determinación que me permitieron llegar hasta este instante.

A mis padres y hermanos, Lincon Paredes, Carmen Obando, Francisco Paredes y Moisés Paredes, por ser pilares de responsabilidad, dedicación y esfuerzo en cada paso de mi vida.

Finalmente, dedico este trabajo a la Seguridad, salud e higiene industrial, con la esperanza de generar un aporte a la conciencia, prevención y compromiso con la protección y bienestar de los trabajadores.

Todo este esfuerzo es para ustedes.

---

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradezco profundamente a Dios por acompañarme con fortaleza durante este camino académico, y por otorgarme personas maravillosas que me guían diariamente en mi existir.

A mis padres y hermanos por su cariño, guía y apoyo incondicional. Gracias por impulsarme a siempre dar lo mejor de mí.

A mi tutora, la ingeniera Ruth Guamán, por su paciencia, dedicación y aporte profesional para poder culminar con éxito el presente documento; y a mis profesores del posgrado en Seguridad, Salud e Higiene Industrial de la Segunda Cohorte de la Universidad Politécnica Salesiana, por su compromiso al compartir sus conocimientos. Estoy segura de que sus enseñanzas serán fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

A Sebastián y a mis amigos, quienes han estado presentes a lo largo de este trayecto, me han brindado compañía, motivación y momentos que atesoraré por siempre.

Agradezco también a la empresa de asfalto y a sus integrantes técnicos que me dieron la oportunidad y tuvieron la predisposición para que ejecute visitas técnicas y las mediciones pertinentes.

A cada uno de ustedes, gracias por su presencia y por aportar luz en este proceso.

## Tabla de Contenido

---

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                               | 16 |
| Abstract.....                                               | 18 |
| 1. Introducción.....                                        | 19 |
| 1.1. Antecedentes.....                                      | 20 |
| 2. Determinación del Problema .....                         | 21 |
| 2.1. Situación de la problemática.....                      | 21 |
| 2.2. Alcance .....                                          | 22 |
| 2.3. Delimitación .....                                     | 22 |
| 2.4. Temporal.....                                          | 22 |
| 2.5. Justificación .....                                    | 22 |
| 2.6. Objetivos.....                                         | 23 |
| 2.6.1. Objetivo General.....                                | 23 |
| 2.6.2. Objetivos Específicos .....                          | 23 |
| 3. Marco teórico referencial.....                           | 25 |
| 3.1. Seguridad industrial.....                              | 25 |
| 3.2. Riesgos laborales .....                                | 26 |
| 3.2.1. Tipos de riesgos laborales.....                      | 27 |
| 3.2.2. Métodos para la evaluación de riesgos laborales..... | 29 |
| 3.3. Diseño de un plan de seguridad industrial.....         | 31 |

|        |                                                                                     |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.   | Planta de asfalto.....                                                              | 33 |
| 3.4.1. | Descripción del proceso productivo .....                                            | 34 |
| 3.4.2. | Elementos de la planta de asfalto .....                                             | 35 |
| 3.5.   | Riesgos específicos asociados a la planta de asfalto .....                          | 40 |
| 3.6.   | Matriz IPERC .....                                                                  | 41 |
| 3.6.1. | Identificación de puestos de trabajo .....                                          | 44 |
| 3.6.2. | Identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales por puestos de trabajo | 45 |
| 3.6.3. | Estimación del riesgo: .....                                                        | 45 |
| 3.7.   | Evaluación de riesgos laborales.....                                                | 46 |
| 3.7.1. | Análisis físico .....                                                               | 46 |
| 3.7.2. | Análisis ergonómico .....                                                           | 48 |
| 3.7.3. | Análisis químico .....                                                              | 56 |
| 4.     | Materiales y metodología .....                                                      | 59 |
| 4.1.   | Enfoque de la investigación.....                                                    | 59 |
| 4.2.   | Población y muestra.....                                                            | 59 |
| 4.3.   | Matriz de operacionalización.....                                                   | 60 |
| 4.4.   | Herramienta metodológica y procesamiento de la información .....                    | 61 |
| 5.     | Resultados y discusión.....                                                         | 66 |
| 5.1.   | Resultados.....                                                                     | 66 |
| 5.1.1. | Descripción general y características técnicas.....                                 | 66 |

---

|        |                                                                                    |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.2. | Identificación de puestos de trabajo .....                                         | 67  |
| 5.1.3. | Identificación y evaluación de riesgos laborales .....                             | 69  |
| 5.1.4. | Evaluación técnica de riesgos laborales .....                                      | 76  |
|        | Diseño del plan de seguridad industrial.....                                       | 94  |
| 5.2.   | Discusión .....                                                                    | 156 |
| 6.     | Conclusiones.....                                                                  | 158 |
|        | Referencias .....                                                                  | 160 |
| 7.     | Anexos .....                                                                       | 169 |
|        | Anexo 1. Análisis ergonómico de las posturas ejecutadas por puestos de trabajo ... | 169 |

## Lista de tabla

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Tipos de riesgos .....                                                                          | 29 |
| Tabla 2: Niveles de evaluación del riesgo .....                                                          | 30 |
| Tabla 3: Nivel de probabilidad .....                                                                     | 41 |
| Tabla 4: Índice que señala el número de personas expuestas al peligro .....                              | 42 |
| Tabla 5: Índice que señala la existencia de procedimientos para el control de peligro ..                 | 42 |
| Tabla 6: Índice que señala la el grado de capacitación del personal para controlar los<br>peligros ..... | 42 |
| Tabla 7: Nivel de exposición para evaluar la matriz IPERC .....                                          | 42 |
| Tabla 8: Nivel de severidad para evaluar la matriz IPERC .....                                           | 43 |
| Tabla 9: Matriz de valoración del riesgo en la matriz IPERC .....                                        | 43 |
| Tabla 10: Matriz resultado nivel de riesgo .....                                                         | 44 |
| Tabla 11: Puntuación de tronco método REBA.....                                                          | 50 |
| Tabla 12: Puntuación de cuello método REBA .....                                                         | 51 |
| Tabla 13: Puntuación de las piernas con el método REBA .....                                             | 51 |
| Tabla 14: Puntuación de brazo método REBA .....                                                          | 52 |
| Tabla 15: Puntuación del antebrazo con el método REBA.....                                               | 53 |
| Tabla 16: Puntuación de las muñecas con el método REBA.....                                              | 53 |
| Tabla 17: Puntuación Grupo A .....                                                                       | 54 |
| Tabla 18: Puntuación carga/fuerza.....                                                                   | 54 |
| Tabla 19: Puntuación Grupo B .....                                                                       | 54 |
| Tabla 20: <i>Puntuación tipo de agarre método REBA</i> .....                                             | 54 |
| Tabla 21: Relación del grupo A y B del método REBA .....                                                 | 55 |
| Tabla 22: Puntuación para el nivel de riesgo y acción del método REBA .....                              | 55 |

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 23: Clasificación de material particulado por su tamaño.....                                                                    | 57 |
| Tabla 24: Usos y daño a la salud de sustancias químicas empleadas en la mezcla<br>asfáltica.....                                      | 58 |
| Tabla 25: Puestos de trabajo identificados en una planta de asfalto.....                                                              | 59 |
| Tabla 26: Matriz de operacionalización.....                                                                                           | 60 |
| Tabla 27: Resultados de la caracterización de los puestos de trabajo.....                                                             | 67 |
| Tabla 28: Resultado del nivel de riesgo.....                                                                                          | 70 |
| Tabla 29: <i>Resumen matriz IPERC Trabajador No. 1: Ayudante de planta</i> .....                                                      | 71 |
| Tabla 30: Resumen matriz IPERC Trabajador No. 2: Operador responsable de la planta<br>.....                                           | 72 |
| Tabla 31: Resumen matriz IPERC Trabajador No. 3: Despachador de asfalto .....                                                         | 73 |
| Tabla 32: Resumen matriz IPERC Trabajador No. 4: Operador de maquinaria pesada. 74                                                    |    |
| Tabla 33: <i>Resumen matriz IPERC Trabajador No. 5: Supervisor de la planta</i> .....                                                 | 75 |
| Tabla 34: Puestos de trabajo evaluados .....                                                                                          | 77 |
| Tabla 35: Resultados obtenidos de la medición de ruido con el uso de sonómetro .....                                                  | 77 |
| Tabla 36: Resultados de ruido comparados con los límites de exposición de la normativa<br>laboral aplicable.....                      | 79 |
| Tabla 37: Resultados obtenidos de presión sonora con dosimetría en tiempo de<br>exposición de 3 horas (producción de asfalto) .....   | 79 |
| Tabla 38: Resultados obtenidos de presión sonora con dosimetría en tiempo de<br>exposición de 2 horas (actividades de limpieza) ..... | 80 |
| Tabla 39: Puntuación de tronco método REBA.....                                                                                       | 82 |
| Tabla 40: Puntuación de cuello método REBA .....                                                                                      | 83 |
| Tabla 41: Puntuación de las piernas con el método REBA .....                                                                          | 84 |
| Tabla 42: Puntuación de brazo método REBA .....                                                                                       | 85 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 43: Puntuación del antebrazo con el método REBA.....                                                                                             | 85  |
| Tabla 44: Puntuación de las muñecas con el método REBA.....                                                                                            | 86  |
| Tabla 45: Puntuación Grupo A .....                                                                                                                     | 87  |
| Tabla 46: Puntuación Grupo B .....                                                                                                                     | 87  |
| Tabla 47: Relación del grupo A y B del método REBA .....                                                                                               | 88  |
| Tabla 48: Puntuación para el nivel de riesgo y acción del método REBA .....                                                                            | 89  |
| Tabla 49: Resultados obtenidos del análisis ergonómico .....                                                                                           | 89  |
| Tabla 50: Resultados obtenidos del material particulado total con fracciones PM2.5 y PM10 compuesto por polvo mineral y partículas de combustión. .... | 90  |
| Tabla 51: Parámetros para el análisis de líquidos y gas inflamable en la planta de asfalto .....                                                       | 91  |
| Tabla 52: Nivel de riesgo del puesto de trabajo 1: Ayudante de planta .....                                                                            | 99  |
| Tabla 53: Nivel de riesgo del puesto de trabajo 2: Operador de la planta de asfalto....                                                                | 100 |
| Tabla 54: Nivel de riesgo del puesto de trabajo 3: Despachador de asfalto .....                                                                        | 100 |
| Tabla 55: Nivel de riesgo del puesto de trabajo 4: Operador de la cargadora frontal ..                                                                 | 101 |
| Tabla 56: Nivel de riesgo del puesto de trabajo 5: Supervisor de la planta.....                                                                        | 101 |
| Tabla 57: Controles preventivos y correctivos .....                                                                                                    | 102 |
| Tabla 58: Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 1: Ayudante de planta.....                                                                    | 104 |
| Tabla 59: Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 2: Operador responsable de la planta .....                                                    | 110 |
| Tabla 60: Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 3: Despachador de asfalto ....                                                                | 113 |
| Tabla 61: Jerarquía de controles para el puesto de trabajo 4: Operador de maquinaria pesada .....                                                      | 117 |
| Tabla 62: Jerarquía de controles para el puesto de trabajo 5: Supervisor de la planta .                                                                | 118 |
| Tabla 63: Rombo de seguridad de las sustancias químicas .....                                                                                          | 131 |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 64: Especificaciones de la escalera fija.....                                                            | 133 |
| Tabla 65: Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 1: Ayudante de planta .....              | 139 |
| Tabla 66: Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 2: Operador de la planta .....           | 141 |
| Tabla 67: Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 3: Despachador de material .....         | 143 |
| Tabla 68: Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 4: Operador de la cargadora frontal..... | 145 |
| Tabla 69: Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 5: Jefe de planta .....                  | 146 |
| Tabla 70: Temario propuesto de capacitaciones por puesto de trabajo.....                                       | 147 |
| Tabla 71: Cronograma propuesto de mantenimiento.....                                                           | 148 |
| Tabla 72: Propuesta de señalización .....                                                                      | 149 |
| Tabla 73: Obligaciones sistema único del trabajo .....                                                         | 155 |
| Tabla 74: Ejemplo de firmas de responsabilidad en el plan de seguridad .....                                   | 156 |

## Lista de figuras

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Proceso de fabricación de la mezcla asfáltica ..... | 33 |
| Figura 2: Esquema de una planta de asfalto .....              | 33 |
| Figura 3: Sistema de tres tolvas .....                        | 34 |
| Figura 4: Bandas transportadoras .....                        | 34 |
| Figura 5: Tambor mezclador.....                               | 35 |
| Figura 6: Colector de polvo .....                             | 35 |
| Figura 7: Elevador de mezcla tipo arrastre .....              | 36 |
| Figura 8: Cabina de control .....                             | 37 |
| Figura 9: Tanques de almacenamiento de asfalto .....          | 37 |
| Figura 10: Caldera .....                                      | 38 |
| Figura 11: Posición de tronco método REBA .....               | 46 |
| Figura 12: Posición de cuello método REBA.....                | 46 |
| Figura 13: Posición de las piernas con el método REBA.....    | 47 |
| Figura 14: Ángulo de inclinación de brazo método REBA.....    | 48 |
| Figura 15: Puntuación del antebrazo con el método REBA .....  | 48 |
| Figura 16: Posición de las muñecas con el método REBA .....   | 49 |
| Figura 17: Evaluación del tronco.....                         | 77 |
| Figura 18: Evaluación del cuello .....                        | 78 |
| Figura 19: Evaluación de las piernas .....                    | 79 |
| Figura 20: Evaluación del brazo .....                         | 80 |
| Figura 21: Evaluación del antebrazo .....                     | 81 |
| Figura 22: Evaluación de la muñeca.....                       | 82 |
| Figura 23: Diagrama de procesos .....                         | 93 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 24: Organigrama HSE propuesto para una planta de asfalto .....                          | 94  |
| Figura 25: Control de ingeniería propuesto para el área de tolvas .....                        | 120 |
| Figura 26: Riesgo laboral en tolva.....                                                        | 121 |
| Figura 27: Control de ingeniería propuesto para el área de las bandas transportadoras<br>..... | 123 |
| Figura 28: Componentes de la banda transportadora .....                                        | 124 |
| Figura 29: Control de ingeniería propuesto para el área del tambor secador .....               | 126 |
| Figura 30: Control de ingeniería propuesto para la cabina de control.....                      | 129 |
| Figura 31: Control de ingeniería propuesto para el área de despacho de material .....          | 131 |
| Figura 32: Puntas de hierro en la escalera móvil.....                                          | 132 |
| Figura 33: Inmovilización de la escalera con cuerda .....                                      | 132 |
| Figura 34: Sensores de proximidad propuesto .....                                              | 134 |
| Figura 35: Control de ingeniería propuesto para el área de balanza .....                       | 134 |
| Figura 36: Mapa de señalización propuesta .....                                                | 150 |

## Lista de ecuaciones

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ecuación 1: Fórmula de la valoración de riesgo.....                                                            | 43 |
| Ecuación 2: Resultado del índice de probabilidad.....                                                          | 69 |
| Ecuación 3: Resultado del nivel de riesgo.....                                                                 | 70 |
| Ecuación 4: Suma horizontal logarítmico para la presión sonora de diferentes fuentes<br>emisoras de ruido..... | 78 |
| Ecuación 5: Aplicación de la suma horizontal logarítmico de la ecuación 4 .....                                | 78 |
| Ecuación 6: Suma por tramos para el dosímetro .....                                                            | 80 |
| Ecuación 7: Resultado de la suma de tramos por dosímetro .....                                                 | 81 |

# Diseño de un plan de seguridad industrial para la planta de asfalto transportable en base a la evaluación de riesgos laborales críticos en la jornada diurna

Autor(es):

JOHANNA BEATRIZ PAREDES OBANDO

## Resumen

---

El presente estudio se desarrolló con el fin de diseñar un plan de seguridad industrial para una planta de asfalto, en el área de producción. Para ello se realizó un diagnóstico integral desde la identificación de peligros y evaluación de riesgos físicos, químicos, de seguridad, ergonómicos, psicosociales, mediante la aplicación de la matriz IPERC para reconocer los riesgos críticos por puesto de trabajo, incluyendo mediciones de ruido, análisis de material particulado, evaluaciones ergonómicas y revisión de hojas de seguridad de las sustancias inflamables, mismas que han sido comparadas con la normativa local para considerar un riesgo significativo.

Los resultados demostraron que existen zonas críticas de niveles de presión sonora y de material particulado PM2.5 mismas que están próximas al tambor secador. Así como, el riesgo de exposición a químicos inflamables empleados en la producción de mezcla asfáltica como diésel, AC-20 y GLP. El análisis ergonómico evidenció que existen posturas forzadas para los trabajadores asociados a manipular herramientas manuales. Del mismo modo, las inspecciones en campo demostraron que existe deficiencia de señalización, orden, resguardos mecánicos, implementación de escaleras industriales.

Por lo que, a partir de estos hallazgos, se diseñó el plan de seguridad basado en la jerarquía de controles, recomendado implementar construcciones de cabinas de insonorización, sistemas de captación de polvos, resguardos fijos, mantenimientos programados, programas de señalización y capacitación, y una mejor elección de

equipos de protección personal ajustados al nivel de exposición. Mejorando la cultura de prevención en este tipo de industrias.

**Palabras clave:** Planta de asfalto, matriz IPERC, ruido laboral, material particulado, ergonomía ocupacional

## Abstract

---

This study was conducted with the aim of designing an industrial safety plan for an asphalt plant in the production area. A comprehensive diagnosis was carried out, identifying hazard and assessing physical, chemical, ergonomic, and psychosocial risk, using the IPERC matrix to identify critical risk for each job position, including noise measurements, particulate matter analysis, ergonomic assessments, and review of safety data sheets for flammable substances, which were compared with local regulations to determine whether they posed a significant risk.

The results showed that there were critical areas of sound pressure levels and PM2.5 particulate matter near the drying drum. There was also a risk of exposure to flammable chemicals used in the production of asphalt mix, such as diesel, AC-20, and liquefied petroleum gas. Their ergonomic analysis showed that workers are forced into awkward positions when handling hand tools. Similarly, field inspections showed deficiencies in signage, order, mechanical safeguards, and the implementation of industrial ladders.

Based on these findings, a safety plan was designed based on the hierarchy of controls, recommending the implementation of soundproof booths, dust collection systems, fixed guards, scheduled maintenance, signage and training programs, and a better choice of personal protective equipment adjusted to the level of exposure. Improving the culture of prevention in this type of industry.

**Keywords:** Asphalt plant, IPERC matrix, occupational noise, particulate matter, occupational ergonomics.

# 1. Introducción

---

La seguridad industrial es un componente fundamental para optimizar el clima de trabajo y reducir el riesgo de incidentes, enfermedades o muertes relacionadas sin perder la productividad.

Según lo refiere Arenal (2022), la gestión de la seguridad se estructura a través tres técnicas: activa, reactiva y complementaria. La primera planifica la prevención antes de que ocurra un accidente, mediante la identificación de peligros y evaluación de riesgos inherentes a cada puesto de trabajo. La segunda se implementa tras la materialización de un evento no deseado, analizando sus causas raíz y estableciendo medidas correctivas. La tercera comprende la aplicación de normativas y señalización orientadas a prevenir o eliminar consecuencias negativas.

Especialmente en actividades de mediano riesgo como es el caso de la fabricación de la mezcla asfáltica, que por su naturaleza y forma de operar se requieren de jornadas diurnas agotadoras, cargas de trabajo excesivas, exposición a fuentes de ruido, altas temperaturas, atrapamientos o golpes, a vapores tóxicos y material particulado, entre otros (INSHT, 2023).

Lo que implica a verse indispensable en la creación del diseño de un plan de seguridad industrial en donde se identifique y evalúe peligros y riesgos laborales, y en dar propuestas de medidas de prevención, control, mitigación que contribuyan a mejorar las condiciones laborales en dicho lugar, sin comprometer la eficiencia operativa.

Este documento busca contribuir a una gestión más eficiente del riesgo en este tipo de instalaciones, mediante la matriz IPERC y su valoración de riesgos críticos.

### 1.1. Antecedentes

La seguridad industrial fue ganando importancia cuando los historiadores notaron la relación entre distintas enfermedades, accidentes o muertes producto de la manipulación de maquinaria, equipos, turnos extensos, entre otros; que se incorporaron a las organizaciones para generar mayor productividad (Dominguez et al., 2018). Dando paso a los equipos de protección personal.

En 1850 se da paso para mejorar condiciones de trabajo, acortar jornadas laborales y establecer una edad mínima, creando la Asociación Internacional de Protección de los trabajadores, en París en el año 1883 (Pando Moreno & Aranda Beltrán, 2019).

En el caso específico del Ecuador, se han establecido políticas, mandatos y normativas orientadas a garantizar las condiciones laborales seguras. Como se indica en la Constitución del Ecuador, el trabajo es un derecho que se debe garantizar para un buen vivir, pues es fuente de realización personal y base de la economía. Pero así mismo, de ser en condiciones justas y dignas. Para ello, es indispensable generar una mentalidad empresarial orientada a la prevención de riesgos laborales (Martínez et al., 2008).

Como se indica en el Decreto 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, publicado por el Ministerio de Trabajo con sus siglas MDT, se establecen como se explica en el “Art. 1. Objeto. -Promover una cultura de prevención y protección en materia de seguridad y salud en el trabajo” (MDT, 2024c).

Con esto, se puede dar un avance en materia de protección a los trabajadores, que pueden significar en mejoras de condiciones de trabajo, que en muchas ocasiones se conduce con planes y programas de seguridad industrial, que estudian e identifican peligros y riesgos laborales (Pando Moreno & Aranda Beltrán, 2019).

## 2. Determinación del Problema

### 2.1. Situación de la problemática

Según el MDT (2024a), en el Anexo 2 correspondiente a la “Tabla de clasificación de nivel de riesgo de las actividades económicas en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales”, la actividad denominada “fabricación de artículos de asfalto o materiales similares”, está registrada bajo el código C2399.04, el cual forma parte de esta clasificación nacional utilizada para determinar el nivel de riesgo laboral del país. Dicho código categoriza a esta actividad como riesgo medio, lo que significa una alta probabilidad de daños a la salud de los trabajadores por sus actividades.

Muchas veces las industrias de este tipo operan con un plan de seguridad industrial no estructurada o efectiva, que pueden ocasionar accidentes, en lo que se puede percibir a simple vista en la escasez o mala colocación de señalización, pisos inestables, circulación desorganizada de vehículos pesados; así como, en la falta de control y capacitación en manipulación de herramientas o productos; uso inadecuado o inexistente de equipo de protección; mala distribución de áreas operativas; inadecuado manejo y mantenimiento de maquinaria y equipos, del mismo modo carencia de instrumentos contra incendios que puede ocasionar paros, incendios o explosiones; falta de motivación en las actividades de los trabajadores por los turnos extensos y apresurados.

Lo que supone que los trabajos se han realizado sin protocolos y medidas preventivas, de actuación y corrección eficaces frente a actos o condiciones inseguras que pueden originar en accidentes, incidentes, enfermedades, emergencias o fallecimientos por causa laboral. Por tanto, es indispensable reconocer peligros y riesgos en los que los operadores se enfrentan, comenzando con un análisis de criticidad y empezar a proponer normas en temas de seguridad industrial.

## **2.2. Alcance**

El desarrollo del presente trabajo se enfocó en las operaciones de la jornada diurna de una planta de asfalto transportable con operación continua. Donde se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales de la planta de asfalto, analizando el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica, las prácticas del personal y sus procesos.

## **2.3. Delimitación**

Por motivos de protección de información, se indica que la planta de asfalto analizada se encuentra ubicada en Pifo, parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito.

La misma se dedica a la fabricación de mezcla asfáltica de dos tipos: Base asfáltica y carpeta asfáltica conocida como capa de rodadura.

## **2.4. Temporal**

El presente trabajo de titulación es desarrollado desde el mes de abril hasta el mes de noviembre del 2025.

## **2.5. Justificación**

De acuerdo con el *Panorama Nacional de Salud de los Trabajadores del Ministerio de Salud Pública* (MSP, 2021), señala según la Organización Internacional del Trabajo las actividades de la industria manufacturera y de la construcción constituyen sectores claves de la economía ecuatoriana, ya que dinamiza la generación de empleos Sin embargo, como indica Llagua Arévalo (2020), en muchos casos los trabajadores de estos sectores enfrentan condiciones poco saludables e inseguras al desempeñar sus tareas diarias.

Tal como lo demuestra el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social del Ecuador con sus siglas IESS, hasta el 28 de febrero del 2025, se registraron 3113 casos de

accidentes de trabajo, de los cuales el 50.8% (1571) ocurrieron directamente en el centro o lugar de trabajo habitual. Asimismo, la industria manufacturera se reporta como la segunda actividad económica con mayor número de accidentes, con 609 casos; y la industria de la construcción ocupa el cuarto puesto con 75 casos. Estos datos evidencian que los operarios se encuentran expuestos a niveles de riesgos medios y altos. (IESS, 2025).

En este contexto, la fabricación de asfalto al ser una industria manufacturera y de la construcción, involucrando procesos mecánicos y térmicos (Espinoza, 2016). Presenta diversos peligros laborales latentes que pueden desencadenar en lesiones ocupacionales.

Por ello, con el diseño de un plan de seguridad industrial en este tipo de empresas resulta fundamental, ya que puede contribuir al fortalecimiento de una cultura orientada en la gestión de riesgos laborales. Guiando a cumplir con los reglamentos, políticas, normativas y protocolos en materia de seguridad industrial vigente nacional e internacional.

## **2.6.Objetivos**

### **2.6.1. *Objetivo General***

Diseñar un plan de seguridad enfocado a en la evaluación de riesgos laborales más críticos en la jornada diurna para la fabricación de asfalto en una planta de asfalto transportable.

### **2.6.2. *Objetivos Específicos***

- Realizar un diagnóstico en tema de seguridad industrial por puestos en la fabricación de asfalto de una planta de asfalto transportable.
- Identificar y evaluar los riesgos laborales más críticos a los que se encuentran expuestos los trabajadores mediante la matriz IPERC.

- Elaborar propuestas preventivas y de control de seguridad industrial guiadas a promover una cultura de seguridad en una planta de asfalto transportable.

## 3. Marco teórico referencial

### 3.1. Seguridad industrial

Según la Organización Internacional del Trabajo con sus siglas OIT, la seguridad en el trabajo gestiona los riesgos laborales mediante su identificación y evaluación, para determinar si existen situaciones perjudiciales para los trabajadores, que, a partir de allí, se crean y ejecutan medidas preventivas, correctivas y protectoras (OIT, 2021b).

La seguridad industrial se encarga de mantener a los trabajadores libres de accidentes e incidentes asociados al trabajo, esto es preciso mediante la información levantada en el proceso productivo; materiales empleados, producidos o transportados; las operaciones de la maquinaria, equipos y uso de energía; al ritmo de trabajo y la organización gerencial; también implica otros aspectos como su correcta gestión.

El ente regulador en temática de seguridad y salud en el trabajo es únicamente el Ministerio de Trabajo, mismo que en el Decreto 255, describe sus protestades y alcances a cumplir (MDT, 2024c). Así mismo, se señala otras normativas vigentes como:

- Código del trabajo;
- Acuerdo ministerial N° MDT-2024-196 “Normas generales para el cumplimiento y control de las obligaciones laborales de los empleados públicos y privados en materia de seguridad y salud en el trabajo”;
- Acuerdo Ministerial 013: Reglamento de riesgos de trabajo en instalaciones eléctricas;
- Acuerdo Ministerial 135: Instructivo para el cumplimiento de las obligaciones de los empleadores públicos y privados;
- Acuerdo Ministerial 174: Reglamento de seguridad para la construcción y obras

públicas;

- Acuerdo Ministerial 1257: Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios;
- Acuerdo Ministerial 122: Reglamento de seguridad en el trabajo y prevención de riesgos laborales para la construcción y obras públicas y privadas;
- Normas técnicas ecuatorianas (INEN) entre las que se encuentra NTE INEN-ISO 45001: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo; NTE INEN-ISO 45003: Gestión de la seguridad y salud en el trabajo – Seguridad y salud psicológica en el trabajo – Directrices para la gestión de los riesgos psicosociales; NTE INEN-ISO 3864-1 2013: Símbolos gráficos, colores de seguridad y señales de seguridad; NTE INEN 2 2266: 2000: Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos, NTE INEN 146: Cascos de seguridad para uso industrial. Requisitos e inspección;

### **3.2.Riesgos laborales**

Según lo define García (2020) el peligro es “el conjunto de factores integrantes de las condiciones de trabajo que pueda dar lugar a un daño a la salud de los trabajadores; mientras que un riesgo laboral es la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo”.

Así mismo, Arenal (2023) indica que para hacer frente a los riesgos es necesario conocer la naturaleza de este, pues puede localizarse en distintas formas de realizar los trabajos (métodos y operaciones para realizar tareas), equipos, máquinas, herramientas y aparatos que utilizan y las condiciones del entorno.

Lo que puede derivar en la ocurrencia de diversos tipos de riesgos, como se indica en el Decreto Ejecutivo 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo, en el

“Art.40. De la clasificación de riesgos laborales son: 1. Riesgos físicos; 2. Riesgos químicos; 3. Riesgos biológicos; 4. Riesgos de seguridad (locativo, mecánico, eléctrico, riesgo industrial mayor); 5. Riesgos ergonómicos; y, 6. Riesgos psicosociales” (MDT, 2024c).

### ***3.2.1. Tipos de riesgos laborales***

A continuación, se describen los riesgos laborales:

- 1. Riesgos físicos:** Se manifiestan en el entorno de trabajo, como un factor o condición que puede causar daño o lesión en el cuerpo humano (Gerstenhaber et al., 2023). Por ejemplo el ruido, vibraciones, iluminación, variación de temperatura (Díaz, 2023). Este tipo de riesgos son medidos con equipos calibrados aplicando las metodologías para este efecto (Asfaltar, 2022).
- 2. Riesgos químicos:** Ocurren por mantenerse en contacto, utilizar o manipular sustancias o compuestos químicos, ya sean naturales o sintéticos, que pueden representar un riesgo a la salud (MDT, 2024b). Según su estado sólido, líquido o gaseoso, pueden clasificarse en sustancias tóxicas, nocivas, corrosivas, irritantes, entre otros (Díaz, 2023).
- 3. Riesgos biológicos:** Son derivados de la exposición con organismos vivos, como bacterias, virus, parásitos, hongos, o cualquier otro ser biológico capaz de inducir infecciones, enfermedades o reacciones alérgicas (Díaz, 2023).
- 4. Riesgos de seguridad:** Aquellos factores o circunstancias del entorno, con probabilidad de causar daño o lesión al trabajador debido a la exposición a éstos, siendo locativos, mecánicos, eléctricos, industriales mayores (MDT, 2024b).
- 4.1. Riesgo locativo:** Se presentan cuando los elementos o condiciones del lugar de trabajo (estado de las instalaciones, entre otros), al no encontrarse en un buen estado, pueden dañar la salud de los trabajadores (MDT, 2024b).

**4.2. Riesgo mecánico:** Es el grupo de elementos que pueden causar daño o lesiones al trabajador cuando entra en contacto con partes móviles de máquinas, herramientas, piezas o materiales proyectados, sean sólidos o líquidos (MDT, 2024b).

**4.3. Riesgo eléctrico:** Probabilidad de daño a la salud por el contacto entre el cuerpo humano y la corriente eléctrica (MDT, 2024b).

**4.4. Riesgo industrial mayor:** Son factores presentes en el entorno laboral, que pueden afectar a los trabajadores, al centro de trabajo, al ambiente o a la población, por la utilización de diferentes tipos de energía, errores en el almacenamiento o transformación de sustancias peligrosas (MDT, 2024b).

**5. Riesgos ergonómicos:** Es la probabilidad de ocurrencia de algún daño o lesión por el esfuerzo físico excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo (MDT, 2024b). Puede deberse al levantamiento de objetos pesados con frecuencia, empujar y jalar objetos repetitivamente con fuerza, utilizar herramientas vibratorias, entre otros ejemplos (OSHA, 2020).

**6. Riesgos psicosociales:** Se originan a partir de efectos que las condiciones laborales ejercen sobre la salud física y mental del trabajador, como fatiga, agotamiento, estrés, depresión o enfermedades nerviosas (Díaz, 2023).

Algunos ejemplos de los tipos de riesgos lo enlista (Díaz, 2023) como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 1:**

*Tipos de riesgos*

| <b>Clasificación de riesgos</b>            |  | <b>Ejemplos</b>                                                                                             |
|--------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Riesgos originados por agentes físicos     |  | Ruido, Vibraciones, iluminación, variación de temperatura.                                                  |
| Riesgos originados por agentes químicos    |  | Sustancias tóxicas, nocivas, corrosivas, irritantes, entre otros.                                           |
| Riesgos originados por agentes biológicos  |  | Bacterias, parásitos, virus, y hongos que pueda ocasionar infecciones, enfermedades o respuestas alérgicas. |
| Riesgos originados por agentes psicológico |  | Fatiga, agotamiento, estrés, depresión o enfermedades nerviosas.                                            |

*Nota.* Adaptado de Prevención de riesgos laborales. Seguridad y salud laboral 3era edición (Díaz, 2023)

### **3.2.2. Métodos para la evaluación de riesgos laborales**

Cabe recalcar, como lo describe Moreno et al. (2022) el riesgo es el daño que este puede ocasionar y la posibilidad de que se materialice, existiendo varias formas de evaluarlo, como la intervención de metodologías fundamentadas en la ejecución de matrices cuantitativas y cualitativas.

La evaluación de riesgos se desarrollara relacionando el nivel de probabilidad de que dichos eventos y el nivel de gravedad de las consecuencias, se concreten, concluyendo en la interpretación que agrupa tres niveles: riesgo bajo, riesgo medio y riesgos prioritario (OIT, 2021<sup>a</sup>).

Los niveles de probabilidad son considerados como: Alto (el daño es casi seguro u ocurre con frecuencia), medio (el daño ocurrirá en ocasionalmente) y bajo (el daño es poco habitual). También se considera la periodicidad de la exhibición al riesgo, eficacia de las medidas de control implantadas, cumplimiento de los requisitos legales, formas de realizar las tareas laborales, fallos en los suministros, componentes de los equipos, dispositivos de protección y presencia de conductas inseguras. (Quirónprevención, 2022).

**Tabla 2:**

*Niveles de evaluación del riesgo*

| Niveles de la evaluación del riesgo | Interpretación                                                                                                            |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Riesgo bajo                         | Aquel que implica la necesidad de acciones destinadas a preservar la salud y resguardar la vida del personal laboral.     |
| Riesgo medio                        | Se refiere a situaciones que necesitan una intervención preventiva para evitar daños en el bienestar de los trabajadores. |
| Riesgo prioritario                  | Requiere una intervención rápida pues afecta al bienestar de los trabajadores.                                            |

*Nota.* Adaptado de Metodología para la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos (OIT, 2021a).

Gracias a estos parámetros, se puede conocer el estado del ambiente de trabajo al que está expuesto el trabajador, evaluando los diversos tipos de riesgos laborales, con el objetivo de diseñar y proponer posibles acciones preventivas y de control, que reduzcan o eliminar su exposición de manera efectiva.

Adicional, se puede evaluar desde el lugar de trabajo, sus instalaciones, los puestos de trabajo, la actividad, y el equipo de trabajo (Quirónprevención, 2022). Estos temas variarán de acuerdo a las diferentes metodologías. Algunos ejemplos de matrices son:

- Matriz de evaluación de riesgos del Instituto de Seguridad e Higiene del Trabajo INSTH
- Matriz de evaluación de la norma NTP-330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos
- Matriz IPERC (Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles)
- GTC 45: Guía técnica colombiana 45

Para el presente diseño del plan de seguridad industrial se optará por la utilización de la Matriz IPERC, pues es un método ampliamente empleado para reconocer peligros

y analizar riesgos relacionados con los procesos y definir medidas de control. Además, se puede basar en la jerarquía de controles para dar propuestas de implementación en la disminución de riesgos y peligros (SUNAFIL, 2022).

### **3.3. Diseño de un plan de seguridad industrial**

Un plan de seguridad en el trabajo es un documento que contiene procedimientos y estándares técnicos orientados a preservar la integridad en el entorno de trabajo. Comprende de la identificación de peligros, evaluación cualitativa y cuantitativa de riesgos y la aplicación de medidas de control y mecanismos de supervisión destinados a mitigar la exposición a dichos riesgos (ISOTools, 2023). A continuación, se describen las etapas correspondientes:

#### **1. Diagnóstico:**

Esta etapa comprende un análisis del estado actual del trabajo donde se verifica el contexto en que se están empleando las actividades, se considera aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legales y la ubicación del sitio. Así como las acciones preventivas que se han tomado en ese instante, con el fin de evaluar los riesgos (Mapeo, 2020).

Un aspecto importante que incluye la matriz IPERC es la jerarquía de controles, la cual como lo describe (Saif, 2023) “es una manera de encontrar una mejor solución para impedir que el riesgo se materialice en materia de seguridad y de salud. En donde, organiza la manera más efectiva en la parte superior (eliminación) y la menos práctica (equipo de protección personal) en la parte inferior”.

Para desarrollar este tema, como lo explica la Organización Internacional del Trabajo con sus siglas OIT, dado que la presencia de un peligro implica un riesgo que no puede eliminarse totalmente, es necesario aplicar una jerarquía para controlar peligros y

riesgos, como: 1) eliminación de peligro, cuando sea posible; 2) Su sustitución por alternativas menos peligrosas como en procesos, operaciones, materiales, sustancias o equipos; 3) controles técnicos, como protecciones y técnicas de control de la maquinaria; 4) los controles administrativos, formación y sistemas de trabajo, y 5) el uso de equipo de protección personal (OIT, 2013).

## **2. Planteamiento:**

Se inicia con el establecimiento de medidas preventivas, de control, y de contingencia orientadas a garantizar la seguridad en el entorno de trabajo. Estas acciones pueden incluir la provisión y uso de equipos de protección personal y colectiva, capacitación y formación a los trabajadores en este tema, implementar y reordenar procedimientos, así como generar mayor supervisión (ISOTools, 2023).

Es decir, es necesario tomar en cuenta que este diseño permite la intervención de políticas que permitan actuar antes, durante y posterior algún evento previsto o imprevisto (Mapeo, 2020).

La evaluación de riesgos es importante pero también se debe comprobar que la nueva medida de protección a implementarse no introduce un nuevo peligro. Adicional, está de mano con las formas de uso, si el diseño inicial de la maquinaria es el correcto, si las instalaciones, el uso y el mantenimiento son los adecuados, si la materia prima, métodos de trabajo o el personal está en una gestión correcta (OIT, 2013).

## **3. Implementación:**

Una vez creadas las políticas, normas y medidas en temas de seguridad, es importante llevar un adecuado programa de monitoreo efectivo que permita asegurar su correcta aplicación. Adicional se debe establecer un mecanismo de reporte que permita registrar sistemáticamente incidentes, accidentes o cualquier lesión, así como, su causa-raíz (ISOTools, 2023).

Del mismo modo, se debe hacer partícipe a los trabajadores, para que se cercioren de que se ha implementado un sistema de trabajo seguro, mediante la comunicación de entrevistas, encuestas diálogos sobre sus puntos de vista, y experiencias. Además, debe participar de manera proactiva en los procesos de evaluación de riesgos (OIT, 2013).

#### **4. Evaluación:**

Esta es una etapa que debe ser constante en todas las fases del plan de seguridad industrial, pues va adaptándose a las necesidades del puesto de trabajo y de la empresa. Es decir, debe ser revisado periódicamente, debe ser simple y realista, así como, debe ser difundido a los trabajadores (Mapeo, 2020).

Adicional, como lo explica ISOTools (2023) es necesario mantener una supervisión constante sobre los protocolos de seguridad, la valoración de riesgos y la aplicación de nuevas medidas, incluyendo la revisión de informes.

Sin embargo, para la presente investigación no se realizarán el paso de implementar y evaluar pues requiere de recursos y mayor tiempo para su desarrollo.

#### **3.4.Planta de asfalto**

Como lo define Repsol (2024) el asfalto es un derivado de petróleo, un tipo de material para la construcción de carreteras y pistas. Es un producto viscoso e insoluble en agua. Así mismo, como lo describe Quiñonez et al. (2022) el asfalto es una mezcla compleja de compuestos orgánicos pesados, es decir, en términos químicos, es un compuesto orgánico pues contiene carbono.

Según Aguilera & Troncoso (2021) en una planta de asfalto de tipo continua, el material y el asfalto es agregado al mezclador de forma volumétrica, en donde se produce y se descarga la mezcla asfáltica de forma continua. Para ello se utiliza equipos mecánicos y electrónicos.

Por lo general, se prefiere las plantas de mezcla en caliente, debido a que este tipo de compuesto presenta mayor estabilidad (Churata, 2023).

Existen varios tipos de plantas de asfalto, por tipo de desplazamiento sea fija o transportable. La primera se refiere a que se encuentra instalada o situada en un lugar permanente, y la segunda a que son fáciles de dismantelar y mover, para posteriormente volverla a instalar en un mínimo tiempo (Albino, 2021).

En especial, este documento se centrará en una planta de asfalto transportable y continua, donde típicamente elabora mezclas en caliente con una producción de 10 a 15 ton/hora, operando de manera continua mediante un tambor secador-mezclador (E-Asfalto, 2005).

#### ***3.4.1. Descripción del proceso productivo***

El asfalto comienza en la destilación del petróleo crudo, en un proceso por valor, donde se le aplica calor para separar los componentes del crudo; posteriormente por un proceso continuo, queda el asfalto en líquido viscoso o semisólido, al fondo de una torre, en donde se descarga a través de una válvula, quedando listo para su uso (Universidad de Sonora, 2024<sup>a</sup>), es conocido también como cemento asfáltico.

La mezcla asfáltica, se la obtiene combinando el material pétreo (arena, polvo azul y ripio el mismo que va a depender el tamaño de partícula requerida para diferenciar entre base o carpeta asfáltica) y AC-20 (cemento asfáltico). Para la mezcla asfáltica en caliente, se requiere que la temperatura de despacho sea de 150°C, pues debe mantener una temperatura entre 115° y 140° para ser tendida mediante maquinaria pesada especializada (Puente Sotelo, 2024).

Por ello, su proceso requiere de la utilización de materia prima, maquinaria pesada y mano de obra especializada. Si alguno de estos elementos falla, puede generar pérdidas económicas para la empresa. En especial, para los trabajadores de la planta de asfalto,

pues es importante, realizar estas actividades preservando su bienestar físico y mental.

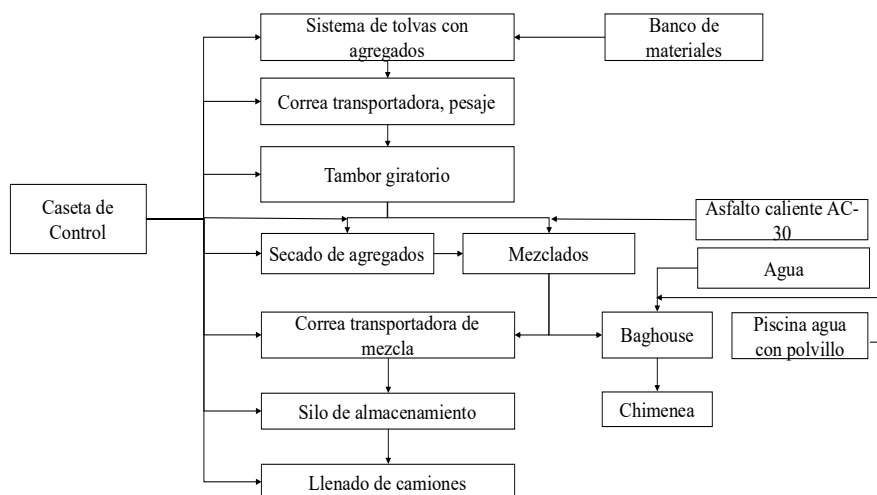
### 3.4.2. Elementos de la planta de asfalto

El proceso para la fabricación de asfalto inicia colocando material pétreo con una cargadora frontal en las tolvas, mismas que segregan el volumen indicado para la composición del volumen de la mezcla. Posteriormente, el material cae a las bandas transportadoras que conducen el mismo hacia el tambor giratorio, el cual es compuesto por un quemador para secar los materiales, y luego mezclarlos, para ser irrigados por el asfalto en líquido para generar la mezcla asfáltica, manteniendo un rango de temperatura entre 155 a 160°C (Espinoza, 2016). Es decir, este proceso debe ser uniforme y continuo.

Como se explica en las siguientes figuras, según (Espinoza, 2016), algunas de las partes que componen a una planta de asfalto de este tipo es tolvas de agregados, bandas transportadoras, tambor de calentamiento de agregado y mezcla con asfalto caliente, caseta de control, Baghouse o colector de polvo, chimenea de escape, sitio de despacho de la mezcla, y otros como el almacenamiento de asfalto de tipo AC-20, así como el stock del material.

**Figura 1:**

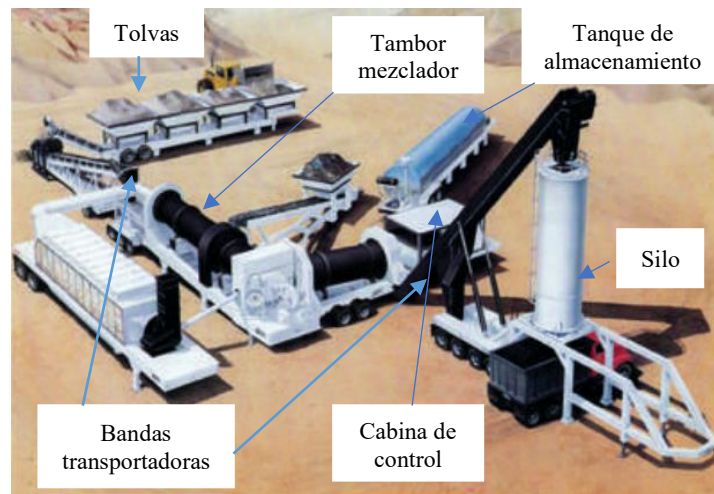
*Proceso de fabricación de la mezcla asfáltica*



*Nota.* Extraído de: (Espinoza, 2016)

**Figura 2:**

*Esquema de una planta de asfalto*



*Nota.* Adaptado de (Aguilera & Troncoso, 2021), planta de asfalto de producción continua

### **1. Tolvas de agregados**

Se alimentan de agregados de diferentes tamaños, hacia un transportador-colector integrado en la parte inferior de la tolva, cada una de estas está equipada con una compuerta ajustable para controlar el material pétreo que ingreso (Churata, 2023). Por lo general, es agregado con una cargadora frontal desde el stock del material hasta las tolvas, en donde, el operador debe colocar según las dosificaciones establecidas.

**Figura 3:**

*Sistema de tres tolvas*



*Nota.* Extraído de (Escudero, 2020)

### **2. Bandas transportadoras**

Las bandas transportadoras se ubican bajo las tolvas de almacenamiento para dar

un flujo uniforme de los agregados, así mismo se ubican después del tambor secador para conducir la mezcla asfáltica al silo de despacho.

**Figura 4:**

*Bandas transportadoras*



*Nota.* Extraído de (Universidad de Sonora, 2024b)

### **3. Tambor mezclador**

El material es conducido al tambor mezclador con la ayuda de las bandas transportadoras, el cual ingresa al inicio del tambor donde es secado, para posteriormente conducirlo a la mitad del mismo y mezclarlo con el asfalto en líquido, el mismo que se encuentra almacenado calentado por una caldera adherida, a una temperatura de 160°C, para ser conducido por tubería al tambor (Espinoza, 2016).

En la planta de asfalto de estudio, el asfalto líquido es conocido como AC-20, se alterna de acuerdo a la necesidad de producción, es decir, para la elaboración de carpeta asfáltica se requiere de mayor viscosidad en la mezcla para generar mayor adherencia de partículas y dar una mayor durabilidad, por tanto, se debe utilizar AC-20 con 29 galones por m<sup>3</sup>. Para el caso de la base asfáltica, al ser una capa de rodadura secundaria dicha sustancia con 25 galones por m<sup>3</sup>. Las dosificaciones dependerán de la necesidad del operador.

**Figura 5:**

*Tambor mezclador*



*Nota.* Extraído de (Escudero, 2020)

#### **4. Colector de polvo**

Como lo indica Churata (2023), recibe los gases de escape que salen de la unidad de mezclado y secado, así como, filtra los polvos y las partículas pequeñas por los gases de escape.

Así mismo, Espinoza (2016) indica que en este proceso se produce gases de combustión, llamado polvillo generado por el secado, que son conducidos por una chimenea de escape, por lo general se le atrae a un extractor que contiene agua para disminuir el impacto al ambiente.

**Figura 6:**

*Colector de polvo*



*Nota.* Extraído de (Torres, 2019)

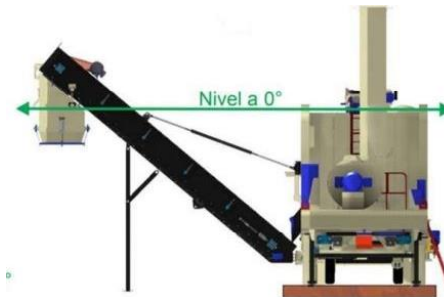
#### **5. Despacho de material**

El despacho de material se lo realiza mediante un elevador de mezcla tipo arrastre, el cual se compone de una banda transportadora (banda caliente) que conduce al silo y carga a los camiones. Cuenta con una almeja de llenado intermitente diseñado para evitar

la segregación y clasificación del concreto asfáltico en caliente (Escudero, 2020).

**Figura 7:**

*Elevador de mezcla tipo arrastre*



*Nota.* Extraído de (Torres, 2019)

## 6. Caseta de mando

Según lo menciona Espinoza (2016), todo el sistema está sincronizado a través de la caseta de mando, la cual contiene controles eléctricos y una computadora con la que se maneja el diseño de mezclas de manera automatizada.

Cabe recalcar que la planta de asfalto estudiada para el presente documento, contiene una flama, para que el tambor secador realice su trabajo de extracción de humedad de los agregados, el cual es controlado desde la caseta de control.

Dispone de aire acondicionado de 1 hp, cristales inastillables que permiten tener una visión periférica de la planta sin perder detalle de lo que sucede en producción (Escudero, 2020).

**Figura 8:**

*Cabina de control*



*Nota.* Extraído de (Torres, 2019)

## 7. Tanques de almacenamiento y caldera

Además, para el óptimo funcionamiento de la planta de asfalto estudiada, intervienen tanques de almacenamiento de asfalto (AC-20), mismos que se encuentra a un lado de la misma y sirven para combinarse con los agregados en el tambor-mezclador y obtener la mezcla asfáltica resultante. Sin embargo, estos deben ingresar a temperatura de 150°C por lo que se utiliza una caldera independiente que utiliza diésel para su funcionamiento.

### Figura 9:

*Tanques de almacenamiento de asfalto*



*Nota.* Extraído de (Universidad de Sonora, 2024b)

### Figura 10:

*Caldera*



*Nota.* Extraído de (Torres, 2019)

### 3.5. Riesgos específicos asociados a la planta de asfalto

Los trabajadores en una planta de mezcla asfáltica están expuestos a múltiples factores de riesgos, en los que influyen físicos (ruido, temperaturas extremas, radiación solar) (INSHT, 2023), químicos (materiales particulados, orgánicos volátiles) (NHDES, 2024),

ergonómicos (uso de pantallas de visualización de datos, posturas forzadas), mecánicas (manipulación de equipos y máquinas) (Asfaltar, 2022).

### 3.6. Matriz IPERC

Para ello, se identifican las tareas por puesto de trabajo que ejecuta diariamente el operador, clasificando en rutinarias y no rutinarias. Se incluyen los peligros y riesgos en situaciones normales de trabajo, situaciones de emergencia, o situaciones relacionadas con el ambiente de trabajo o la organización del mismo (Camacho, 2024).

De acuerdo con lo establecido con SUNAFIL (2022), el análisis debe contemplar todos los aspectos de trabajo, como estructuras, instalaciones, maquinaria y herramientas, así como los diferentes tipos de peligros y riesgos. Del mismo modo, se debe considerar las políticas y oportunidades en temas de seguridad industrial previamente definidas por la organización, y en las necesidades de la empresa y su presupuesto.

Por tanto, para evaluar los riesgos en la matriz IPERC, según lo señala SUNAFIL (2022) se realiza en función de su nivel de probabilidad (NP) en su nivel de las consecuencias previsibles (NC), en el nivel de exposición (NE) y en la severidad. Estos factores permiten asignar una valoración de riesgo y analizar los más críticos.

- a. Nivel de probabilidad:** Se evalúa el grado de deficiencia junto con la efectividad de las medidas de control implementadas, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 3:**

*Nivel de probabilidad*

| Nivel de probabilidad (NP) | Descripción                                                                                |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Baja                       | Posibilidad de ocurrencia mínima y en casos excepcionales                                  |
| Media                      | Posibilidad de ocurrencia en determinadas circunstancias                                   |
| Alta                       | Es muy probable su ocurrencia y se puede manifestar de forma más frecuente o casi continua |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

Donde NP es la suma del índice de trabajadores expuestos, procesos existentes,

capacitación y exposición al peligro (SUNAFIL, 2022), se determinan sus valores en función de las tablas detalladas a continuación:

**Tabla 4:**

*Índice que señala el número de personas expuestas al peligro*

| Índice | Personas expuestas (A) |
|--------|------------------------|
| 1      | De 1 a 3               |
| 2      | De 4 a 12              |
| 3      | Más de 12              |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

**Tabla 5:**

*Índice que señala la existencia de procedimientos para el control de peligro*

| Índice | Procedimientos existentes (B)                                |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| 1      | Existen procedimientos de trabajo, son adecuados y completos |
| 2      | Están presentes, pero no son adecuados o suficientes         |
| 3      | No existen                                                   |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

**Tabla 6:**

*Índice que señala la el grado de capacitación del personal para controlar los peligros*

| Índice | Capacitación (C)                                                                                 |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Personal adecuadamente capacitado, capaz de identificar el riesgo y aplicar medidas preventivas. |
| 2      | Personal con una formación parcial, reconoce los riesgos, pero no ejecuta medidas preventivas.   |
| 3      | Personal no capacitado, desconoce toda clase de riesgo y sus consecuencias.                      |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

**b. Nivel de exposición:** Hace referencia a la periodicidad con la que un trabajo está expuesto al riesgo, considerando el tiempo de permanencia en su área de trabajo, contacto con máquinas, herramientas, entre otros. Representándose de la siguiente manera.

**Tabla 7:**

*Nivel de exposición para evaluar la matriz IPERC*

| Nivel de exposición (D) | Descripción                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Esporádica u            | Ocurre en momentos puntuales de la jornada y en períodos breves, se suele |

| Nivel de exposición (D)     | Descripción                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ocasional (1)               | presentar una vez al año.                                                                                                                                              |
| Eventual o frecuente (2)    | Ocurre algunas veces durante la jornada laboral o en lapsos cortos, se suele presentar una vez al mes.                                                                 |
| Permanente 3 o continua (3) | La exposición es de forma constante o sucede de forma repetitiva a lo largo de la jornada con tiempos prolongados, por tanto, puede presentar al menos una vez al día. |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

**c. Nivel de consecuencias previsibles:** Conocida como severidad, se debe tener en cuenta tanto la naturaleza de la lesión como las zonas corporales que pueden verse comprometidas, conforme a la siguiente clasificación:

**Tabla 8:**

*Nivel de severidad para evaluar la matriz IPERC*

| Nivel de Severidad        | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ligeramente dañino (1)    | Lesión sin incapacidad: incluye afectaciones leves como cortes superficiales, irritación ocular por polvo, molestias o incomodidad, cefaleas.                                                                                                                               |
| Dañino (2)                | Lesión con incapacidad temporal: Comprende daños moderados como fracturas leves.<br>Daño a la salud reversible: Pérdida temporal de audición, problemas en la piel, asma, trastornos musculoesqueléticos.                                                                   |
| Extremadamente dañino (3) | Lesión con incapacidad permanente: Incluye consecuencias graves como amputaciones, fracturas complejas que pueden generar limitaciones.<br>Daños a la salud de forma irreversible: Intoxicaciones severas, lesiones múltiples o eventos con resultado fatal como la muerte. |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

#### **d. Matriz de valoración del riesgo**

El grado de riesgo sigue la siguiente fórmula:

**Ecuación 1:** *Fórmula de la valoración de riesgo*

$$\text{Grado de riesgo} = \text{índice de probabilidad} \times \text{índice de severidad}$$

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

Obteniendo los resultados indicados en las tablas descritas a continuación:

**Tabla 9:** *Matriz de valoración del riesgo en la matriz IPERC*

| NIVEL DE RIESGO              | INTERPRETACIÓN / SIGNIFICADO                                                                                                                                                  | SIGNIFICATIVO |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Intolerable (25 – 36)</b> | Cuando se califique un trabajo con este nivel el mismo no podrá ejecutarse o continuarse a menos que se reduzca el riesgo, si no es posible, debe paralizarse inmediatamente. | SI            |

| NIVEL DE RIESGO             | INTERPRETACIÓN / SIGNIFICADO                                                                                                                                                                                                                                       | SIGNIFICATIVO |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Importante (17 – 24)</b> | En este nivel tampoco se puede comenzar un trabajo si no se ha reducido significativamente el riesgo. Sin embargo, puede indicar que los peligros sean más fáciles de controlar e implementar medidas de corrección inmediatas, con un tiempo menor de aplicación. | SI            |
| <b>Moderado (9 – 16)</b>    | En este nivel el riesgo no es crítico, pero requiere de atención, por ello, se planifican y ejecutan acciones en un periodo determinado para disminuir el riesgo, no de forma inmediata como en los anteriores puntos.                                             | SI            |
| <b>Tolerable (5 – 8)</b>    | No se requieren cambios en las medidas preventivas, pero si puede existir mejoras o ajustes sencillos y económicos. Requieren de revisiones periódicas para confirmar su funcionamiento adecuado.                                                                  | SI            |
| <b>Trivial (4)</b>          | No se requiere realizar ninguna acción adicional.                                                                                                                                                                                                                  | NO            |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

### e. Nivel de Riesgo

El nivel de riesgo se establece multiplicando la probabilidad con la consecuencia o severidad del daño, siguiendo la matriz indicada:

**Tabla 10:** *Matriz resultado nivel de riesgo*

|              |       | CONSECUENCIA       |                    |                       |
|--------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------------|
|              |       | Ligeramente Dañino | Dañino             | Extremadamente Dañino |
| PROBABILIDAD | Baja  | Trivial 4          | Tolerable 5 – 8    | Moderado 9 – 16       |
|              | Media | Tolerable 5 – 8    | Moderado 9 – 16    | Importante 17 – 24    |
|              | Alta  | Moderado 9 – 16    | Importante 17 – 24 | Intolerable 25-36     |

*Nota.* Extraído de (SUNAFIL, 2022)

Con esta matriz se puede conocer la valoración del riesgo, conociendo su prioridad.

#### 3.6.1. Identificación de puestos de trabajo

En primer lugar, para la identificación de puestos de trabajo, se debe reconocer el proceso productivo de la empresa, área o lugar. Así como, las actividades rutinarias, no rutinarias y de emergencia que se presenten (HSETools, 2022).

Posteriormente la propia organización con apoyo de la alta gerencia y recursos humanos se encargan de asignar áreas y puestos de trabajo conforme las competencias y

responsabilidades, analizando que sean suficientes y que ocupen la capacidad necesaria para que el sistema productivo no se vea afectado (Gacía et al., 2022).

Es decir, se apoya en organigramas o manuales de organización. Sin embargo, en casos donde estos no existen, como en el presente estudio, se realizan por métodos mixtos. Además, se preguntan tiempos ejecutados, condiciones de trabajo, experiencia, capacitaciones; así como, con observación directa mientras el operador gestiona sus actividades propias del puesto (Dominguez de la Iglesia, 2012).

### ***3.6.2. Identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales por puestos de trabajo***

Como lo indica la normativa nacional vigente de seguridad industrial y según lo establece (Puente Sotelo, 2024), para la identificación de peligros se debe conocer la clasificación de los mismos, el proceso productivo, los puestos de trabajo, y en casos de que aplique se puede tener antecedentes de los accidentes o incidentes ocasionados; lo que conduce a realizar una estimación de riesgo y priorizar los mismos. Como lo reconoce la matriz IPERC.

El proceso de identificación que se ha realizado consiste en enlistar todos los peligros potenciales asociados a las actividades laborales, sea por puesto de trabajo, sus tareas respectivas y su entorno (Puente Sotelo, 2024). Reconociendo que pueden deberse por fuentes tangibles o intangibles, limitaciones de conocimientos del personal, confiabilidad de la información, y los factores relacionados al tiempo (SUNAFIL, 2022).

### ***3.6.3. Estimación del riesgo:***

Se lleva a cabo una valoración subjetiva del riesgo relacionado al peligro identificado (Puente Sotelo, 2024).

Consiste en métodos cuantitativos, para conocer la gravedad y extensión del daño y saber si son considerables (Muñoz et al., 2021).

#### **a. Priorizar los riesgos críticos:**

La evaluación de riesgos facilita la identificación de los procesos que requieren de controles inmediatos, para gestionar adecuadamente los riesgos y garantizar el cumplimiento de los requisitos legales (Puente Sotelo, 2024).

### **3.7.Evaluación de riesgos laborales**

En una planta de asfalto, los riesgos físicos a los que se encuentran expuestos los trabajadores incluyen ruido generado por la maquinaria, exposición de altas temperaturas, vibraciones mecánicas, entre otros. Del mismo modo, con respecto a los riesgos ergonómicos, se pueden presentar posturas forzadas al manipular herramientas manuales y electrónicas como flexión y torsión del tronco, manipulación de cargas, posturas estáticas, entre otras.

Asimismo, los operarios se exponen a riesgos químicos como la presencia de material particulado, el vapor del asfalto, o manipulación de diésel o GLP.

Para la presente investigación se han realizado mediciones de aquellos riesgos que permitan facilidad técnica y operativa para su análisis como es el caso del ruido, material particulado, exposición a diésel, GLP y asfalto por sus hojas de seguridad y a las posturas forzadas que pueden presentar los trabajadores.

#### **3.7.1. Análisis físico**

##### **3.7.1.1. Mediciones de ruido**

El ruido es un conjunto de sonidos no deseados. En el ambiente de trabajo, por lo general, proviene del uso de máquinas, equipos o herramientas, que pueden desencadenar en enfermedades de origen profesional. La exposición prolongada de niveles elevados de ruido pueden aceleran su aparición de afectaciones como: Hipoacusia, hiperacusia, tinnitus, dificultad de concentración, fatiga mental, cefaleas, incremento de la frecuencia cardíaca, estrés laboral o puede incrementar los accidentes laborales (Gacía et al., 2022).

Por tanto, antes de realizar el diseño de plan de seguridad industrial es importante identificar los niveles de presión sonora en los que los trabajadores se encuentran expuestos durante las actividades operativas de la planta de asfalto, para proponer medidas de prevención y control.

Para este propósito se emplea mediciones de ruido por sonometría Tipo I (Clase 1) conforme la norma IEC 6167-1:2013 por puesto de trabajo y dosimetría al trabajador catalogado como más expuesto, para poder comparar con los límites de exposición establecidos por la normativa ecuatoriana aplicable. Dando como resultado la exposición actual del nivel de ruido consecuente del proceso productivo de la planta de asfalto. Cabe señalar que esta investigación no contempla la evaluación clínica de la salud auditiva de los trabajadores, ni contiene información de análisis ocupacionales.

Con el fin de prevenir daños en la salud de los trabajadores y el entorno. Se consideran métodos de trabajo que minimicen la exposición al ruido como la selección de equipos que lo atenúen (uso de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente, aisladores); así como, el uso adecuado, vigilancia y capacitación de los equipos de protección, mantenimientos programados, y organización operativa que limite la intensidad y duración (Díaz, 2023).

Para la evaluación de ruido laboral se consideran actividades rutinarias, sus características y tiempos de ejecución; las fuentes, áreas y puestos que predominan con mayor nivel de ruido; la ocurrencia de eventos o patrones acústicos relevantes; y la frecuencia y duración en pausas laborales o reuniones (J. García & Luna, 2012).

Adicional García & Luna (2012), explican tres estrategias de medición del ruido, descritas a continuación:

- a. Basada en la tarea: Se enfoca en medir tareas específicas dentro de la jornada laboral. Se da cuanto el trabajador tiene varias actividades durante su día. Ideal para actividades concretas.
- b. Basada en el puesto: Se mide por todas las actividades que se realiza en un puesto de trabajo, pues se consideran parte de su función. Ideal para estudiar puestos separados y detallar información del mismo.
- c. Basada en la jornada completa: Se enfoca en todo lo que se realiza en el día laboral, sin centrarse en tareas específicas o en su puesto. Se utiliza en trabajos repetitivos o de producción.

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizan la medición basada en el puesto, pero dividida por tarea, es decir, las tareas que realizan en la producción de mezcla asfáltica que son las que más exigencia de ruido presentan, donde se medirá con sonómetro y al trabajador con mayor exposición, se realizará la valoración con dosímetro.

### ***3.7.2. Análisis ergonómico***

En una planta de asfalto, las posturas forzadas se presentan en actividades relacionadas a la manipulación de herramientas menores en la limpieza de equipos, operación de bandas transportadoras. Lo que implica que exista flexión y torsión del tronco, extremidades inferiores y superiores, o esfuerzos repetitivos, lo que puede favorecer en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos como lumbalgia, tendinitis, contracturas musculares, fatiga muscular. En este contexto resulta esencial aplicar métodos ergonómicos adecuados para su valoración del riesgo (Fernández, 2015).

#### ***3.7.2.1. Método ergonómico REBA***

El método REBA (Evaluación rápida de cuerpo entero), propuesto por Hignett y McAtamney en el año 2000, que valora el riesgo musculoesquelético derivado de posturas concretas que adoptan los trabajadores durante el desarrollo de una tarea, en factores

dinámicos y estáticos. Pensado para trabajo industrial con posturas impredecibles o variables. Analiza todo el cuerpo e incorpora fuerza-carga, agarre, tipo de actividad y estabilidad (Neusa & Argoti, 2023).

En las operaciones realizadas en una planta de asfalto, el método REBA constituye una herramienta apropiada para la evaluación postural integral, ya que valora las posturas de todo el cuerpo e incorpora factores relacionados con la carga física, agarre y nivel de exposición. En este tipo de instalaciones, los trabajadores generan posturas forzadas cuando utilizan escaleras, en el desplazamiento sobre superficies irregulares, manipulación de herramientas y materiales.

Aunque estas posturas suelen presentarse de manera puntual y por tiempos cortos, pueden en un futuro generar la aparición de trastornos musculoesqueléticos, por lo que resulta necesario realizar un análisis de las posturas que se adoptan en la jornada laboral y proponer medidas preventivas dentro del plan de seguridad industrial, en caso de ser catalogados como riesgo crítico.

#### **3.7.2.1.1. Aplicación del método REBA**

Para aplicar el método REBA se divide en el grupo A y B, mismo que se obtiene una valoración por subgrupos para conocer el resultado final de la puntuación. Este procedimiento se realiza mediante tablas.

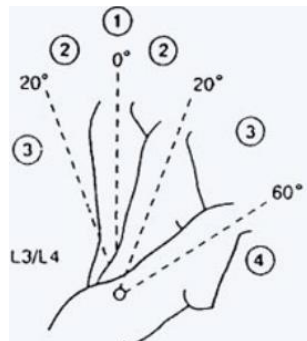
#### **GRUPO A**

##### **1. Puntuación del tronco**

Se asigna puntuaciones dependiendo del grado de inclinación en la que se encuentra el tronco, puede ser: flexión es el movimiento de doblar el cuerpo hacia adelante, y extensión, movimiento o arqueado hacia atrás, como se indica a continuación:

**Figura 11:**

*Posición de tronco método REBA*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 11:**

*Puntuación de tronco método REBA*

| Movimiento           | Puntuación | Corrección                                           |
|----------------------|------------|------------------------------------------------------|
| Erguido              | 1          |                                                      |
| 0° a 20° flexión*    | 2          | Añadir<br>+1 si hay torsión o<br>inclinación lateral |
| 0° a 20° extensión** |            |                                                      |
| 20° a 60° flexión    | 3          |                                                      |
| >20° extensión       |            |                                                      |
| >60° flexión         | 4          |                                                      |

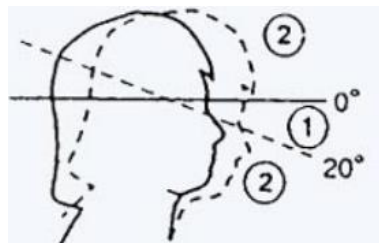
*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

## 2. Puntuación del cuello

Se otorgan puntuaciones al cuello de siguiente manera:

**Figura 12:**

*Posición de cuello método REBA*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 12:**

*Puntuación de cuello método REBA*

| Movimiento              | Puntuación | Corrección                                     |
|-------------------------|------------|------------------------------------------------|
| 0° a 20° flexión*       | 1          | Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral |
| 20° flexión o extensión | 2          |                                                |

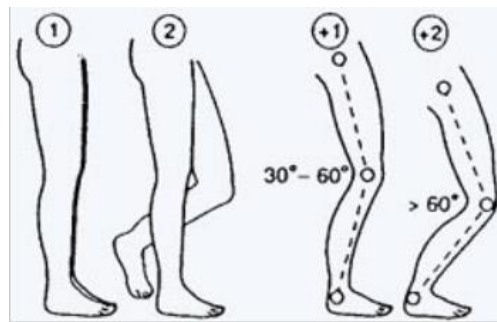
*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

### 3. Puntuación de piernas

Se califica a las piernas con distintos puntales según su posición, como se muestra a continuación:

**Figura 13:**

*Posición de las piernas con el método REBA*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 13:**

*Puntuación de las piernas con el método REBA*

| Posición                                               | Puntuación | Corrección                                          |
|--------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------|
| Soporte bilateral, andando o sentado                   | 1          | Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60° |
| Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable | 2          |                                                     |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

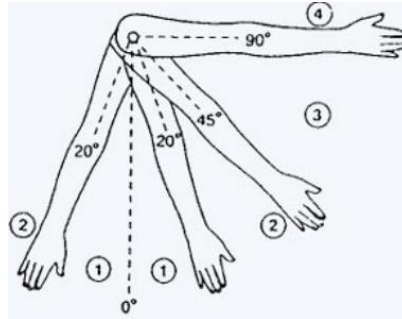
## GRUPO B

### 4. Puntuación de brazos

De acuerdo a la posición del brazo y su ángulo de inclinación, el término de abducción se refiere al movimiento de alejar la extremidad del cuerpo, en caso, es decir, llevar el brazo hacia el costado, se distribuyen de la siguiente manera:

**Figura 14:**

*Ángulo de inclinación de brazo método REBA*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 14:**

*Puntuación de brazo método REBA*

| Posición          | Puntuación | Corrección                                                |
|-------------------|------------|-----------------------------------------------------------|
| 0° a 20° flexión  | 1          | Añadir                                                    |
| >20° extensión    | 2          | +1 si hay abducción* o rotación                           |
| 21° a 45° flexión | 3          | +1 elevación de hombro                                    |
| 46° a 90° flexión | 4          | -1 si hay apoyo o posicionamiento en inclinación vertical |

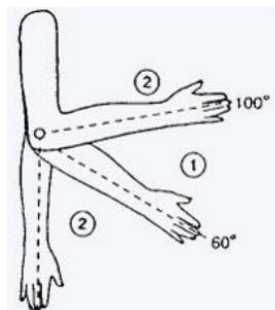
*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

## 5. Puntuación de antebrazo

A continuación, se explica la puntuación asignada al ángulo de inclinación del antebrazo:

**Figura 15:**

*Puntuación del antebrazo con el método REBA*



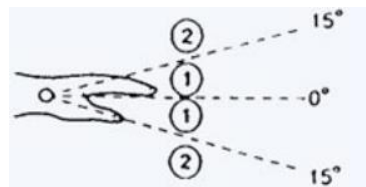
*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 15:***Puntuación del antebrazo con el método REBA*

| Movimiento                    | Puntuación |
|-------------------------------|------------|
| 60° a 100° flexión            | 1          |
| < 60° flexión y >100° flexión | 2          |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)**6. Puntuación de muñeca**

Se otorgan puntuaciones de acuerdo al ángulo de inclinación de la muñeca, como se detalla a continuación:

**Figura 16:***Posición de las muñecas con el método REBA**Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)**Tabla 16:***Puntuación de las muñecas con el método REBA*

| Posición                   | Puntuación | Corrección                                    |
|----------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| 0° a 15° flexión/extensión | 1          | Añadir +1 si hay torsión o desviación lateral |
| >15° flexión/extensión     | 2          |                                               |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)**PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B**

Según lo explica INSHT (2001) en la NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA, se obtienen puntuaciones por cada uno de los grupos A y B, representados en las siguientes tablas, tomando en cuenta que se evalúa la carga/fuerza en la que se asignan valores adicionales, de acuerdo al peso del material que debe cargar el trabajador:

**Tabla 17:**

*Puntuación Grupo A*

|         |   | Tronco |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 18:**

*Puntuación carga/fuerza*

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 0  | Inferior a 5 kg              |
| 1  | 5 a 10 kg                    |
| 2  | 10 kg                        |
| +1 | Instauración rápida o brusca |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 19:**

*Puntuación Grupo B*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla 20:**

*Puntuación tipo de agarre método REBA*

| Tipo        | Descripción                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 (Bueno)   | La mano del trabajador envuelve el objeto de manera cómoda y firme, siendo que permite un control total.                                    |
| 1 (Regular) | Agarre suficiente, pero no posee un control completo o cómodo, aplicando mayor esfuerzo.                                                    |
| 2 (Malo)    | El trabajador puede sujetar el objeto, pero con serias dificultades pues es difícil mantener la posición implicando mayor fuerza o técnica. |

| Tipo            | Descripción                                                                                                                                                                     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 (Inaceptable) | Al trabajador no se le facilita sujetar el objeto de forma cómoda por lo que no puede manipularla, por ende, puede apoyarse con otras partes del cuerpo para realizar la tarea. |

*Nota.* Adaptado de (INSHT, 2001)

### Puntuación final método REBA

Una vez, analizados los resultados finales con las tablas antes mencionadas se emplea la tabla de puntuación final en la que se relaciona la puntuación del grupo A y B. Estableciendo también el nivel de riesgo.

**Tabla 21:**

*Relación del grupo A y B del método REBA*

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|              | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1            | 1            | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2            | 1            | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3            | 2            | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4            | 3            | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5            | 4            | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6            | 6            | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7            | 7            | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8            | 8            | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9            | 9            | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10           | 10           | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11           | 11           | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12           | 12           | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Actividad

+1: Secciones del cuerpo que permanecen estáticas, por ej. Aguantadas más de 1 min.

+1: Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto.

+1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

### Puntuación final

Con el resultado obtenido se procede a contemplar según la siguiente tabla, el nivel de riesgo que presentaría la postura del trabajador:

**Tabla 22:**

*Puntuación para el nivel de riesgo y acción del método REBA*

| Nivel de acción | Puntuación | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------------------------|
| 0               | 1          | Inapreciable    | No requiere acción                |
| 1               | 2 a 3      | Bajo            | La acción podría ser necesaria    |

| Nivel de acción | Puntuación | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis     |
|-----------------|------------|-----------------|---------------------------------------|
| 2               | 4 a 7      | Medio           | Se requiere tomar medidas             |
| 3               | 8 a 10     | Alto            | La acción debe ser pronta             |
| 4               | 11 a 15    | Muy alto        | La acción debe ser de forma inmediata |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

Para el resultado final de los ángulos de flexión y extensión, se empleó el software Measure, el cual contribuye como herramienta de apoyo para trazar líneas sobre ejes establecidos por el usuario para determinar su posición angular (Softonic, 2025). Es decir, a partir de registros fotográficos tomados durante la ejecución real de las tareas, el software facilita en determinar de forma indirecta los ángulos corporales mediante la aplicación de líneas de referencias siguiendo los ejes corporales (la región cervical, el antebrazo, la muñeca, el tronco). De esta manera se obtiene datos de medición angular que complementaron el análisis ergonómico de posturas forzadas mediante el método REBA.

### 3.7.3. *Análisis químico*

#### 3.7.3.1. *Material particulado*

El material particulado es producido en una planta de asfalto por la actividad mecánica del tambor secador, las bandas transportadoras, el silo y el transporte de materias primas y mezcla asfáltica.

El material particulado se considera como agente contaminante en el ambiente laboral, ya que puede ser transportado por corrientes de aire desde la fuente de emisión hasta el sistema respiratorio, alcanzando pulmones e incluso incorporarse al torrente sanguíneo. Lo que representa un riesgo potencial en la salud del trabajador expuesto, por lo que es fundamental realizar un monitoreo periódico (Villamizar, 2025). Se clasifican por su tamaño de partícula, de la siguiente manera:

**Tabla 23:***Clasificación de material particulado por su tamaño*

| Nombre                | Tamaño (µm) | Observación                                                                          | Efectos en la salud                                                    |
|-----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Fracción visible      | 50          | No son respirables                                                                   |                                                                        |
| Fracción sedimentable | 10 – 15     | Se pueden observar en la oscuridad con la luz. Se depositan en los conductos nasales | Irritación leve en nariz, boca, garganta, molestias respiratorias.     |
| Fracción inhalable    | ≤ 10        | Alcanzan la laringe, la tráquea y los bronquios                                      | Irritación en la garganta, tos, dificultad para respirar.              |
| Fracción respirable   | ≤ 2,5       | Alcanzan los alvéolos pulmonares                                                     | Afectaciones respiratorias crónicas, reducción de la función pulmonar. |
| Ultrafinas            | ≤ 1         | Capaces de entrar al torrente sanguíneo                                              | Puede agravar enfermedades cardíacas y pulmonares                      |

*Nota.* Extraído de (Villamizar, 2025)

Para conocer la concentración de material particulado en una planta de asfalto, se realizan mediciones por área, ubicando el punto de muestreo a aproximadamente un metro de distancia de la fuente emisora. Este proceso se lleva a cabo mediante muestreo activo y detección directa, en donde el aire potencialmente contaminado ingresa al dispositivo diseñada para recolectar partícula para obtener en tiempo real su concentración. (Villamizar, 2025).

### ***3.7.3.2.Productos químicos***

La identificación de propiedades como la inflamabilidad, peligrosidad y otros riesgos asociados a los productos químicos, puede realizarse mediante la revisión de su hoja de datos de seguridad (SDS), en donde según el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la NTE INEN-ISO 11014, se proporciona información clave de seguridad, salud y aspectos ambientales relacionados con su manejo. (INEN, 2015)

En el caso de una planta de asfalto se han identificado las siguientes sustancias químicas:

**Tabla 24:***Usos y daño a la salud de sustancias químicas empleadas en la mezcla asfáltica*

| Nombre         | Uso                                                                                               | Daño a la salud                                                                                                                                          |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Asfalto</b> | Se mezcla a una temperatura de 100 °C con el material pétreo seco para formar la mezcla asfáltica | Al contacto con la piel u ojos, provoca quemaduras.<br>Al ser inhalado provoca irritación en las vías respiratorias y en los ojos <sup>a</sup>           |
| <b>Diésel</b>  | Se conecta mediante tuberías para encender la caldera                                             | En contacto con la piel puede causar irritaciones, ardor e inflamación.<br>Al ser inhalado puede causar afectaciones a bronquios y pulmones <sup>b</sup> |
| <b>GLP</b>     | Mediante un mechero se enciende la flama que alimenta el tambor secador                           | Al ser inhalado puede provocar dificultades respiratorias (asfixia), tos seca, mareos, dolor de cabeza y pérdida de conciencia <sup>c</sup>              |

*Nota.* Adaptado de (Zaditivos, 2022; PEMEX, 2020; PEMEX, 2021)

Como se puede notar en la tabla anterior, analizar las sustancias químicas empleadas es importante para identificar y prevenir riesgos laborales asociados a su manipulación y exposición.

## 4. Materiales y metodología

### 4.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación de:

- **ENFOQUE: CUALITATIVO.** – La información se obtuvo a partir del análisis del funcionamiento real de la planta de asfalto transportable durante la jornada diurna. Para ello, se realizaron entrevistas a los trabajadores con el propósito de conocer sus percepciones y sugerencias de mejora. Asimismo, se llevó a cabo observación directa que permitió identificar comportamientos y condiciones laborales en los diferentes puestos de trabajo.
- **DE TIPO: APLICADA.** – Se realizó un diseño de medidas preventivas y de control en materia de seguridad industrial, en base a la obtención de análisis de identificación de peligros y evaluación de riesgos mediante la aplicación de la matriz IPERC, con el fin de conocer los riesgos críticos que se presenten en tiempo real. Del mismo modo, la valoración de fuentes de ruido, de posiciones forzadas, de los químicos a los que se exponen, así como del material particulado.

### 4.2. Población y muestra

Para el funcionamiento de una planta de asfalto, se identificaron cinco puestos de trabajo, los cuales se describen a continuación:

**Tabla 25:**

*Puestos de trabajo identificados en una planta de asfalto*

| No | Puesto de trabajo                                              | Cantidad de trabajadores | Tareas asignadas en la producción de asfalto                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Ayudante de planta                                             | 1                        | Vigilar tolvas, banda recolectora y banda caliente                                                |
| 2  | Operador responsable del funcionamiento de la planta asfáltica | 1                        | Supervisar tabla de controles para un óptimo funcionamiento de todos los componentes de la planta |

| No | Puesto de trabajo                 | Cantidad de trabajadores | Tareas asignadas en la producción de asfalto                          |
|----|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 3  | Despachador de asfalto            | 1                        | Colocar mezcla asfáltica desde el silo hasta las volquetas            |
| 4  | Operador de maquinaria pesada     | 1                        | Alimentar las tolvas con material pétreo almacenado                   |
| 5  | Supervisor de la planta asfáltica | 1                        | Pesar volquetas y entregar documentos de despacho de mezcla asfáltica |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Como se describe en la tabla anterior, se encuentra un trabajador por puesto de trabajo, debido a que cumplen con jornadas laborales de lunes a viernes de 7 am hasta las 4 pm, en caso de requerir mayor productividad de mezcla asfáltica, se extienden los turnos a los días sábados, domingos y/o feriados, siendo programados con antelación.

#### 4.3. Matriz de operacionalización

La matriz de operacionalización le ayudó a la presente investigación en la forma de medición de las variables, así como a establecer instrumentos y técnicas que se emplean, desarrollándose en la siguiente tabla:

**Tabla 26:**

*Matriz de operacionalización*

| Variable                                                               | Dimensión                                         | Técnica de medición o evaluación                                                                                                                                  | Instrumento                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dependientes (identificación y evaluación de riesgos laborales)</b> | De seguridad (eléctricos, locativos, (mecánicos)) | Observación directa en campo                                                                                                                                      | Matriz IPERC                                                                                                                                                                                      |
|                                                                        | Físicos                                           | Observación directa en campo<br>Mediciones realizadas en la producción de mezcla asfáltica                                                                        | Matriz IPERC<br>(Equipo de medición sonómetro, dosímetro)                                                                                                                                         |
|                                                                        | Químicos                                          | Observación directa en campo<br>Análisis de las hojas de seguridad (diésel, gas doméstico, asfalto)<br>Mediciones realizadas en la producción de mezcla asfáltica | Matriz IPERC<br>Análisis hojas de seguridad (INEN 2266: Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos)<br>Equipo de medición (medidor de material particulado) |
|                                                                        | Ergonómicos                                       | Observación directa en campo<br>Mediciones realizadas en la producción de mezcla asfáltica                                                                        | Matriz IPERC<br>Empleo software Measure (Método REBA)                                                                                                                                             |
|                                                                        | Biológicos                                        | Observación directa en campo                                                                                                                                      | Matriz IPERC                                                                                                                                                                                      |

| Variable                                                                             | Dimensión                                   | Técnica de medición o evaluación                                                 | Instrumento                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Independiente<br>(medidas de prevención, control y mitigación del plan de seguridad) | Medidas de prevención, control y mitigación | Análisis de resultados y realización del diseño del plan de seguridad industrial | Jerarquización de controles |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

#### 4.4.Herramienta metodológica y procesamiento de la información

La metodología se desarrolló en dos etapas: Recopilación de información en campo mediante: observación directa (el reconocimiento de comportamientos, uso de equipos de protección, prácticas laborales en campo) y entrevistas semiestructuradas realizadas a los trabajadores para la identificación de puestos de trabajo y de peligros laborales bajo la susceptibilidad de los trabajadores, para posteriormente desarrollar una matriz IPERC.

Adicional se realizó 4 análisis de los riesgos más representativos como: el ruido, posturas forzadas, material particulado y la exposición a sustancias químicas.

Las mediciones de presión sonora se llevaron a cabo considerando tareas asignadas a los puestos de trabajo identificados, para ello, se emplearon equipos técnicos especializados y normativa vigente, como el sonómetro y dosímetro.

De esta manera, se determinó si los niveles registrados superaban la dosis de exposición permitida, con el propósito de recomendar las medidas preventivas y correctivas correspondientes.

##### **Medición con sonómetro:**

La medición se efectuó conforme a lo establecido por el INSST (2022) en la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en lugares de trabajo, como se indica a continuación:

1. Se analizó el puesto de trabajo, para conocer las tareas durante la jornada y su duración; grupos de exposición, fuentes de ruido, episodios de ruido significativo, entre otros factores.
2. Se verificó que el sonómetro cumpla con la clase establecida para la medición y su correcta calibración antes de su uso para cada medición. Programado en ponderación A, respuesta lenta (slow).
3. Para el trabajador que está de pie se debe ubicar a una distancia de  $1,55 \text{ m} \pm 0,075$  m por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie. El sonómetro debe estar sujeto a un trípode, a una distancia aproximada de 10 a 40 centímetros del oído del trabajador.
4. Al ser un ruido estable, la duración de la medición es  $\leq 5$  minutos, pero nunca inferior a 1 minuto. Por tanto, se realizaron 3 mediciones de 5 minutos, por tarea en cada puesto de trabajo.
5. El sonómetro arrojó los resultados obtenidos ( $L_{eq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ ,  $L_{peak}$ ), los cuales fueron comparados con los límites permisibles de la normativa vigente.
6. Se identificó el requerimiento de medidas de control como equipos de protección personal o acciones de ingeniería.

#### **Medición con dosímetro:**

La medición realizada se basó INSST (2022) en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en lugares de trabajo, como se indica a continuación:

1. Se verificó que el dosímetro esté calibrado y en buenas condiciones, configurado en ponderación A.

2. Se seleccionó a la persona a la que se va a realizar en base a al grupo homogéneo escogido, reconociendo al trabajador representativo con mayor riesgo de exposición a la presión sonora.
3. Se colocó el micrófono del dosímetro se coloca a 10 centímetros del canal auditivo y a 4 centímetros por encima del hombro, sin interferir con el EPP o la movilidad del mismo. Adicional, se le indicó al trabajador que debe permanecer con el equipo durante el tiempo de medición de 5 horas para ruidos constantes.
4. Se descargó los datos mediante el software correspondiente para compararlos con los límites de exposición de ruido aplicables en la normativa ecuatoriana, donde se pudo identificar la necesidad de los controles correspondientes.

El segundo análisis, el cual es de posturas forzadas, se empleó el uso de un software especializado (Meazure) para poder conocer los ángulos de confort del cuerpo al realizar las actividades diarias, donde se evaluó dichos resultados mediante el método REBA, con el fin de valorar su posición.

Para su aplicación se realizó el siguiente proceso:

5. Se observó al trabajador para registrar ciclos de trabajo.
6. Se eligió las posturas a evaluar que impongan mayor carga postural por duración o frecuencia.
7. Se analizaron datos angulares mediante fotografías y el uso de un software especializado.
8. Se asignaron puntuaciones por segmento corporal para obtener las puntuaciones parciales y finales del nivel de riesgo
9. En caso de requerirse, se pueden determinar las medidas que deben adoptarse

El tercer análisis de material particulado se ejecutó por área con el uso de un contador de partículas que mide el diámetro de la partícula y su concentración, en donde se colocó como indica la normativa, a una distancia de 1 metro de la fuente de material particulado, a una altura de 1,5 m del nivel del suelo. Por un tiempo establecido de 1 hora con 4 mediciones, pues se identificaron 4 zonas de mayor emisión de material particulado como: Tolvas, banda transportadora recolectora, banda transportadora de transporte de mezcla asfáltica (banda caliente) y tambor secador, y zona de despacho (silo y volqueta).

El último análisis consistió en revisar las hojas de seguridad de los productos químicos que se emplea en el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica (asfalto, diésel y GLP), con el fin de identificar sus riesgos asociados (inflamabilidad, irritabilidad, explosividad, entre otros), dosis de exposición y los equipos de protección personal, con el objetivo de aplicar controles de seguridad adecuados y actuar correctamente ante emergencias.

La segunda etapa de esta investigación, se apoyó en la información secundaria basada en artículos científicos, libros, ensayos, normativa de seguridad industrial vigente tanto ecuatoriana como internacional según se requiera y en los resultados obtenidos en campo, para plantear posibles medidas de seguridad industrial.

### **Procesamiento de la información**

Entre las principales actividades de la presente investigación se desarrolló los siguientes los pasos:

1. Inspección preliminar, se realizaron visitas técnicas en campo en las que se recopilaron información sobre el estado actual de la planta de asfalto, el proceso productivo, trabajadores expuestos a los diferentes peligros y riesgos laborales, fuentes de ruido, material particulado y químicos; uso de materiales, equipos y herramientas manuales, tiempos de trabajo y descanso, se identifican responsables

y responsabilidades. Lo cual se completó con la aplicación de encuestas semiestructuradas.

2. Identificación de peligros y riesgos por puestos de trabajo, para ello se determinaron los puestos de trabajo, sus actividades rutinarias y no rutinarias, formas de trabajo y tiempos asociados. Con esta información, se elaboraron matrices IPERC, lo que permitió reconocer los riesgos más críticos a los que están expuestos los operadores.
3. Evaluación técnica de riesgos, a partir de los resultados obtenidos de las matrices anteriores, y con el fin de fortalecer el análisis, se efectuaron mediciones técnicas utilizando equipos especializados y una metodología previamente seleccionada. Esto permitió respaldar la identificación de riesgos y obtener una evaluación más precisa de las condiciones laborales.
4. Diseño de un plan de seguridad industrial, con base a la información recopilada y medida, se elaboró un plan de seguridad industrial específico para este tipo de industria. Este diseño contempla el planteamiento de acciones estratégicas orientadas a prevenir, controlar y mitigar los riesgos laborales previamente identificados.

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Resultados

#### 5.1.1. Descripción general y características técnicas

En general, una planta de asfalto tipo transportable operó bajo un sistema de producción continua, con capacidad de 36 m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica por hora. Su funcionamiento dependió del suministro de energía eléctrica con un promedio mensual de 440 vatios de la red pública. Para garantizar la continuidad de las operaciones ante posibles fallos eléctricos, suelen contar con generadores eléctricos de 480 kW, los cuales operan con combustible diésel.

##### 5.1.1.1. Estructura y componentes

La planta presentó una estructura metálica complementada con escaleras provisionales de madera que permitían el acceso temporal de diferentes áreas.

Contaba con los siguientes componentes:

- Tres tolvas para almacenamiento y dosificación de material pétreo, de acuerdo con el cronograma de producción y la demanda. Estos materiales fueron distribuidos en arena  $\frac{1}{4}$ , ripio  $\frac{1}{2}$  o ripio  $\frac{1}{4}$ , ripio  $\frac{3}{4}$ , para la elaboración de base o carpeta asfáltica.
- Banda transportadora para el traslado de material pétreo hacia el tambor secador.
- Tambor secador giratorio, encargado de secar el material y mezclarlo con AC-20. Mismo que para encender necesitó de una chispa, proveniente de gas licuado de petróleo y un mechero.
- Banda transportadora de distribución de mezcla asfáltica hacia el silo, conocida como banda caliente.

- Silo destinado para el almacenamiento provisional y despacho de mezcla asfáltica con capacidad de 1 m<sup>3</sup>. El material asfáltico se descargó a una temperatura aproximada de 160°C directamente en las volquetas.
- Tanque de almacenamiento de cemento asfáltico (AC-20) conectado a una caldera que lo mantuvo a una temperatura constante de 120°C para garantizar su adecuada viscosidad, que internamente estuvo conectada a otro tanque de almacenamiento de diésel.
- Caseta de control se ubicó frente al tambor secador. La cual presentó una estructura metálica exterior y está revestida en su interior con madera. Contó con vidrios antruido para protección acústica y una escalera metálica para el acceso al personal.
- Extintores contra incendios distribuidos en alrededor de la planta diferenciados en polvo químico seco (PQS) y CO<sub>2</sub>, además de una bomba de agua.

### 5.1.2. Identificación de puestos de trabajo

Mediante levantamiento en campo se identificaron por métodos mixtos los puestos de trabajo, pues la misma no disponía de organigramas o distribución de personal oficial. Registrando las tareas comprendidas en la producción de asfalto. Distribuyendo a los mismos de la siguiente manera, que fueron sujetos para el análisis del presente documento:

**Tabla 27:**

*Resultados de la caracterización de los puestos de trabajo*

| No | Puesto de trabajo  | Género del trabajador | Edad del trabajador | Ubicación en la planta de asfalto   | Tareas realizadas                                                                                                      |
|----|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Ayudante de planta | Masculino             | 20-23 años          | Tolvas<br>Bandas<br>transportadoras | Verifica el correcto funcionamiento de la tolva, banda recolectora y banda caliente para que no existan obstrucciones. |

| No | Puesto de trabajo                        | Género del trabajador | Edad del trabajador | Ubicación en la planta de asfalto | Tareas realizadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | Operador responsable de planta asfáltico | Masculino             | 25-30 años          | Cabina de control                 | Mediante la programación automática de la planta, enciende, verifica y supervisa el correcto funcionamiento de la misma.<br>Comprueba las dosificaciones y tamaño de material pétreo y del asfalto.<br>Controla la temperatura de la mezcla asfáltica en su salida, así como, el óptimo funcionamiento de la flama. |
| 3  | Despachador de asfalto                   | Masculino             | 40-60 años          | Área de despacho (Silo)           | Inspecciona que la mezcla asfáltica saliente se distribuya de forma uniforme en la volqueta, siendo de forma automática                                                                                                                                                                                             |
| 4  | Operador de maquinaria pesada            | Masculino             | 30-50 años          | Cargadora frontal                 | Acopia y almacena material pétreo en áreas determinadas para posteriormente ser utilizado en la fabricación de mezcla asfáltica.<br>Carga a las tolvas el material.                                                                                                                                                 |
| 5  | Supervisor de la planta                  | Masculino             | 30-40 años          | Balanza                           | Pesa las volquetas en la balanza para corroborar que cuenten con el volumen solicitado<br>Registra y entrega documentación de despacho de material<br>Coordina y supervisa trabajos de mantenimiento de la planta de asfalto.                                                                                       |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Según lo indica la tabla anterior se identificaron 5 puestos de trabajo, el trabajador catalogado como ayudante de planta fue el único que realiza 3 actividades a la vez mientras la producción de asfalto se genera. Los demás trabajadores, realizaron una actividad correspondiente a su puesto de trabajo.

Las edades se encontraron en valores aproximados debido a la protección de información. Para su proceso se apoyó en encuestas realizadas a cada trabajador en el mes de mayo y septiembre. La duración de la jornada diaria fue de 8 horas con una hora adicional de almuerzo.

El mantenimiento de la misma, ha sido programado en días que no existe demanda de mezcla asfáltica, generalmente es en festividades de fin de año. Por tal motivo, no se registraron actividades relacionadas a este proceso en el estudio realizado.

### 5.1.3. *Identificación y evaluación de riesgos laborales*

Para la identificación y evaluación de riesgos laborales, se siguió la metodología descrita por la matriz IPERC. En donde, al reconocer los puestos de trabajo y sus actividades rutinarias, no rutinarias y posibles emergencias se enlista los peligros laborales a los que se exponen los trabajadores, del mismo modo se valora a los más críticos resultando en importantes e intolerantes.

A continuación, se detalla un ejemplo del cálculo de la matriz IPERC realizado para el puesto de trabajo.

**Nombre:** Ayudante de planta

**Tarea:** Vigilar constantemente que no exista obstrucciones en tolvas, banda recolectora, banda caliente

**Riesgo identificado:** Tipo: Físico

**Factor de riesgo:** Ruido

**Nivel de probabilidad**

- Índice de personas expuestas (A): 1 (2 operarios por cada puesto de trabajo).
- Índice de procedimientos existentes (B): 2 (Existen parcialmente y no son satisfactorias o suficientes, debido a que en la inspección el trabajador no usaba correctamente las orejeras).
- Índice de capacitación (C): 2 (Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de trabajo).
- Índice de exposición al peligro (D): 3 (Sucede de manera constante o repetida en la jornada laboral con duración prolongada; al menos una vez al día).

**Ecuación 2:**

*Resultado del índice de probabilidad*

$$\text{Nivel de índice de probabilidad} = A + B + C + D$$

Nivel de índice de probabilidad =  $1 + 2 + 2 + 3$

Nivel de índice de probabilidad = 8

### Índice de severidad

Extremadamente dañino (3): Daños a la salud de forma irreversible: Hipoacusia

### Ecuación 3:

*Resultado del nivel de riesgo*

**Nivel de riesgo** = Nivel de probabilidad x índice de Severidad

Nivel de riesgo =  $8 \times 3$

Nivel de riesgo = 23

### Tabla 28:

*Resultado del nivel de riesgo*

| NIVEL DE RIESGO                       | INTERPRETACIÓN / SIGNIFICADO                                                                                                                                                                                                                                       | SIGNIFICATIVO |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Importante</b><br><b>(17 – 24)</b> | En este nivel tampoco se puede comenzar un trabajo si no se ha reducido significativamente el riesgo. Sin embargo, puede indicar que los peligros sean más fáciles de controlar e implementar medidas de corrección inmediatas, con un tiempo menor de aplicación. | SI            |

*Nota. Adaptado de (SUNAFIL, 2022)*

Se toma en cuenta que este proceso es de carácter subjetivo, en condiciones reales por cada puesto de trabajo y condiciones laborales presentadas en las visitas técnicas y encuesta semiestructurada realizada.

Del mismo modo se realizó todos los peligros identificados, reduciendo en los riesgos más críticos, resumidos en las siguientes tablas:

**Tabla 29:**

*Resumen matriz IPERC Trabajador No. 1: Ayudante de planta*

| PUESTO DE TRABAJO  | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                                                                                                     | RIESGO IDENTIFICADO  |                                               | EFECTO EN LA SALUD                                            | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|--------------------|---------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                    | R             | N/R |                                                                                                                                             | Tipo                 | Clase                                         |                                                               | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
| Ayudante de planta | X             |     | Exposición de altos decibeles de ruido por el funcionamiento del tambor en la fabricación de asfalto (y de los generadores de electricidad) | Físico               | Ruido                                         | Hipoacusia                                                    | 27                    | Intolerable      |
|                    | X             |     | Trabajo encima de las tolvas introduciendo material                                                                                         | Mecánico             | Atrapamiento                                  | Fracturas, amputaciones                                       | 18                    | Importante       |
|                    | X             |     | Caídas desde las tolvas                                                                                                                     | Mecánico             | Caídas a distinto nivel                       | Lesiones cerebrales traumáticas, muerte                       | 24                    | Importante       |
|                    | X             |     | No existe señalización en la maquinaria de prevención de accidentes mecánicos por la fabricación de asfalto                                 | Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas     | Atropellos, golpes, caídas, lesiones                          | 24                    | Importante       |
|                    | X             |     | No existe barandales o protecciones en caso en que el operador resbale de las tolvas                                                        | Seguridad (Locativo) | Caídas a distinto nivel                       | Golpes, contusiones, lesiones, muerte                         | 27                    | Intolerable      |
|                    | X             |     | No existen escaleras para subir a las tolvas                                                                                                | Seguridad (Locativo) | Falta de escaleras                            | Lesiones cerebrales traumáticas, muerte                       | 30                    | Intolerable      |
|                    | X             |     | Retiro de material de las bandas transportadoras                                                                                            | Mecánico             | Atascamiento                                  | Fracturas, amputaciones                                       | 24                    | Importante       |
|                    | X             |     | Exposición a material particulado                                                                                                           | Químico              | Inhalación de material particulado respirable | Trastornos en el sistema respiratorio, irritación en los ojos | 18                    | Importante       |
|                    | X             |     | Exposición a mezcla asfáltica                                                                                                               | Químico              | Asfalto                                       | Irritación de las vías respiratorias superiores,              | 18                    | Importante       |

| PUESTO DE TRABAJO | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                                                                     | RIESGO IDENTIFICADO  |                                           | EFECTO EN LA SALUD                                | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|-------------------|---------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                   | R             | N/R |                                                                                                             | Tipo                 | Clase                                     |                                                   | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
|                   |               |     |                                                                                                             |                      |                                           | tos persistente, irritación en los ojos, cefaleas |                       |                  |
|                   | X             |     | No existe señalización en la maquinaria de prevención de accidentes mecánicos por la fabricación de asfalto | Seguridad (Locativo) | Falta señalización de en áreas peligrosas | Atropellos, golpes, caídas, lesiones              | 24                    | Importante       |

*Nota.* Abreviatura R: Actividad Rutinaria, N/R: Actividad No Rutinaria

### Tabla 30:

*Resumen matriz IPERC Trabajador No. 2: Operador responsable de la planta*

| PUESTO DE TRABAJO                 | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                                              | RIESGO IDENTIFICADO  |                                                 | EFECTO EN LA SALUD                          | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|-----------------------------------|---------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                                   | R             | N/R |                                                                                      | Tipo                 | Clase                                           |                                             | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
| Operador responsable de la planta | X             |     | No existe señalización sobre riesgos laborales dentro de la cabina                   | Seguridad (Locativo) | Falta señalización de en áreas peligrosas       | Atrapamientos, golpes, caídas, lesiones     | 24                    | Importante       |
|                                   | X             |     | Carencia de extintores en la cabina de control donde se manejan circuitos eléctricos | Seguridad (Locativo) | No existen para esta área                       | Quemaduras, explosiones, incendios, muertes | 24                    | Importante       |
|                                   | X             |     | La escalera no dispone de barandales                                                 | Seguridad (Locativo) | Escaleras sin barandales y en malas condiciones | Lesiones cerebrales traumáticas, muerte     | 18                    | Importante       |
|                                   | X             |     | Mantenerse sentado o de pie durante mucho tiempo                                     | Ergonómicos          | Posturas Forzadas                               | Trastornos musculoesqueléticos              | 20                    | Importante       |

*Nota.* Abreviatura R: Actividad Rutinaria, N/R: Actividad No Rutinaria

**Tabla 31:**

*Resumen matriz IPERC Trabajador No. 3: Despachador de asfalto*

| PUESTO DE TRABAJO      | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                                           | RIESGO IDENTIFICADO  |                                                                        | EFECTO EN LA SALUD                                                                    | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|------------------------|---------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                        | R             | N/R |                                                                                   | Tipo                 | Clase                                                                  |                                                                                       | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
| Despachador de asfalto | X             |     | Exposición al ruido por el funcionamiento del tambor en la fabricación de asfalto | Físico               | Ruido                                                                  | Hipoacusia                                                                            | 27                    | Intolerable      |
|                        | X             |     | Exposición al material particulado de la planta de asfalto                        | Químico              | Inhalación de polvo                                                    | Daños en los pulmones, tos seca, alergia                                              | 18                    | Importante       |
|                        | X             |     | Exposición al asfalto en caliente al momento de despachar                         | Mecánico             | Atrapamiento                                                           | Fracturas, amputaciones                                                               | 18                    | Importante       |
|                        | X             |     | No existe señalización en el área de despacho                                     | Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas                              | Atropellos, golpes, caídas, lesiones                                                  | 24                    | Importante       |
|                        | X             |     | Caída de la infraestructura para despachar el asfalto                             | Seguridad (Locativo) | Trabajo a distinto nivel                                               | Golpes, contusiones, lesiones, muerte                                                 | 18                    | Importante       |
|                        | X             |     | Suelo irregular                                                                   | Seguridad (Locativo) | Caídas al mismo nivel                                                  | Golpes, raspaduras                                                                    | 18                    | Importante       |
|                        | X             |     | No existen extintores cerca del despacho de material                              | Seguridad (Locativo) | Extintores mal ubicados                                                | Quemaduras, explosiones, incendios, muertes                                           | 18                    | Importante       |
|                        | X             |     | La escalera no está fija en el suelo y no dispone de barandales                   | Seguridad (Locativo) | Escalera inestable, de material no adecuado y sin protección colectiva | Traumatismos craneoencefálico leve, fracturas, contusiones múltiples y posible muerte | 27                    | Importante       |
|                        | X             |     | Mantenerse de pie durante su jornada                                              | Ergonómicos          | Posturas forzadas                                                      | Lumbalgia, varices                                                                    | 20                    | Importante       |

*Nota.* Abreviatura R: Actividad Rutinaria, N/R: Actividad No Rutinaria

**Tabla 32:**

*Resumen matriz IPERC Trabajador No. 4: Operador de maquinaria pesada*

| PUESTO DE TRABAJO                                        | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                     | RIESGO IDENTIFICADO          |                                           | EFECTO EN LA SALUD                          | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|----------------------------------------------------------|---------------|-----|-------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                                                          | R             | N/R |                                                             | Tipo                         | Clase                                     |                                             | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
| <b>Operador de maquinaria pesada (cargadora frontal)</b> | X             |     | No porta con extintores dentro de la cargadora frontal      | Seguridad (Locativo)         | Falta de extintores                       | Quemaduras, explosiones, incendios, muertes | 30                    | Intolerable      |
|                                                          | X             |     | No existe señalización en la planta de asfalto              | Seguridad (Locativo)         | Falta de señalización en áreas peligrosas | Atropellos, golpes, caídas, lesiones        | 21                    | Importante       |
|                                                          | X             |     | Exposición a choques contra objetos de la planta de asfalto | Seguridad (Locativo)         | Golpe contra objetos inmóviles/móviles    | Daños materiales                            | 21                    | Importante       |
|                                                          | X             |     | Mantenerse sentado                                          | Ergonómicos                  | Posturas forzadas                         | Lumbalgia, varices                          | 18                    | Importante       |
|                                                          | X             |     | Uso de maquinaria pesada a diésel                           | Seguridad (Industrial mayor) | Almacenamiento de material inflamable     | Quemadura, explosiones, incendios, muertes  | 21                    | Importante       |

*Nota.* Abreviatura R: Actividad Rutinaria, N/R: Actividad No Rutinaria

**Tabla 33:**

*Resumen matriz IPERC Trabajador No. 5: Supervisor de la planta*

| PUESTO DE TRABAJO       | TIPO DE TAREA |     | PELIGRO                                                                         | RIESGO IDENTIFICADO          |                                           | EFECTO EN LA SALUD                                                     | EVALUACION DE RIESGOS |                  |
|-------------------------|---------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                         | R             | N/R |                                                                                 | Tipo                         | Clase                                     |                                                                        | RIESGO                | NIVEL DEL RIESGO |
| Supervisor de la planta | X             |     | Exposición de altos decibeles de ruido por el funcionamiento del tambor secador | Físico                       | Ruido                                     | Hipoacusia                                                             | 24                    | Importante       |
|                         | X             |     | Exposición a material particulado por la producción de asfalto                  | Químico                      | Inhalación de polvo                       | Daños en los pulmones, tos seca, alergia                               | 24                    | Importante       |
|                         | X             |     | Exposición a atropellos por la circulación constante de vehículos pesados       | Seguridad (Locativo)         | Atropello o golpes por vehículos pesados  | Lesiones cerebrales traumáticas, muerte                                | 24                    | Importante       |
|                         | X             |     | No existe señalización preventiva                                               | Seguridad (Locativo)         | Falta de señalización en áreas peligrosas | Atropellos, golpes, caídas, lesiones                                   | 24                    | Importante       |
|                         | X             |     | Supervisión a los tanques de diésel                                             | Seguridad (Industrial mayor) | Derrames de diésel                        | Quemaduras, irritación en la piel, problemas en las vías respiratorias | 24                    | Importante       |

*Nota.* Abreviatura R: Actividad Rutinaria, N/R: Actividad No Rutinaria

Por tanto, se identificaron riesgos laborales a los que están expuestos en general los trabajadores, que son:

1. **Físicos:** Exposición a ruido por la operación de la planta.
2. **Químico:** Exposición a material particulado, mezcla asfáltica, GLP.
3. **Mecánicos:** Por la manipulación de herramientas, equipos y maquinaria
4. **Seguridad (Locativo):** Deficiente señalización en zonas de riesgo, inadecuada infraestructura de escaleras de acceso a distintos equipos.
5. **Seguridad (Industrial mayor):** Almacenamiento y derrame de químicos (diésel).
6. **Ergonómico:** Posturas forzadas al mantenerse de pie por largos periodos de tiempo y al utilizar herramientas manuales.
7. **Psicosociales:** Alta exigencia y carga de trabajo constante durante la producción.

Por tanto, se realizaron mediciones específicas para el análisis físico, químico y ergonómico.

#### ***5.1.4. Evaluación técnica de riesgos laborales***

##### **5.1.4.1. Análisis físico**

###### ***5.1.4.1.1. Resultados mediciones de ruido***

Se realizó mediciones de niveles de ruido con el uso de sonómetro por puesto de trabajo y con dosímetro al trabajador con mayor exposición. Resultando la siguiente información:

#### **Mediciones con sonómetro**

Los puestos evaluados fueron:

**Tabla 34:**

*Puestos de trabajo evaluados*

| Puesto de trabajo             | Fuente emisora de ruido                  | Tarea realizada                                                                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ayudante de planta            | Tolva, banda recolectora, banda caliente | Supervisión de tolva, banda recolectora, banda caliente durante 2 horas.                                       |
| Operador de planta            | Tambor secador-mezclador                 | Manejo de comando eléctricos durante 2 horas.                                                                  |
| Despachador de material       | Silo y movimiento de maquinaria pesada   | Verificar la descarga de material en la maquinaria pesada durante 2 horas.                                     |
| Operador de maquinaria pesada | Planta de asfalto                        | Colocar material pétreo desde el almacenamiento hasta las tolvas durante 2 horas.                              |
| Jefe de la planta             | Planta de asfalto                        | Pesar las volquetas en la balanza y entregar documentación de despacho de material asfáltico, durante 2 horas. |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

La medición de ruido se efectuó en condiciones normales de producción asfáltica, en horario diurno en el que se presentaba la demanda de la misma. Mediante el uso del sonómetro de marca PCE-430, en ponderación A, y respuesta lenta (slow).

El mismo fue calibrado antes y después de cada evaluación, para mayor confiabilidad de las evaluaciones.

Como indica la INSST (2022) en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en lugares de trabajo, según los pasos indicados en la parte de la metodología del presente documento, obteniendo los siguientes resultados:

Número total de datos obtenidos por cada puesto de trabajo: 180 resultados

**Tabla 35:**

*Resultados obtenidos de la medición de ruido con el uso de sonómetro*

| Puesto de trabajo  | Lugar de trabajo  | Resultado LAeq (dBA) | Resultado mínimo LAeq (dBA) | Resultado máximo LAeq (dBA) | Resultado LA pico (dBA) |
|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Ayudante de planta | Tolvas            | 74,33                | 66,5                        | 82,2                        | 90,24                   |
|                    | Banda recolectora | 84,82                | 68,5                        | 89,8                        | 105,61                  |
|                    | Banda caliente    | 94,79                | 69,9                        | 97,4                        | 115,12                  |

| Puesto de trabajo             |    | Lugar de trabajo  | Resultado LAeq (dBA) | Resultado mínimo LAeq (dBA) | Resultado máximo LAeq (dBA) | Resultado LA pico (dBA) |
|-------------------------------|----|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Operador planta               | de | Caseta de control | 81,99                | 70,6                        | 86,7                        | 104,25                  |
| Despachador de material       | de | Silo              | 79,52                | 64                          | 87,8                        | 92,67                   |
| Operador de cargadora frontal | de | Cargadora frontal | 70,12                | 62,6                        | 75,1                        | 85                      |
| Jefe de planta                |    | Balanza           | 74,84                | 55,6                        | 83,4                        | 89,92                   |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

En donde, para conocer el valor exacto en el que se está expuesto el ayudante de planta se debe realizar la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 4:**

*Suma horizontal logarítmico para la presión sonora de diferentes fuentes emisoras de ruido*

$$L_{total} = 10 \log_{10} (10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + 10^{\frac{L3}{10}})$$

*Nota.* Extraído de (INSST, 2022)

Donde:

- $L_{total}$ : Nivel sonoro combinado en el receptor
- $L1, L2, L3$ = Nivel sonoro de cada fuente medido por separado

**Ecuación 5:** *Aplicación de la suma horizontal logarítmico de la ecuación 4*

$$L_{total} = 10 \log_{10} (10^{\frac{74,33}{10}} + 10^{\frac{84,82}{10}} + 10^{\frac{94,79}{10}})$$

$$L_{total} = 95,24 \text{ dB}$$

Siendo comparado con la normativa laboral de límites de exposición, como se indica a continuación:

**Tabla 36:**

*Resultados de ruido comparados con los límites de exposición de la normativa laboral aplicable*

| Ubicación del sonómetro       | Valor normativo (dBA) <sup>a</sup> | Resultado LEQ A(dBA) | Resultado    |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| Ayudante de planta            | 85                                 | 95,24                | No aceptable |
| Operador de planta            | 85                                 | 81,99                | Aceptable    |
| Despachador de material       | 85                                 | 79,52                | Aceptable    |
| Operador de cargadora frontal | 85                                 | 70,12                | Aceptable    |
| Jefe de planta                | 85                                 | 74,84                | Aceptable    |

*Nota.* Se compara el resultado obtenido de la medición en una planta de asfalto con el resultado del Anexo 3 de la Norma técnica de seguridad e higiene del trabajo del ministerio del trabajo de Ecuador

### **Dosímetro**

Se le colocó al operador con puesto de trabajo “ayudante de planta”, mismo que se encarga de verificar que no exista obstrucción de material pétreo en tolvas, banda recolectora y de material asfáltico en banda caliente, adicional ejecuta actividades de limpieza de dichas áreas.

El tiempo de colocación del dosímetro fue de 5 horas desde las 9:30 am hasta las 12:40 pm, debido a que en este tiempo tuvo su hora de almuerzo y descanso, realizando actividades en la producción de asfalto con un tiempo cubierto de 3 horas. Posterior a eso se lo volvió a colocar por 2 horas, hasta las 15:40 pm, desde las 13:40 pm, realizando actividades de limpieza de la planta. Resultando lo siguiente:

**Tabla 37:**

*Resultados obtenidos de presión sonora con dosimetría en tiempo de exposición de 3 horas (producción de asfalto)*

| Parámetro                                  | Resultado |
|--------------------------------------------|-----------|
| LAeq (Nivel sonoro continuo equivalente A) | 86,4 dBA  |

| Parámetro                                            | Resultado |
|------------------------------------------------------|-----------|
| LC peak (Nivel sonoro más alto: pico)                | 127,7 dBA |
| TWA 8 h proyectado (Promedio ponderado en el tiempo) | 83,1 dBA  |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Del mismo modo, luego de las actividades de producción, el trabajador realizó actividades de mantenimiento como la limpieza de los equipos con el uso de herramientas manuales obteniendo los siguientes valores:

### Tabla 38:

*Resultados obtenidos de presión sonora con dosimetría en tiempo de exposición de 2 horas (actividades de limpieza)*

| Parámetro                                            | Resultado |
|------------------------------------------------------|-----------|
| LAeq (Nivel sonoro continuo equivalente A)           | 68,5 dBA  |
| LC peak (Nivel sonoro más alto: pico)                | 102,0 dBA |
| TWA 8 h proyectado (Promedio ponderado en el tiempo) | 49,8 dBA  |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Resultando que el trabajador analizado estuvo expuesto a niveles de ruido más bajos a comparación con la primera medición, predominando un ruido tenue. Lo cual se relacionó con las actividades específicas realizadas en el periodo evaluado. Adicional, se pudo observar el periodo de pausa de 1 hora, entre las 13:10 horas hasta las 14:10 horas, debido a tiempo de descanso y almuerzo proporcionado para el operador.

Para conocer el ruido ponderado se desarrollaron las siguientes fórmulas, en primer lugar, se conoce la suma por tramos.

### Ecuación 6:

*Suma por tramos para el dosímetro*

$$LEX, 8h = 10 \log_{10} \left( \frac{t1 * 10^{\frac{L1}{10}} + t2 * 10^{\frac{L1}{10}}}{8} \right)$$

*Nota.* Extraído de (ISO, 2025)

Donde:

- Lex, 8h: Limite de exposición en 8 horas.

- T1, t2: Tiempos medidos con el dosímetro funcionando
- L1, L2: Resultados obtenidos en LAeq

**Ecuación 7:**

Resultado de la suma de tramos por dosímetro

$$LEX, 8h = 10 \log_{10} \left( \frac{3 * 10^{\frac{86,4}{10}} + 2 * 10^{\frac{68,5}{10}}}{8} \right)$$

$$LEX, 8h = 82,19 \text{ dBA}$$

*Nota.* Elaboración propia (2025)

La dosimetría personal en ponderación A, normalizada a 8 horas reflejó un resultado de 82,19 dBA. Este valor no excede los datos normativos de 85 dBA, sin embargo, tampoco resulta conveniente por lo que se sugirió de gestiones preventivas. La medición integro tanto la producción asfáltica como la limpieza de la planta (donde la mayor fuente sonora estaba completamente apagada).

Relacionando los valores obtenidos con el sonómetro en el mismo puesto de trabajo se concluye que estos datos variaron, debido a que el sonómetro mide niveles puntuales en tolvas, banda recolectora y banda caliente, lo que conlleva a ser más altos que el promedio personal. Por lo que fue propicio, añadir dicho análisis de dosimetría a este puesto de trabajo pues se desarrolla en varias tareas.

Sin embargo, ambos resultados son de importancia pues indicaron como sugerencia realizar controles de ingeniería en la fuente sonora, registrar mantenimientos periódicos en los equipos que comprenden la planta, así como, el uso constante del equipo de protección personal con atenuación adecuada.

**5.1.4.2. Análisis Ergonómico**

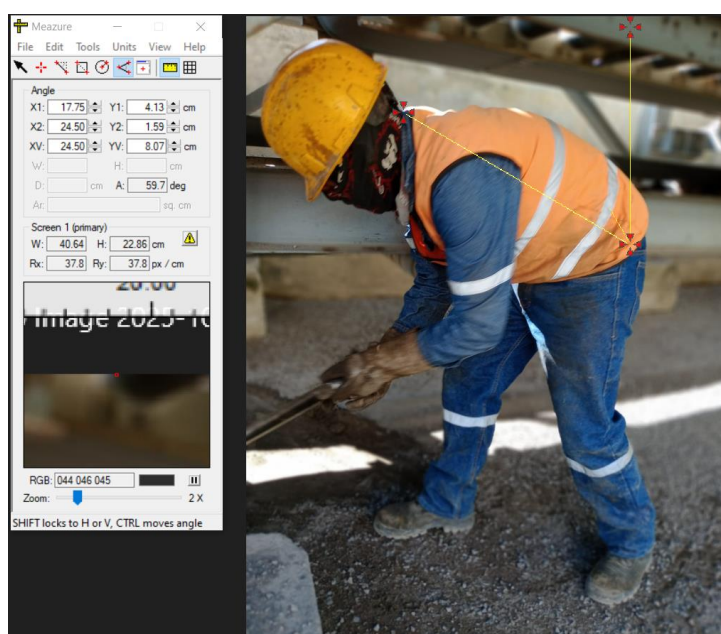
Se realizo el análisis ergonómico en las posturas adoptadas por los trabajadores en tareas puntuales, pues en la mayoría del tiempo de producción realizaron vigilancia

que es visualizar el estado óptimo de los equipos. Se evaluaron las posturas de acuerdo al siguiente ejemplo, utilizando la metodología de evaluación REBA, se toma en cuenta el cálculo de todas las posturas analizadas se encuentra en el Anexo 1. Análisis ergonómico de las posturas ejecutadas por puestos de trabajo:

## 1. Puntuación del tronco

**Figura 17:**

*Evaluación del tronco*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 39:**

*Puntuación de tronco método REBA*

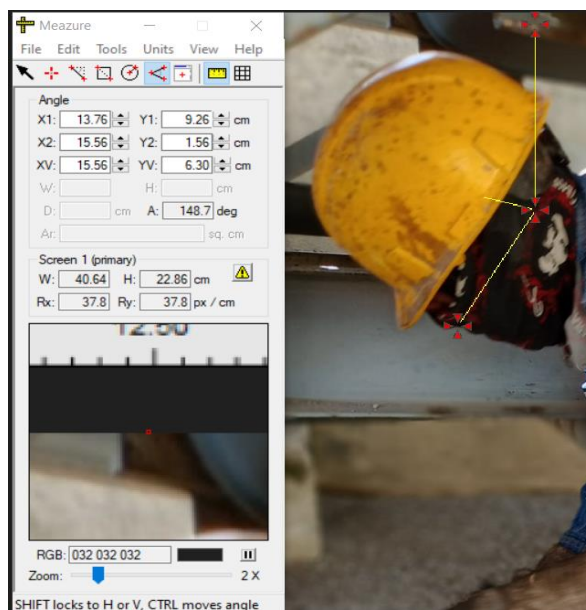
| Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
| 59,7° flexión               | 3          | No existe torsión o inclinación lateral | 3                |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 2. Puntuación del cuello

**Figura 18:**

*Evaluación del cuello*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 40:**

*Puntuación de cuello método REBA*

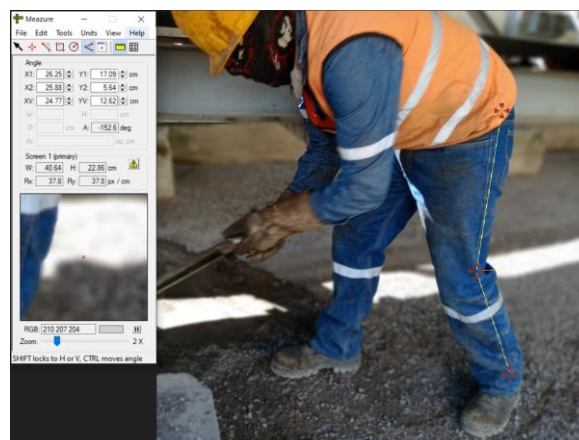
| Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
| 148,7°-90°=58,7° flexión    | 2          | No existe torsión o inclinación lateral | 2                |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

### 3. Puntuación de piernas

**Figura 19:**

*Evaluación de las piernas*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 41:**

*Puntuación de las piernas con el método REBA*

| Posición          | Puntuación | Corrección                                                                                         | Puntuación total |
|-------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Soporte bilateral | 1          | $180^\circ - 152,6^\circ = 27,4^\circ$ no existe flexión de rodillas entre $30^\circ$ y $60^\circ$ | 1                |

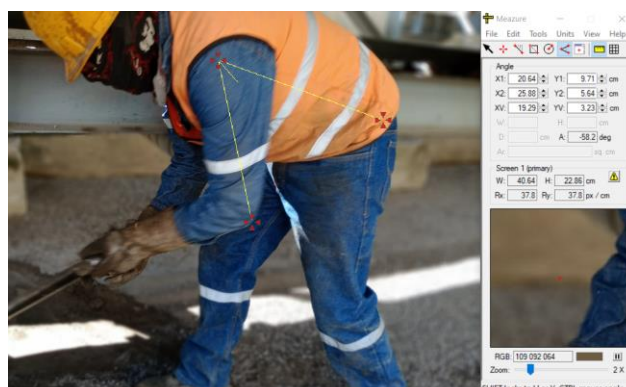
*Nota.* Elaboración propia (2025)

## GRUPO B

### 1. Puntuación de brazos

**Figura 20:**

*Evaluación del brazo*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 42:**

*Puntuación de brazo método REBA*

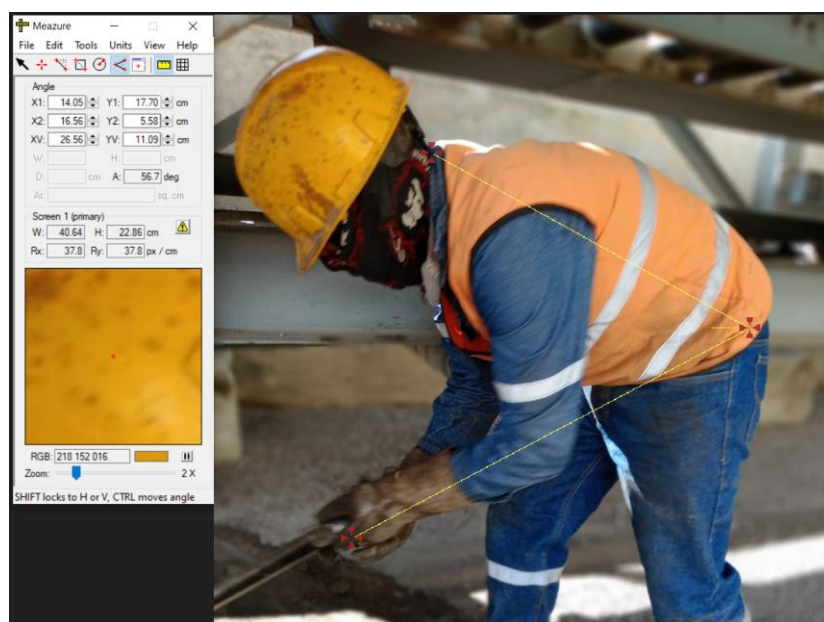
| Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                       | Puntuación total |
|-----------------------------|------------|----------------------------------|------------------|
| 58,2° flexión               | 3          | +1 si hay abducción*<br>rotación | 4                |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 2. Puntuación de antebrazo

**Figura 21:**

*Evaluación del antebrazo*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

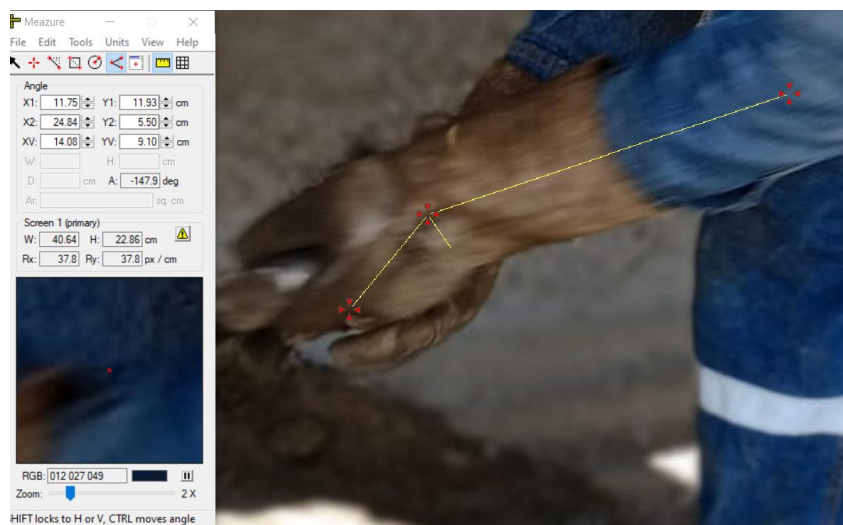
**Tabla 43:**

*Puntuación del antebrazo con el método REBA*

| Angulo obtenido por Meazure | Puntuación |
|-----------------------------|------------|
| 56,7° flexión               | 2          |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 3. Puntuación de muñeca

**Figura 22:***Evaluación de la muñeca**Nota. Elaboración propia (2025)***Tabla 44:***Puntuación de las muñecas con el método REBA*

| Angulo obtenido por Meazure  | Puntuación | Corrección                      | Puntuación total |
|------------------------------|------------|---------------------------------|------------------|
| 180° - 147,9°= 32,1° flexión | 2          | +1 Si existe desviación lateral | 3                |

*Nota. Elaboración propia (2025)*

### PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Según lo explica INSHT (2001) en la NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA, se obtuvieron puntuaciones por cada uno de los grupos A y B, representados en las siguientes tablas, tomando en cuenta que se evaluó la carga/fuerza en la que se asignan valores adiciones, de acuerdo al peso del material que debe cargar el trabajador:

**Tabla 45:**

*Puntuación Grupo A*

|         |   | Cuello |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota. Cálculo de filas y columnas con los resultados obtenidos. Extraído de (INSHT, 2001)*

Con las puntuaciones parciales del grupo A, donde el cuello resultó con 2 puntos, piernas 1 punto, tronco 3 puntos. Se obtiene un valor del grupo A de 6 puntos.

Adicional, se toma en cuenta que el trabajador alzó una carga de 5 a 10 kg, sumando el peso de la herramienta manual (pala) y el material pétreo que debe mover o colocar. Generando una puntuación de carga/fuerza de 1

**Tabla 46:**

*Puntuación Grupo B*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota. Cálculo de filas y columnas con los resultados obtenidos. Extraído de (INSHT, 2001)*

Para el grupo B, se obtuvo un resultado de antebrazo de 2 puntos, muñeca de 3 puntos y brazo de 4 puntos, siendo como valor final 7 puntos.

El agarre que utilizó el trabajador es bueno, pues efectuó un agarre total de la manija de la pala. Obteniendo una puntuación de 0.

### Puntuación final método REBA

Una vez, analizados los resultados finales con las tablas antes mencionadas se emplea la tabla de puntuación final en la que se relaciona la puntuación del grupo A y B. Estableciendo también el nivel de riesgo.

**Tabla 47:**

*Relación del grupo A y B del método REBA*

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|              | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1            | 1            | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2            | 1            | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3            | 2            | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4            | 3            | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5            | 4            | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6            | 6            | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7            | 7            | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8            | 8            | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9            | 9            | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10           | 10           | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11           | 11           | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12           | 12           | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

+1: Secciones del cuerpo que permanecen estáticas, por ej. Aguantadas más de 1 min.  
 +1: Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto.  
 +1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.

*Nota.* Cálculo de filas y columnas con los resultados obtenidos. Extraído de (INSHT, 2001)

Con respecto a la actividad, el trabajador no se mantuvo estático en la actividad por más de 1 minuto, y no requiere de repeticiones superiores a 4 veces por minuto pues el material que debe recoger es escaso, por lo que en tareas puntuales en caso de que se riegue el material o se atasque emplea la herramienta manual. Tampoco adopta cambios posturales importantes de flexión a extensión, si no que se mantiene erguido.

### Puntuación final

**Tabla 48:***Puntuación para el nivel de riesgo y acción del método REBA*

| Nivel de acción | Puntuación | Resultado obtenido con el análisis REBA | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis |
|-----------------|------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 3               | 8 a 10     | 9                                       | Alto            | La acción debe ser pronta         |

*Nota.* Resultado del método REBA en la posición que adopta el trabajador en ese puesto de trabajo. Extraído de (INSHT, 2001)

El análisis ergonómico dio como resultado para la postura del trabajador ayudante de planta al momento de recoger material regado de las bandas transportadoras adoptó una mala postura, puede deberse a que el espacio fue reducido para realizar dichas actividades. Sin embargo, son tareas puntuales por lo que no generó una exigencia grande a lo largo de la jornada, pues en mayor parte pasa de pie, erguido o caminando en la supervisión de los equipos.

Del mismo modo, se analizaron los puestos de trabajo con sus posturas, obteniendo los siguientes valores.

**Tabla 49:***Resultados obtenidos del análisis ergonómico*

| Puesto de trabajo                | Tarea realizada                                                 | Resultado obtenido con el análisis REBA | Nivel de riesgo                                               |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ayudante de planta               | Recoger material pétreo de las bandas transportadoras           | 9                                       | Alto (intervención y posterior análisis: Necesario pronto)    |
| Despachador de material          | Despachar el material asfáltico desde el silo hasta la volqueta | 8                                       | Alto (intervención y posterior análisis: Necesario pronto)    |
| Operador de la planta            | Controlar mediante botones el funcionamiento de la planta       | 2                                       | Bajo (intervención y posterior análisis: Puede ser necesario) |
| Operador de la cargadora frontal | Llevar material pétreo hasta las tolvas                         | 2                                       | Bajo (intervención y posterior análisis: Puede ser necesario) |
| Jefe de la planta                | Pesar el despacho de volquetas con material asfáltico           | 3                                       | Bajo (intervención y posterior análisis: Puede ser necesario) |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Lo que se concluye que los puestos de trabajo que utilizaron herramientas manuales, que debieron agacharse a realizar sus actividades tienen un mayor daño postural que los demás trabajadores que se dedican a actividades de pie o a permanecer sentados. Sin embargo, tampoco están exceptos de riesgos ergonómicos.

#### 5.1.4.3. Análisis Químico

##### 5.1.4.3.1. Resultados mediciones de material particulado

Se seleccionaron 4 lugares donde se originó el material particulado como: tolvas, bandas recolectoras, banda caliente y silo. Su composición incluyó principalmente polvo mineral (sílice, carbonatos y arcillas), junto con partículas finas de origen orgánico procedentes de la combustión (cenizas, hollín) y vapores de asfalto.

Siendo por concentración y tamaño de partícula, mediante el contador de partículas. Según la INSST (2022) en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo se diferenció al medidor de partículas como muestreo indicativo en tiempo real de lectura directa. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 50:**

*Resultados obtenidos del material particulado total con fracciones PM2.5 y PM10 compuesto por polvo mineral y partículas de combustión.*

| Lugar de medición | Fracción medida | Resultado obtenido (mg/m <sup>3</sup> ) | Valor normativo <sup>a</sup> | Resultado    |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Banda recolectora | PM 2.5          | 1,7362                                  | 3 mg/m <sup>3</sup>          | Aceptable    |
|                   | PM 10           | 2,9043                                  | 10 mg/m <sup>3</sup>         | Aceptable    |
| Banda caliente    | PM 2.5          | 3,8603                                  | 3 mg/m <sup>3</sup>          | No aceptable |
|                   | PM 10           | 9,1752                                  | 10 mg/m <sup>3</sup>         | Aceptable    |
| Silo              | PM 2.5          | 0,037                                   | 3 mg/m <sup>3</sup>          | Aceptable    |
|                   | PM 10           | 0,0829                                  | 10 mg/m <sup>3</sup>         | Aceptable    |

*Nota.* Se compara los resultados obtenidos con la norma LEP 2025.

Como se puede observar en los valores obtenidos mediante lectura directa, la banda caliente, próxima al tambor mezclador, refleja la mayor concentración de finos (PM 2,5) de 3,8603 mg/m<sup>3</sup>. Este valor supera el criterio normativo de 3 mg/m<sup>3</sup> según índices de LEP, por lo que constituye como punto crítico y de potencial riesgo a efectos respiratorios.

Así mismo, se indica los resultados de la fracción torácica (PM 10) en donde la banda caliente sitúa un valor próximo al límite de exposición, cumple con los criterios normativos. Por lo que no está exento de sugerir controles de jerarquización de controles para esta zona.

#### 5.1.4.3.2. Análisis de hojas de seguridad

En el siguiente análisis se muestra información relevante sobre los compuestos químicos que por lo general los trabajadores se expusieron de forma indirecta o directa, los cuales son asfalto (AC-20/cemento asfáltico), diésel, gas licuado de petróleo (GLP).

**Tabla 51:**

*Parámetros para el análisis de líquidos y gas inflamable en la planta de asfalto*

| Característica                    | Asfalto (AC-20)                                                                                                                                                                                                                                                            | Diésel                                                                                                                                                                                                                                                                                    | GLP                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CAS:</b>                       | 8052-42-4                                                                                                                                                                                                                                                                  | 68476-34-6                                                                                                                                                                                                                                                                                | 68476-85-7                                                                                                                                                                                            |
| <b>Estado físico – aspecto</b>    | Sólido Marrón Oscuro o negro                                                                                                                                                                                                                                               | Líquido                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente                                                                                                                                              |
| <b>Información físico-químico</b> | Producto estable a temperatura ambiente, no es reactivo ni presenta incompatibilidad con otros materiales. Un calentamiento excesivo puede causar incendio, así como el almacenamiento en altas temperaturas puede causar la formación de vapores inflamables <sup>a</sup> | Producto estable, incompatible con oxidantes fuertes como cloro líquido y oxígeno, y ácidos fuertes. Esta sustancia no se descompone a temperatura ambiente. Su combustión genera Monóxido de carbono, bióxido de carbono y otros gases asfixiantes, irritantes y corrosivos <sup>b</sup> | Es estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo, los gases producto de la combustión es bióxido de carbono, nitrógeno, vapor de agua, en algunos casos monóxido de carbono <sup>c</sup> |
| <b>Componentes</b>                | Está formado por una gran cantidad de hidrocarburos con un número de carbonos superior a C25 (Carbono e                                                                                                                                                                    | Es una mezcla de hidrocarburos y aditivos <sup>d</sup> .                                                                                                                                                                                                                                  | Mezcla comercial propano (≥65%), butano (≤40%), propileno (≤1%).                                                                                                                                      |

| Característica                                | Asfalto (AC-20)                                                                                                                                                                              | Diésel                                                                                                                                                   | GLP                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | hidrógeno), y en pequeñas cantidades e metales como níquel, hierro o vanadio.                                                                                                                |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Tipos de extintores recomendados</b>       | Polvo seco, dióxido de carbono, espuma, arena o tierra, pero nunca agua. En caso de derrames y fugas se debe barrer la sustancia solidificada e introducirla en un recipiente <sup>e</sup> . | Espuma química, polvo químico seco o dióxido de carbono, no agua directamente. Su almacenamiento debe ser en un lugar fresco y ventilado <sup>f</sup> .  | Polvo químico seco, espuma de dióxido de carbono. Además, se debe evitar fuentes de calor, contacto con agentes oxidantes fuertes, proveer de ventilación adecuada en la zona de trabajo, los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosiones <sup>g</sup> |
| <b>Límites de exposición</b>                  | El valor límite de exposición promedio ponderado en el tiempo (VLE-PPT) es de 0.5 mg/m <sup>3</sup> en 8 horas.                                                                              | El valor límite de exposición promedio ponderado en el tiempo (VLE-PPT) es de 100 mg/m <sup>3</sup> en 8 horas <sup>h</sup> .                            | El valor límite de exposición promedio ponderado en el tiempo 100 mg/m <sup>3</sup> en 8 horas <sup>i</sup>                                                                                                                                                     |
| <b>Rombo NFPA 704</b>                         |                                                                                                            |                                                                       |                                                                                                                                                                             |
| <b>Equipo de protección personal sugerido</b> | Usar ventilación. Usar extracción localizada o protección respiratoria. Guantes aislantes de calor y traje de protección. Utilizar gafas de protección de montura integral <sup>j</sup>      | Equipo de respiración. Guantes no desechables de protección química y traje de protección. Utilizar gafas de protección de montura integral <sup>k</sup> | Usar respiradores aprobados por NIOSH. Guantes de caucho de butilo, neopreno, overol y botas. Utilizar gafas de protección                                                                                                                                      |

*Nota.* Adaptado de (Repsol, 2016); Repsol, 2024b; Tygas, 2012; Repsol, 2024b; OIT & OMS, 2018; PEMEX, 2021)

Así mismo, que los vapores de asfalto pueden generar material particulado fino, interpretando que los valores establecidos para exposición ocupacional de la norma LEP 2025 es de 0.5 mg/m<sup>3</sup>, se determinó que las zonas que intervienen estos procesos de material asfáltico superan significativamente el valor de exposición permitido para el trabajador, lo que indica la necesidad de realizar controles de ingeniería, como sistemas de ventilación localizada, encapsulado de fuentes de emisión, y uso obligatorio de protección respiratoria adecuada.

Del mismo modo, se identificó que estos componentes pueden causar riesgo de seguridad mayor a nivel laboral, como incendios o explosiones, por lo que requiere que estas sustancias sean bien almacenados y manipuladas, generando también controles administrativos importantes.

Por tanto, como se va verifica en una planta de asfalto los trabajadores se exponen a varios riesgos críticos, lo que fue una base fundamental para establecer un diseño de un plan de seguridad industrial guiado a prevenir, controlar o mitigar posibles daños a la salud y al bienestar de los operarios, para garantizar una gestión más segura, eficiente y orientada a la protección del personal, las instalaciones y el entorno.

A continuación, se presenta la propuesta del plan:

# *Diseño del plan de seguridad industrial*

#### **5.1.5.1. Introducción**

El presente diseño del plan de seguridad industrial se enfocó en plantas de producción de mezcla asfáltica de tipo transportable. Por lo general, estas se ubicaron en las parroquias rurales de los distritos metropolitanos. Del mismo modo, se estableció lineamientos, responsabilidades y controles con el fin de prevenir incidentes y proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

Los objetivos del plan de seguridad fueron:

- Identificar y evaluar los riesgos laborales en los procesos y áreas de una planta de asfalto para proponer medidas de control y de prevención.
- Desarrollar competencias mediante inducción, capacitación y supervisión.

#### **5.1.5.2. Alcance**

El presente plan de seguridad industrial fue diseñado para el área de producción de la planta de asfalto, que comprende:

- Recepción y almacenamiento de áridos en las tolvas
- Conducción de áridos por la banda recolectora
- Secado, dosificado de cemento asfáltico y mezclado en el tambor
- Conducción de mezcla asfáltica por la banda caliente
- Almacenamiento y despacho por el silo a volquetas

Adicional, existieron áreas de apoyo como caseta de control y balanza.

#### **5.1.5.3. Marco Legal**

El presente plan de seguridad se basó en diferentes directrices y normativas para su desarrollo, como el siguiente marco legal:

- Constitución del Ecuador del año 2008;
- Código del trabajo:

- Acuerdo ministerial N° MDT-2024-196 “Normas generales para el cumplimiento y control de las obligaciones laborales de los empleados públicos y privados en materia de seguridad y salud en el trabajo”;
- Acuerdo Ministerial 174: Reglamento de seguridad para la construcción y obras públicas;
- Acuerdo Ministerial 1257: Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios;
- Acuerdo Ministerial 122: Reglamento de seguridad en el trabajo y prevención de riesgos laborales para la construcción y obras públicas y privadas;
- Decreto Ejecutivo 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo;
- Anexo 3: Norma técnica de seguridad e higiene del trabajo
- NTE INEN 2 2266: 2000: Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos;
- NTE INEN 146: Cascos de seguridad para uso industrial. Requisitos e inspección;
- NTE INEN/ISO 9612
- NTE INEN-ISO 45001: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo;
- NTE INEN-ISO 45003: Gestión de la seguridad y salud en el trabajo – Seguridad y salud psicológica en el trabajo – Directrices para la gestión de los riesgos psicosociales;
- NTE INEN-ISO 3864-1 2013: Símbolos gráficos, colores de seguridad y señales de seguridad.

#### **5.1.5.3.1. Marco Técnico**

- Política HSE.
- Matriz de riesgos.

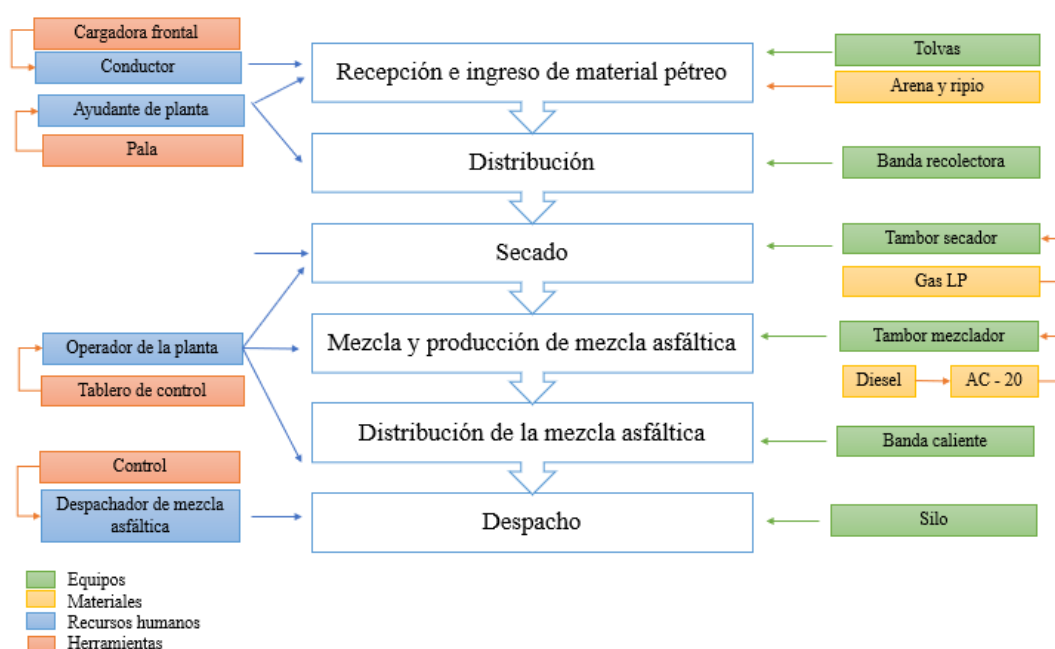
- Instructivos de trabajo en alturas, manipulación de sustancias químicas, de trabajo.
- Procedimientos internos con el uso de equipo de protección personal.
- Plan de tráfico dentro de la planta.

#### 5.1.5.4. Diagrama de procesos

El proceso de producción comprendió de 6 etapas que se describen con el grafico de procesos a continuación:

**Figura 23:**

*Diagrama de procesos*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

Se toma en cuenta que para la fabricación de mezcla asfáltica se utilizó sustancias químicas como:

- Diésel: Requerido para encender el tambor secador y la caldera, y en caso de emergencia como cortes de energía eléctrica
- GLP: Necesario para encender la flama que alimenta al tambor secador para el proceso de secado de material.

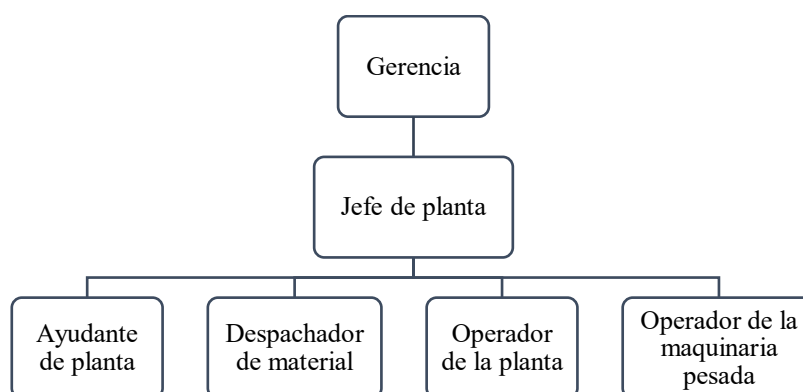
- Cemento asfáltico: Conocido como AC-20 o asfalto, se utilizó para combinarse con el material pétreo en el tambor mezclador.
- Otras sustancias no determinadas como aceites de motores o térmicos, que se requirieron para el proceso de mantenimientos programados.

#### 5.1.5.5. Responsables y responsabilidades (organigrama HSE)

Los responsables se distribuyeron en el siguiente organigrama:

**Figura 24:**

*Organigrama HSE propuesto para una planta de asfalto*



*Nota.* Elaboración propia (2025)

A continuación, se describen las responsabilidades:

1. **Gerencia:** Revisó el desempeño general de la planta, suministró metas y recursos en todas las áreas, designó los departamentos, sus responsabilidades y responsables.
2. **Jefe de planta:** Coordinó y supervisó trabajos de mantenimiento, de producción, logística de despacho de material asfáltico y recepción de material árido, y de calidad con el laboratorio interno de la empresa. También despachó

documentación de entrega de material y corroboró que las volquetas cumplan con los volúmenes indicados.

**3.1. Producción:** La producción de mezcla asfáltica comprendió varios trabajadores, describiéndolos a continuación:

**a. Ayudante de planta:** Verificó el correcto funcionamiento de la tolva, banda recolectora y banda caliente para que no existan obstrucciones.

**b. Despachador de material:** Inspeccionó que la mezcla asfáltica saliente se distribuya de forma uniforme en la volqueta, siendo de forma automática

**c. Operador de la planta:** Mediante la programación automática de la planta, encendió, verificó y supervisó el correcto funcionamiento de la misma. Comprobó las dosificaciones de material pétreo y del asfalto. Controló la temperatura de la mezcla asfáltica en su salida, así como, el óptimo funcionamiento de la flama.

**d. Operador de maquinaria pesada:** Alimentó a las tolvas de material árido y genera un acopio y almacenamiento del mismo en áreas determinadas.

#### 5.1.5.6. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgo

La matriz IPERC fue una herramienta necesaria para identificar los peligros y evaluar los riesgos en las que el trabajador se encuentra expuesto como: físicos, químicos, ergonómicos, locativos y psicosociales. Los niveles de riesgos se clasifican como tolerable (color verde), moderado (color amarillo), importante e intolerante (color rojo), un resumen de dichos riesgos detectados se puede observar a continuación:

**Tabla 52:**

*Nivel de riesgo del puesto de trabajo 1: Ayudante de planta*

| Tipo                 | Riesgo identificado                          |       | Nivel de riesgo |
|----------------------|----------------------------------------------|-------|-----------------|
|                      |                                              | Clase |                 |
| Mecánico             | Manejo de herramientas<br>Golpes de material |       | Tolerable       |
| Seguridad (Locativo) | Golpe con maquinaria pesada                  |       |                 |
| Químico              | Inhalación de gases                          |       |                 |

| Riesgo identificado  |                                                                            | Nivel de riesgo |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Tipo                 | Clase                                                                      |                 |
| Natural              | Disconfort térmico                                                         | Alto            |
| Antrópico            | Incendio provocado                                                         |                 |
|                      | Explosión por exposición a fuentes de ignición                             |                 |
| Ergonómicos          | Posturas forzadas                                                          | Moderado        |
| Químico              | Inhalación de gases                                                        |                 |
| Seguridad (Locativo) | Caídas al mismo nivel                                                      |                 |
| Psicosociales        | Carga y ritmo de trabajo                                                   |                 |
| Mecánico             | Atrapamiento                                                               |                 |
| Mecánico             | Caídas a distinto nivel                                                    | Importante      |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas                                  |                 |
| Químico              | Inhalación de material particulado respirable y vapores químicos (asfalto) |                 |
| Físico               | Ruido                                                                      | Intolerante     |
| Seguridad (Locativo) | Caídas a distinto nivel                                                    |                 |
| Seguridad (Locativo) | Falta de escaleras                                                         |                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 53:**

*Nivel de riesgo del puesto de trabajo 2: Operador de la planta de asfalto*

| Riesgo identificado    |                                                 | Nivel de riesgo |
|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|
| Tipo                   | Clase                                           |                 |
| Físico                 | Falta de iluminación                            | Tolerable       |
| Seguridad (Eléctricos) | Exposición a contactos eléctricos directos      |                 |
| Psicosociales          | Carga y ritmo de trabajo                        |                 |
| Antrópico              | Incendio provocado                              |                 |
| Físico                 | Ruido                                           | Moderado        |
| Ergonómicos            | Posturas Forzadas                               |                 |
| Seguridad (Locativo)   | Falta de señalización en áreas peligrosas       | Importante      |
| Seguridad (Locativo)   | No existen extintores para esta área            |                 |
| Seguridad (Locativo)   | Escaleras sin barandales y en malas condiciones |                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 54:**

*Nivel de riesgo del puesto de trabajo 3: Despachador de asfalto*

| Riesgo identificado   |                                                | Nivel de riesgo |
|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------|
| Tipo                  | Clase                                          |                 |
| Físico                | Altas temperaturas                             | Moderado        |
| Químico               | Inhalación de polvo                            |                 |
|                       | Inhalación de gases                            |                 |
| Seguridad (Locativo)  | Trabajo a distinto nivel                       |                 |
| Seguridad (Eléctrico) | Manipulación de pulsadores eléctricos          |                 |
| Natural               | Disconfort térmico                             |                 |
| Antrópico             | Incendio provocado                             |                 |
|                       | Explosión por exposición a fuentes de ignición |                 |

| Tipo                 | Riesgo identificado                             | Clase | Nivel de riesgo |
|----------------------|-------------------------------------------------|-------|-----------------|
| Mecánico             | Atrapamiento                                    |       | Importante      |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas       |       |                 |
|                      | Extintores mal ubicados                         |       |                 |
|                      | Escaleras sin barandales y en malas condiciones |       |                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 55:**

*Nivel de riesgo del puesto de trabajo 4: Operador de la cargadora frontal*

| Tipo                         | Riesgo identificado                       | Clase | Nivel de riesgo |
|------------------------------|-------------------------------------------|-------|-----------------|
| Físico                       | Ruido                                     |       | Tolerable       |
|                              | Vibraciones                               |       |                 |
| Mecánico                     | Manejo de vehículos pesados               |       |                 |
| Químico                      | Inhalación de gases                       |       |                 |
|                              | Inhalación de polvo                       |       | Moderado        |
| Seguridad (Locativo)         | Derrumbe de material                      |       |                 |
| Seguridad (Locativo)         | Golpe vehículos pesados                   |       |                 |
| Seguridad (Locativo)         | Trabajo a distinto nivel                  |       |                 |
| Ergonómicos                  | Posturas forzadas                         |       |                 |
|                              | Movimientos repetitivos                   |       | Importante      |
| Psicosociales                | Carga y ritmo de trabajo                  |       |                 |
| Natural                      | Discomfort térmico                        |       |                 |
| Mecánico                     | Caídas a distinto nivel                   |       |                 |
| Seguridad (Locativo)         | Golpe contra objetos inmóviles/móviles    |       | Importante      |
| Seguridad (Locativo)         | Falta de señalización en áreas peligrosas |       |                 |
| Seguridad (Industrial mayor) | Derrames de sustancias tóxicas (diésel)   |       |                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 56:**

*Nivel de riesgo del puesto de trabajo 5: Supervisor de la planta*

| Tipo                         | Riesgo identificado                            | Clase | Nivel de riesgo |
|------------------------------|------------------------------------------------|-------|-----------------|
| Físico                       | Ruido                                          |       | Tolerable       |
|                              | Vibraciones                                    |       |                 |
| Mecánico                     | Manejo de vehículos pesados                    |       |                 |
| Químico                      | Inhalación de polvo                            |       |                 |
| Seguridad (Locativo)         | Caídas al mismo nivel                          |       | Moderado        |
| Ergonómico                   | Posturas forzadas                              |       |                 |
|                              | Carga y ritmo de trabajo                       |       |                 |
| Físico                       | Ruido                                          |       | Moderado        |
| Antrópico                    | Incendio provocado                             |       |                 |
|                              | Explosión por exposición a fuentes de ignición |       | Importante      |
| Seguridad (Locativo)         | Atropello o golpes por vehículos pesados       |       |                 |
| Seguridad (Industrial mayor) | Derrames de sustancias tóxicas (diésel)        |       |                 |
|                              | Derrames de sustancias tóxicas (AC-20)         |       |                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

### 5.1.5.7. Controles y medidas preventivas

Las medidas de prevención y corrección propuesta se realizaron en base de la identificación de peligros y la valoración de riesgos laborales, más críticos catalogándose como importante e intolerante en la matriz IPERC, de acuerdo a la jerarquía de controles, esta última se indicó como puede mejorar la seguridad industrial desde la eliminación, sustitución de algún elemento, maquinaria o materia prima, un control de ingeniería (implementar tecnología), control administrativo (manual de uso, registros de inspecciones o capacitaciones), y el uso del adecuado equipo de protección personal.

Se presenta a continuación una matriz tipo semáforo donde se explicó los riesgos a los que se pueden encontrar más críticos y los que no, por puesto de trabajo

**Tabla 57:**

*Controles preventivos y correctivos*

| <b>Puesto de trabajo</b>                | <b>Actividad</b>                                                                                  | <b>Principales riesgos</b>                                                                                                                     | <b>Controles preventivos y correctivos</b>                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ayudante de planta</b>               | Supervisar que no existan obstrucciones de material en tolvas, banda caliente y banda recolectora | Ruido, atrapamientos, atropellamiento, golpes, caída a distinto /mismo nivel, posturas forzadas                                                | Guardas de seguridad en las bandas transportadoras, señalización, rutas seguras, uso de guantes                                                                              |
| <b>Operador de la planta de asfalto</b> | Programa la funcionalidad de la maquinaria y equipos                                              | Contacto con circuitos eléctricos, caída al mismo nivel, escalera sin barandales                                                               | Programas de mantenimiento de circuitos eléctricos, colocación de escaleras con material inoxidable y barandillas                                                            |
| <b>Despachador de asfalto</b>           | Supervisar el asfalto en el punto de despacho                                                     | Inhalación de químicos, contacto con material caliente, atrapamiento, manipulación de circuitos eléctricos, caída a distinto nivel, atropellos | Delimitación de áreas, comunicación radial, construcción de cabina de control insonorizada con cámaras en sitios de llenado, colocación de escaleras provisionales adecuadas |
| <b>Operador de la cargadora frontal</b> | Abastecer de material pétreo dentro de las tolvas                                                 | Ruido, golpe con objetos móviles/inmóviles, derrumbe de material                                                                               | Señalización, incorporación de dispositivos de movimiento en la maquinaria pesada, delimitación de áreas de almacenamiento de material.                                      |

| Puesto de trabajo                         | Actividad                                                                                 | Principales riesgos                                                                                                 | Controles preventivos y correctivos                                                                                                                        |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Supervisor de la planta de asfalto</b> | Gestionar que la planta de asfalto opere de forma óptima y despacho de material asfáltico | Atropellamiento, ruido, exposición a sustancias químicas, caída al mismo nivel, carga y ritmo de trabajo apresurado | Señalización, delimitación de área, uso de equipo de protección para manipulación de sustancias químicas, programación de actividades, construcción de una |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

Sin embargo, fue importante identificar que, por cada riesgo, se debían proponer medidas preventivas y correctivas como se explica en las siguientes tablas, pues indican el responsable, el plazo definido y los indicadores:

**Tabla 58:**

*Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 1: Ayudante de planta*

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado   | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas | Responsable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Indicadores                                               | Plazo de cumplimiento                                                  |         |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                      | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           |                                                                        |         |
| Físico              | Ruido | 27                    | Intolerable      | Banda transportadora |                        |     |     |     |     | X                             | Cronogramas de mantenimiento periódico de los elementos de las bandas transportadoras. Realizar manuales de manipulación, reparación, mantenimiento y limpieza de las bandas transportadoras. Brindar capacitaciones a los trabajadores en temas de reconocimiento de peligros, uso adecuado de protectores auditivos. Inspecciones visuales previas a los trabajos, para el correcto funcionamiento. Supervisión del uso correcto del EPP. | Coordinador de seguridad industrial<br>Jefe de producción | Mantenimientos realizados/ mantenimientos programados                  | 3 meses |
|                     |       |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           |                                                                        |         |
|                     |       |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     | X                             | Entrega de uso de tapones auditivos de acuerdo al nivel de decibels requeridos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales | 1 mes   |

| Riesgo Identificado |              | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado   | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                          | Responsable                                               | Indicadores                                                            | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|--------------|-----------------------|------------------|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase        | Riesgo                | Nivel del riesgo |                      | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                        |                                                           |                                                                        |                       |
|                     |              |                       |                  | Tolvas               |                        |     | X   |     |     | Revestimiento interno amortiguante de goma en paredes de las tolvas para bajar el impacto de los áridos.                                                                                               | Jefe de producción<br>Jefe de mantenimiento               | N° de metros de goma compradas/N° de metros de goma colocada           | 6 meses               |
|                     |              |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     | Cronogramas de mantenimiento periódico de los elementos de las tolvas                                                                                                                                  | Coordinador de seguridad industrial                       | Mantenimientos realizados/<br>mantenimientos programados               | 3 meses               |
|                     |              |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     | Manuales de colocación de material desde la cargadora frontal                                                                                                                                          |                                                           | Documentos entregados/<br>documentos planteados                        |                       |
|                     |              |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     | Señalización de áreas ruidosas                                                                                                                                                                         |                                                           | N° de señaléticas colocadas/N° de señaléticas planificadas             |                       |
| Mecánico            | Atrapamiento | 18                    | Importante       | Banda transportadora |                        |     | X   |     |     | Entrega de uso de tapones auditivos de acuerdo al nivel de decibels requeridos                                                                                                                         | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales | 1 mes                 |
|                     |              |                       |                  |                      |                        |     |     |     |     | Colocar protectores o guardas fijas en zonas de internas de la banda transportadora, y puertas de inspección en el inicio o final de las mismas para intervenir los puntos de atascamiento o limpieza. | Jefe de producción<br>Coordinador de seguridad industrial | N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                        | 6 meses               |

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Responsable                                                   | Indicadores                                                                                               | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                               |                                                                                                           |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | Colocar alarma sonora/visual para avisar el arranque de los equipos<br>Instalar botón de paro de emergencia accesible a los trabajadores, así como en su puesta en marcha un desbloqueo.<br>En todo el largo de la banda transportadora debe disponer de un cable que accione el paro de emergencia, que sea accesible.               |                                                               |                                                                                                           |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Realizar manuales de manipulación, reparación, mantenimiento y limpieza de las bandas transportadoras.<br>Brindar capacitaciones a los trabajadores en temas de reconocimiento de peligros, uso correcto de EPP y ropa de trabajo.<br>Vigilancia de trabajos en todo momento de la operación<br>Supervisión del uso correcto del EPP. | Coordinador de seguridad industrial<br><br>Jefe de producción | Documentos entregados/ documentos planteados<br><br>Capacitaciones realizadas/ capacitaciones programadas | 3 meses               |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entrega de ropa de trabajo acorde a la talla de los trabajadores                                                                                                                                                                                                                                                                      | Coordinador de seguridad industrial                           | N° de trabajadores con ropa de trabajo /N° de trabajadores totales                                        | 1 mes                 |

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                   | Responsable                                               | Indicadores                                                                                                                                                                          | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                           |                                                                                                                                                                                      |                       |
|                     |       |                       |                  | Tolvas             |                        |     | X   |     |     | Colocar la goma en las paredes de la tolva de baja fricción y acabado liso para evitar obstrucciones de material<br>Colocar válvulas de flujo de material<br>Incorporar un paro de emergencia cercano a las tolvas en caso de algún accidente.                                  | Jefe de producción<br>Coordinador de seguridad industrial | N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                                                                                                                                      | 8 meses               |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Vigilancia constante de las actividades del personal<br>Capacitación sobre los peligros en el frente de trabajo<br>Colocación de señalética de advertencia en lugares donde existan peligro de atrapamiento por o entre objetos<br>Inspección del equipo de protección personal | Coordinador de seguridad industrial                       | Capacitaciones realizadas/<br>capacitaciones programadas<br><br>Inspecciones realizadas/<br>inspecciones programadas<br><br>N° de señaléticas colocadas/N° de señaléticas adquiridas | 1 mes                 |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entrega de ropa de trabajo y equipo de protección personal                                                                                                                                                                                                                      | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de trabajadores con ropa de trabajo /N° de trabajadores totales                                                                                                                   | 1 mes                 |

| Riesgo Identificado  |                                           | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado         | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                     | Responsable                                               | Indicadores                                                                                                          | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                     | Riesgo                | Nivel del riesgo |                            | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           |                                                                                                                      |                       |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas | 24                    | Importante       | Tolva Banda transportadora |                        |     |     |     | X   | Colocación de señalética de advertencia en zonas peligrosas<br>Realizar un programa de señalización, para implementar su colocación y corroborar su buen estado y uso.<br>Capacitar al personal sobre la señalética implementada.                                                 | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de señaléticas colocadas/N° de señaléticas adquiridas<br><br>Capacitaciones realizadas/capacitaciones programadas | 2 meses               |
|                      |                                           |                       |                  |                            |                        | X   | X   |     |     | Colocar barreras de protección o barandales alrededor de las tolvas.<br>Implementar escalera fija de servicio de tipo industrial con barandales, es calones antideslizantes y de material de acero inoxidable, empotrada al suelo.                                                | Jefe de producción de Coordinador de Seguridad industrial | N° de elementos colocados /N° de elementos incorporados                                                              | 3 meses               |
| Seguridad (Locativo) | Caídas a distinto nivel                   | 27                    | Intolerable      | Tolvas                     |                        |     |     |     | X   | Generar programas de mantenimiento e inspección de los barandales de protección y escalera.<br>Capacitar al personal sobre su correcto uso<br>Supervisar las actividades laborales del puesto de trabajo<br>Realizar programas de EPP para controlar su correcto uso y reposición | Coordinador de Seguridad industrial                       | Documentos propuestos/documentos realizados<br><br>Capacitaciones realizadas/capacitaciones programadas              | 1 mes                 |

| Riesgo Identificado  |                                               |  | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado          | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                   | Responsable                                            | Indicadores                                                                                                                    |         | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-----------------------------------------------|--|-----------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                         |  | Riesgo                | Nivel del riesgo |                             | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                        |                                                                                                                                |         |                       |
|                      |                                               |  |                       |                  |                             |                        |     |     |     | X   | Entregar arnés para poder vigilar las actividades en las tolvas                                                                                                                                                                                                                                 | Coordinador de Seguridad industrial                    | N° de trabajadores con arnés/N° de trabajadores totales                                                                        | 1 mes   |                       |
| Seguridad (Locativo) | Falta de escaleras                            |  | 30                    | Intolerable      | Tolvas                      | X                      | X   | X   |     |     | Implementar escalera fija de servicio de tipo industrial con barandales, es calones antideslizantes y de material de acero inoxidable, empotrada al suelo.                                                                                                                                      | Jefe de producción Coordinador de Seguridad industrial | N° de elementos colocados /N° de elementos incorporados                                                                        | 3 meses |                       |
|                      |                                               |  |                       |                  |                             |                        |     |     |     | X   | Encerrar la cinta en los puntos de alimentación y descarga<br>Colocar cortinas contra el polvo en los extremos abiertos de encerramiento y zócalos a cada lado de la cinta.<br>Reducir la altura de caída del material desde el tambor secador hacia la cinta, o desde la tolva hacia la cinta. | Jefe de producción Coordinador de seguridad industrial | N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                                                                                | 6 meses |                       |
| Químico              | Inhalación de material particulado respirable |  | 18                    | Importante       | Tolvas Banda transportadora |                        |     |     |     |     | Realizar manuales de colocación y limpieza de los protectores, de las cintas de polvo y de los sistemas de extracción<br>Realizar cronogramas de mantenimiento según las especificaciones de funcionamiento                                                                                     | Coordinador de seguridad industrial                    | N° de documentos registrados/N° de documentos planificados<br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas | 2 meses |                       |

| Riesgo Identificado |                 | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                       | Responsable                         | Indicadores                                                                                                          | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase           | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                                                                                                                      |                       |
|                     |                 |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | Capacitar al personal sobre la peligrosidad de su exposición a los agentes químicos.<br>-Supervisar el correcto uso de EPP<br>-Llevar constancia del cambio de filtro mediante un programa de control y reposición. |                                     | N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas<br><br>N° de filtros renovados/N° de filtros disponibles |                       |
| Químico             | AC-20 (Asfalto) | 18                    | Importante       |                    |                        |     |     |     | X   | Entregar mascarillas y protección ocular apropiadas para la actividad.                                                                                                                                              | Coordinador de seguridad industrial | N° de trabajadores con mascarillas/N° de trabajadores totales                                                        | 1 mes                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 59:**

*Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 2: Operador responsable de la planta*

| Riesgo Identificado  |                                           | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                           | Responsable                         | Indicadores                                                                                     | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                     | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                         |                                     |                                                                                                 |                       |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas | 24                    | Importante       | Cabina de control  |                        |     |     |     | X   | Colocación de señalética de advertencia de riesgos eléctricos, salidas de emergencia, entre otros. Realizar un programa de señalización, para implementar su colocación y corroborar su | Coordinador de seguridad industrial | N° de señaléticas colocadas/N° de señaléticas adquiridas<br><br>Capacitaciones realizadas/capac | 2 meses               |

| Riesgo Identificado  |                                      | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Responsable                                               | Indicadores                                                                                                                                                                                | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                           |                                                                                                                                                                                            |                       |
|                      |                                      |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | buen estado y uso. Capacitar al personal sobre la señalética implementada. Inspeccionar los trabajos                                                                                                                                                                                                            |                                                           | itaciones programadas                                                                                                                                                                      |                       |
|                      |                                      |                       |                  |                    |                        |     | X   |     |     | Colocar un detector de humo dentro de la cabina. Colocar un extintor de CO2 dentro de la cabina como se indica en la normativa establecida.                                                                                                                                                                     | Jefe de mantenimiento Coordinador de seguridad industrial | N° de dispositivos de emergencia colocados/N° de dispositivos de emergencia planificados                                                                                                   | 6 meses               |
| Seguridad (Locativo) | No existen extintores para esta área | 24                    | Importante       | Cabina de control  |                        |     |     |     | X   | Creación de manuales de manejo del tablero eléctrico. Generar un cronograma de mantenimiento e inspección mensual, con técnicos especializados. Capacitar al personal sobre el plan de emergencias donde se indique su uso correcto, mantenimiento, reposición. Entrenar al personal sobre el uso del extintor. | Jefe de producción Coordinador de seguridad industrial    | N° de documentos registrados/N° de documentos planificados<br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas<br>N° de simulacros realizados/N° de simulacros programados | 2 meses               |
| Seguridad (Locativo) | Escaleras sin barandales             | 18                    | Importante       | Cabina de control  | X                      | X   | X   |     |     | Colocar escalera metálica con barandales, peldaños antideslizantes, anclaje en base de hormigón, grado de inclinación adecuado                                                                                                                                                                                  | Jefe de mantenimiento Coordinador de seguridad industrial | N° de escaleras reemplazadas/N° de lugares requeridos                                                                                                                                      | 2 meses               |

| Riesgo Identificado |                                               | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                      | Responsable                                               | Indicadores                                                                                                                                                                    | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase                                         | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                           |                                                                                                                                                                                |                       |
| Químico             | Inhalación de material particulado respirable | 18                    | Importante       | Tambor secador     |                        |     |     |     | X   | Generar un cronograma de mantenimiento e inspección trimestral para verificar un estado óptimo. Crear manuales de su utilización y limpieza adecuada. Capacitar al personal sobre el peligro de una escalera en malas condiciones. | Jefe de mantenimiento Coordinador de seguridad industrial | N° de documentos presentados/N° de documentos planificados<br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones planificadas                                                | 2 meses               |
|                     |                                               |                       |                  |                    |                        |     | X   |     |     | Ajustar las boquillas o el caudal de salida del scrubber<br>Colocar caudalímetro                                                                                                                                                   | Jefe de producción Coordinador de seguridad industrial    | N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                                                                                                                                | 6 meses               |
|                     |                                               |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Programar limpiezas semanales de las boquillas<br>Realizar inspecciones del scrubber<br>Supervisar el correcto uso de EPP<br>Llevar constancia del cambio de filtro mediante un programa de control y reposición.                  | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de documentos registrados/N° de documentos planificados<br>N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas<br>N° de filtros renovados/N° de filtros disponibles | 2 meses               |
|                     |                                               |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entregar mascarillas apropiadas para la actividad.                                                                                                                                                                                 | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de trabajadores con mascarillas/N°                                                                                                                                          | 1 mes                 |

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas | Responsable | Indicadores             | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                               |             |                         |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     |                               |             | de trabajadores totales |                       |

Nota. Elaboración propia (2025)

**Tabla 60:**

*Jerarquía de controles en el puesto de trabajo 3: Despachador de asfalto*

| Riesgo identificado |              | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                          | Responsable                                                  | Indicadores                                                                     | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|--------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase        | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                 |                       |
| Físico              | Ruido        | 27                    | Intolerable      | Silo Volquetas     |                        |     | X   |     |     | Colocar barreras acústicas a los laterales del despacho del silo                                                                                                                                       | Coordinador de seguridad industrial                          | N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                                 | 3 meses               |
|                     |              |                       |                  |                    |                        |     |     | X   |     | Crear cronogramas de mantenimiento periódico de la maquinaria pesada y equipos<br>Crear manuales de descarga de material desde el silo para evitar que el material toque las compuertas de la volqueta | Jefe de mantenimiento<br>Coordinador de seguridad industrial | N° de documentos realizados/N° de documentos planificados                       | 2 meses               |
|                     |              |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entrega de uso de tapones auditivos de acuerdo al nivel de decibelios de la maquinaria                                                                                                                 | Coordinador de seguridad industrial                          | N° de trabajadores con equipo de protección personal/N° de trabajadores totales | 1 mes                 |
| Mecánico            | Atrapamiento | 18                    | Importante       | Silo               |                        |     | X   |     |     | Colocar paro de emergencia en el silo.                                                                                                                                                                 | Jefe de producción                                           | N° de piezas colocadas/N°                                                       | 6 meses               |

| Riesgo identificado  |                                           | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado           | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Responsable                         | Indicadores                                                                                                                                                                                   | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                     | Riesgo                | Nivel del riesgo |                              | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                                                                                                                                                                                               |                       |
|                      |                                           |                       |                  |                              |                        |     |     |     |     | Colocar alarmas sonoras y visuales en caso de cierre de la almeja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Coordinador de seguridad industrial | de piezas programadas                                                                                                                                                                         |                       |
|                      |                                           |                       |                  |                              |                        |     |     |     |     | Crear manuales para el ingreso de las volquetas debajo del silo, así como pautas para la carga y descarga) ruedas inmovilizadas durante el freno de estacionamiento) Vigilancia constante de las actividades del personal Capacitación sobre los peligros en el frente de trabajo Colocación de señalética de advertencia en lugares donde existan peligro de atrapamiento por o entre objetos Inspección del equipo de protección personal | Coordinador de seguridad industrial | N° de documentos registrados/N° de documentos planificados<br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas<br>N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas | 2 meses               |
|                      |                                           |                       |                  |                              |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                                                                                                                                                                                               |                       |
|                      |                                           |                       |                  |                              |                        |     |     |     | X   | Entregar el equipo de protección personal y ropa de trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Coordinador de seguridad industrial | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales                                                                                                                        | 1 mes                 |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización en áreas peligrosas | 24                    | Importante       | Zona de despacho de material |                        |     |     |     | X   | Asignar áreas de tránsito vehicular Colocar señalética de los riesgos laborales Crear un cronograma de mantenimiento e inspección de la señalética                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Coordinador de seguridad industrial | N° de documentos registrados/N° de documentos planificados                                                                                                                                    | 1 mes                 |

| Riesgo identificado  |                                 | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                           | Responsable                                                  | Indicadores                                                                                                                                              | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                           | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                              |                                                                                                                                                          |                       |
| Seguridad (Locativo) | Caídas al mismo nivel           | 18                    | Importante       | Planta de asfalto  | X                      | X   | X   |     |     | Cambiar la estructura del suelo por una antideslizante o colocar pasos peatonales                                                                                                                                                                                       | Jefe de mantenimiento<br>Coordinador de seguridad industrial | N° de áreas adecuadas/N° de áreas planificadas                                                                                                           | 8 meses               |
|                      |                                 |                       |                  |                    |                        |     |     | X   |     | Controlar el orden y la limpieza en la zona                                                                                                                                                                                                                             | Coordinador de seguridad industrial                          | N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas                                                                                              | 1 mes                 |
|                      |                                 |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entrega de equipo de protección personal y ropa de trabajo                                                                                                                                                                                                              | Coordinador de seguridad industrial                          | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales                                                                                   | 1 mes                 |
| Seguridad (Locativo) | Falta de extintores en el lugar | 18                    | Importante       | Silo               |                        |     |     | X   |     | Colocar los extintores en un lugar con cubierta, que no se encuentre a la exposición del polvo de la maquinaria<br>Mantener inspecciones mensuales para verificar un correcto uso<br>Capacitar al personal en su utilización e importancia de mantenerlo en buen estado | Coordinador de seguridad industrial                          | N° de sistemas de emergencia colocados/N° de sistemas de emergencia planificados<br><br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas | 1 mes                 |
|                      |                                 |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                              | N° de inspecciones realizadas/N° de                                                                                                                      |                       |

| Riesgo identificado  |                                                 | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                       | Responsable                                               | Indicadores                                                                                                                     | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                           | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                           |                                                                                                                                 |                       |
| Seguridad (Locativo) | Escaleras sin barandales y en malas condiciones | 27                    | Importante       | Silo               | X                      | X   | X   |     |     | Construir una cabina de control para la descarga de material<br>En caso de requerir escalera, colocarla eventualmente, debe cumplir con los parámetros establecidos en la normativa para escaleras móviles                                                                          | Jefe de producción<br>Coordinador de seguridad industrial | inspecciones ejecutadas<br>N° de piezas colocadas/N° de piezas programadas                                                      | 6 meses               |
|                      |                                                 |                       |                  |                    |                        |     |     | X   |     | Generar programas de mantenimiento e inspección de la escalera fija de servicio y de la móvil.<br>Capacitar al personal sobre su correcto uso<br>Supervisar las actividades laborales del puesto de trabajo<br>Entrenar al personal para que pueda usar correctamente las escaleras | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas<br>N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas | 2 meses               |
|                      |                                                 |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entregar un dispositivo de anclaje, arnés                                                                                                                                                                                                                                           | Coordinador de seguridad industrial                       | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales                                                          | 1 mes                 |

Nota. Elaboración propia (2025)

**Tabla 61:**

*Jerarquía de controles para el puesto de trabajo 4: Operador de maquinaria pesada*

| Riesgo identificado  |                                        | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado                           | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Responsable                         | Indicadores                                                                                                                       | Plazo requerido |
|----------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Tipo                 | Clase                                  | Riesgo                | Nivel del riesgo |                                              | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |                                                                                                                                   |                 |
| Seguridad (Locativo) | Golpe contra objetos inmóviles/móviles | 24                    | Importante       | Cargadora frontal                            |                        |     |     |     |     | Colocar avisadores luminosos y/o acústicos para avisar la proximidad de objetos o personas. Entregar sistemas de comunicación por radio.                                                                                                                                                                      | Coordinador de seguridad industrial | Nº de piezas reemplazadas/<br>Nº de piezas planificadas                                                                           | 3 meses         |
|                      |                                        |                       |                  |                                              |                        |     |     |     |     | Crear manuales de conducción segura. Realizar mantenimientos y/o revisiones periódicas. Asignar áreas para el parqueo y circulación de vehículos. Crear planes de circulación y límites de circulación dentro de la planta. Capacitar al personal sobre el peligro expuesto. Supervisar los trabajos diarios. | Coordinador de seguridad industrial | Nº de documentos registrados/<br>Nº de documentos planificados<br>Nº de inspecciones realizadas/<br>Nº de inspecciones ejecutadas | 2 meses         |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización                  | 21                    | Importante       | Lugar de circulación de la cargadora frontal |                        |     |     |     |     | Realizar un análisis de las zonas de peligro, colocar señalética adecuada para limitar el acceso del personal no autorizado. Realizar programas de señalización para mantenerlas en buen estado y siempre visibles.                                                                                           | Coordinador de seguridad industrial | Nº de documentos registrados/<br>Nº de documentos planificados<br>Nº de señalética colocada/<br>Nº                                | 2 meses         |

| Riesgo identificado |                   | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                  | Responsable                         | Indicadores                                                                                                                                                        | Plazo requerido |
|---------------------|-------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Tipo                | Clase             | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                |                                     |                                                                                                                                                                    |                 |
|                     |                   |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | Realizar planes de circulación<br>Capacitar al personal sobre los tipos de señalética y señalización.<br>Inspeccionar de forma constante los trabajos por personal calificado. |                                     | de señalética adquirida<br><br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas<br><br>N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas |                 |
| Ergonómicos         | Posturas forzadas | 18                    | Importante       | Cargadora frontal  |                        |     |     |     | X   | Pausas activas/pasivas durante la jornada de trabajo<br>Respetar los horarios de almuerzo y de descanso                                                                        | Coordinador de seguridad industrial | N° de registros de asistencia diarias                                                                                                                              | 1 mes           |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

**Tabla 62:**

*Jerarquía de controles para el puesto de trabajo 5: Supervisor de la planta*

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado                         | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Responsable                                                 | Indicadores                                                                                         | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                                            | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                             |                                                                                                     |                       |
| Físico              | Ruido | 24                    | Importante       | Caseta de control<br>Despacho de volquetas |                        | X   | X   |     |     | Revestir las paredes de la caseta de control con paneles acústicos<br>Revestir el techo con una capa de poliuretano<br>Mover la dirección de la puerta hacia el lado contrario del tambor secador para disminuir la exposición directa.<br>Colocar una plataforma desde la caseta de control hacia las volquetas para la entrega de la documentación<br>Colocar bocinas de comunicación entre el trabajador y el operador<br>Colocar una puerta acústica | Jefe de mantenimiento o Coordinador de seguridad industrial | N° de elementos colocados/<br>N° de elementos planificados                                          | 3 meses               |
|                     |       |                       |                  |                                            |                        |     |     |     | X   | Delimitar el área donde el conductor debe pesarse y recibir la documentación<br>Capacitar al personal para el uso correcto de la plataforma y sobre los riesgos laborales expuestos.<br>Supervisión del uso correcto del EPP.                                                                                                                                                                                                                            | Coordinador de seguridad industrial                         | N° de documentos registrados/<br>N° de documentos planificados<br>N° de capacitaciones realizadas/N | 2 meses               |

| Riesgo Identificado  |                                          | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado                      | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                  | Responsable                                                 | Indicadores                                                            | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|------------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                                    | Riesgo                | Nivel del riesgo |                                         | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                |                                                             |                                                                        |                       |
|                      |                                          |                       |                  |                                         |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                |                                                             | ° de capacitaciones programadas                                        |                       |
|                      |                                          |                       |                  |                                         |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                |                                                             | N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas            |                       |
|                      |                                          |                       |                  |                                         |                        |     |     |     | X   | Entregar protectores auditivos de acuerdo a los decibeles calculados                                                                                                           | Coordinador de seguridad industrial                         | N° de trabajadores con equipo de protección/N° de trabajadores totales | 1 mes                 |
| Seguridad (Locativo) | Atropello o golpes por vehículos pesados | 24                    | Importante       | Caseta de control Despacho de volquetas |                        |     | X   |     |     | Colocar una plataforma desde la caseta de control hacia las volquetas para la entrega de la documentación<br>Colocar bocinas de comunicación entre el trabajador y el operador | Jefe de mantenimiento o Coordinador de seguridad industrial | N° de elementos colocados/N° de elementos planificados                 | 6 meses               |

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Responsable                         | Indicadores                                                                                                                                                                                                                                                             | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | Delimitar el área donde el conductor debe pesarse y recibir la documentación<br>Colocar señalética adecuada para limitar el acceso del personal no autorizado.<br>Realizar programas de señalización para mantenerlas en buen estado y siempre visibles.<br>Capacitar al personal sobre los tipos de señalética y señalización.<br>Inspeccionar de forma constante los trabajos por personal calificado. |                                     | N° de documentos registrados/<br>N° de documentos planificados<br><br>N° de señalética colocada/N° de señaléticas adquiridas<br><br>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas<br><br>N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Coordinador de seguridad industrial |                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2 meses               |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entregar chalecos reflectivos y ropa de trabajo con líneas reflectivas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Coordinador de seguridad industrial | N° de trabajadores con equipo de protección/                                                                                                                                                                                                                            | 1 mes                 |

| Riesgo Identificado  |                       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado             | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Responsable                         | Indicadores                                                      | Plazo de cumplimiento |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                 | Clase                 | Riesgo                | Nivel del riesgo |                                | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                                                                  |                       |
|                      |                       |                       |                  |                                |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     | N° de trabajadores totales                                       |                       |
|                      |                       |                       |                  |                                |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     | N° de documentos registrados/<br>N° de documentos planificados   |                       |
|                      |                       |                       |                  |                                |                        |     |     |     |     | Colocar señalética de riesgos<br>Generar un plan de circulación de la maquinaria pesada<br>Realizar programas de señalización para mantenerlas en buen estado y siempre visibles.<br>Capacitar al personal sobre los tipos de señalética y señalización.<br>Inspeccionar de forma constante los trabajos por personal calificado. |                                     | N° de señalética colocada/N° de señaléticas adquiridas           |                       |
| Seguridad (Locativo) | Falta de señalización | 24                    | Importante       | Área de recepción de volquetas |                        |     |     |     | X   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Coordinador de seguridad industrial | N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas | 2 meses               |
|                      |                       |                       |                  |                                |                        |     |     |     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     | N° de inspecciones realizadas/N° de inspecciones ejecutadas      |                       |

| Riesgo Identificado          |                                                 | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado            | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Responsable                                                 | Indicadores                                                                                                                               | Plazo de cumplimiento |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                         | Clase                                           | Riesgo                | Nivel del riesgo |                               | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                             |                                                                                                                                           |                       |
| Seguridad (Industrial mayor) | Derrames de sustancias tóxicas (diésel y AC-20) | 24                    | Importante       | Zona de despacho de volquetas |                        |     | X   |     |     | Instalar una tapa metálica roscada en la tubería de carga                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Jefe de mantenimiento o Coordinador de seguridad industrial | N° de elementos colocados/N° de elementos planificados                                                                                    | 3 meses               |
|                              |                                                 |                       |                  |                               |                        |     |     |     |     | <p>Mantenimientos periódicos y preventivos de los tanques de diésel, AC-20, y sus tuberías, así como de las volquetas.</p> <p>Crear manuales de carga y descarga de diésel y AC-20.</p> <p>Rotular los lugares de carga de líquidos inflamables</p> <p>Uso correcto y supervisión de EPP ante su manipulación</p> <p>Inspección mensual del estado de los tanques de diésel.</p> <p>Crear planes de contingencia y emergencia en caso de un derrame de diésel en la planta de asfalto</p> <p>Inspeccionar los sistemas contra incendio establecidos</p> <p>Supervisar las actividades laborales de todas las áreas de trabajo.</p> | Coordinador de seguridad industrial                         | <p>N° de documentos registrados/N° de documentos planificados</p> <p>N° de capacitaciones realizadas/N° de capacitaciones programadas</p> | 2 meses               |

| Riesgo Identificado |       | Evaluación de riesgos |                  | Elemento analizado | Jerarquía de controles |     |     |     |     | Medidas de control propuestas                                                                                             | Responsable                         | Indicadores                                                                | Plazo de cumplimiento |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo                | Clase | Riesgo                | Nivel del riesgo |                    | Elm                    | Sus | Cdi | Cad | Epp |                                                                                                                           |                                     |                                                                            |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     |     | Capacitar al personal sobre la manipulación de dichos tanques y las acciones que deben tomarse en caso de una emergencia. |                                     |                                                                            |                       |
|                     |       |                       |                  |                    |                        |     |     |     | X   | Entrenar equipo de protección personal que manipula, limpia y realiza mantenimientos en los tanques                       | Coordinador de seguridad industrial | N° de trabajadores con equipo de protección/<br>N° de trabajadores totales | 1 mes                 |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

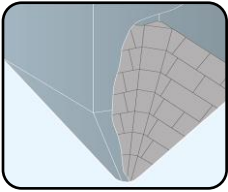
## Jerarquía de controles

Se proponen las siguientes medidas correspondientes a las tolvas:

### Control de ingeniería:

**Figura 25:**

*Control de ingeniería propuesto para el área de tolvas*

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>Revestimiento interno en tolvas:</b> Para evitar el ruido de impacto de la caída libre de material pétreo con el acero inoxidable de la tolva, se contempla colocar material amortiguante de goma en paredes de las tolvas para bajar el impacto de los áridos, la cual es resistente a altas temperaturas, de baja fricción y acabado liso para evitar obstrucciones de material y la acumulación del mismo <sup>a</sup> . |
|   | <b>Barreras de protección:</b> Deben ser fijas, con 90 cm de alto, material resistente, con montaje puntual metálico, y con mínimo dos barandas horizontales <sup>b</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  | <b>Escalera fija de servicio tipo industrial con barandales:</b> Debe ser de al menos 60 cm de ancho, distancia de escalones de 16 cm, y la distancia de huella al menos 15 cm <sup>c</sup> .                                                                                                                                                                                                                                  |

*Nota.* Adaptado de (Matrox, 2025; MDT, 2025; MDFMaquinaria, 2025)

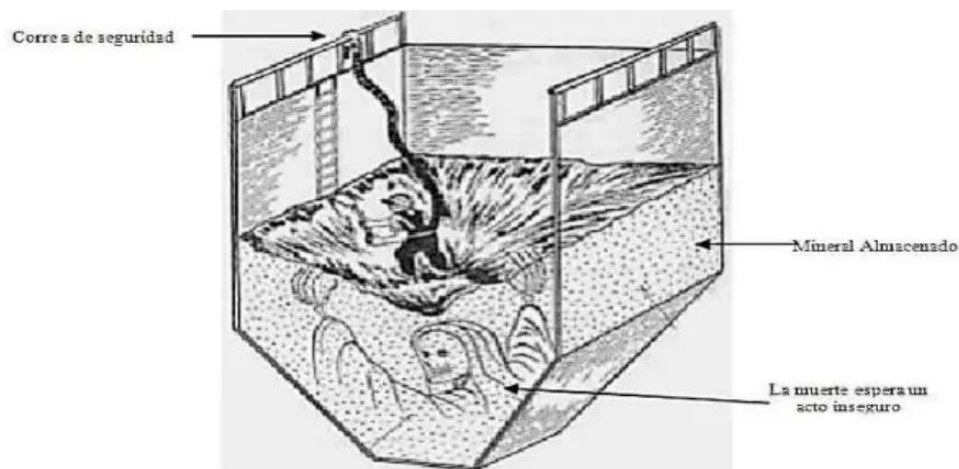
### Control administrativo:

- Manual de seguridad industrial para la colocación de material pétreo desde la cargadora frontal hacia las tolvas, conducción segura, y accesos.**

Es fundamental la comunicación entre el ayudante de planta y el operador de la cargadora frontal por lo que debe cerciorarse este último que no exista personal dentro de la tolva, como se indica a continuación:

**Figura 26:**

*Riesgo laboral en tolva*



*Nota.* Extraído de (Díaz, 2014)

Por tanto, se propone las siguientes medidas preventivas:

1. Antes de iniciar los trabajos de traslado de material el operador debe realizar su respectiva inspección visual de la maquinaria, en la que deben ir obligatoriamente neumáticos, luces, bocina, alarma de retroceso, tapa de combustible colocada adecuadamente, extintor, kit antiderrame.
2. Verificar que no exista personal dentro de la tolva para ser rellena.
3. Verificar que no exista obstrucciones, maquinaria pesada, personal en la rampa hacia las tolvas.
4. Confirmar comunicación visual o radial desde el ayudante de planta para el trasvaso seguro.
5. Verificar que no exista personal transitando al costado o debajo de la tolva para evitar caída de material o derrumbe.
6. Circular por las rutas señalizadas
7. Evitar maniobras bruscas, o aumentar la velocidad al aproximarse a las tolvas o sus bordes.

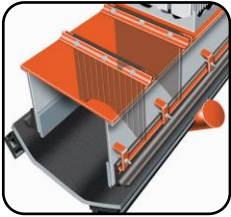
8. La descarga de material debe ser en la parte céntrica de la tolva.
9. Evitar sobrecarga de material, no debe pasar de la carga máxima de la pala
10. En caso de tormenta eléctrica o neblina el operador deberá conducirse a un sitio seguro fuera de la maquinaria pesada.
11. En caso de emergencia, el operador deberá detener inmediatamente la marcha y coordinar con el jefe de HSE.
12. Al terminar la producción asfáltica, el operador deberá conducir la maquinaria al estacionamiento asignado.
13. En caso de falla de alguna parte de la cargadora frontal, el operador deberá informar inmediatamente al jefe de mantenimiento.
14. El acceso hacia la cargadora frontal deberá ser únicamente por la escalera, donde el trabajador debe ir de frente a la misma y apoyándose con las dos manos en los barandales.
15. No podrá llevar otro trabajador dentro de la cabina de la cargadora frontal.
16. El personal que opere la maquinaria pesada deberá portar con su respectiva licencia de conducción y certificado.
17. Deberá utilizar las cámaras de proximidad y avisos sonoros para transportar material y movilizar la maquinaria.

Se propone las siguientes medidas para las bandas transportadoras:

**Control de ingeniería:**

**Figura 27:**

*Control de ingeniería propuesto para el área de las bandas transportadoras*

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p><b>Protectores o guardas fijas:</b> Estos protectores serán de material inoxidable, colocado en zonas de internas de la banda transportadora, para el inicio y fin de las mismas, se colocará puertas de inspección, con el fin de controlar el flujo y remover material atascado. Del mismo modo, las piezas podrán ser desmontables en caso de limpieza programada<sup>a</sup>.</p>                                                                                   |
|   | <p><b>Colocar alarma sonora/visual para indicar el arranque/paro de los equipos:</b> Tiene la funcionalidad de que los trabajadores sepan el momento de arranque de los equipos, para que puedan tomar precauciones como evitar trabajos de limpieza o introducción de herramientas manuales. Así como, botón de paro de emergencia que esté accesible en la banda transportadora, conectado a un cable que accione el mismo de cualquier lugar accesible<sup>b</sup>.</p> |
|  | <p><b>Cortinas de polvo:</b> Para evitar la dispersión de material particulado o vapores se debe colocar cortinas contra el polvo en los extremos abiertos de encerramiento y zócalos a cada lado de la cinta. Proporcionando sistemas de extracción localizada en la tolva de alimentación y descarga. Además, se puede reducir la altura de caída del material desde el tambor secador hacia la banda transportadora<sup>c</sup>.</p>                                    |

*Nota.* Adaptado de (Famoplanc, 2025; DirectIndustry, 2025; INSST, 2011)

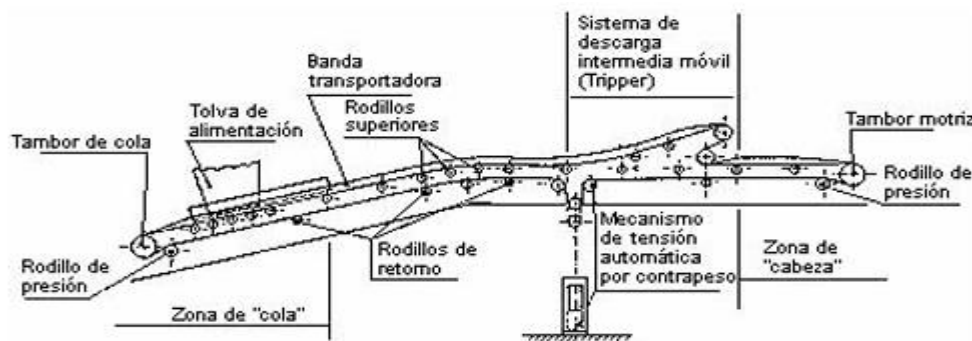
### **Control administrativo:**

#### **1. Manual de seguridad industrial sobre la manipulación, reparación, mantenimiento y limpieza de las bandas transportadoras.**

Para la manipulación, reparación, mantenimiento y limpieza la banda transportadora se debe identificar las partes de las mismas, en las que se detalla en el siguiente gráfico:

**Figura 28:**

*Componentes de la banda transportadora*



*Nota.* Se puede notar las diferentes partes de la banda transportadora. Extraído de (INSHT, 1984)

Según la (INSHT, 1984) en la NTP 89. Cinta transportadora a granel redacta las siguientes medidas a tomar en cuenta

1. Mientras la banda transportadora se encuentre en operación no es necesario que los trabajadores observen de forma permanente su actividad, por lo que deben alejarse a 50 cm o más de la misma.
2. En caso de existir atascos, adherencias o la banda sufre fatiga, el personal se prohíbe a colocar cualquier herramienta manual mientras la banda transportadora está en marcha. Se debe desconectar complemente la misma para ejecutar dichas labores.
3. Los trabajos de mantenimientos deben ser periódicos y realizarse en toda la longitud de la cinta.
4. Los trabajadores no podrán pasarse por encima, ni por debajo de la banda transportadora cuando esta esté en movimiento.
5. Antes de ejecutar los trabajos se debe verificar que la banda se encuentre tensionada, limpia, seca, sin roturas, y que cumpla con el ancho adecuado para la estructura.

6. No utilizar las bandas transportadoras para otro uso para el que no hayan sido diseñadas.

## 2. Manual de seguridad industrial sobre la colocación y limpieza de los protectores, de las cintas de polvo y de los sistemas de extracción

Para evitar riesgos de atrapamiento, caída de material, ruido y material particulado en las bandas transportadoras se opta por colocar protectores, cintas de polvo y sistemas de extracción para lo cual, como indica (Martin, 2025) se debe:

1. No operar sin las cubiertas y guardas de transmisión, en caso de limpieza y mantenimiento de las mismas, no deberá operarse las bandas hasta que finalice este proceso.
2. Para los puntos de control, donde deben introducir herramientas manuales o equipos mecánicos, estos deben estar con rejas
3. No se deben realizar modificaciones de otros protectores o de sistemas de extracción de las que no fueron adecuados.

Se propone las siguientes medidas para el tambor secador:

### Control de ingeniería:

#### Figura 29:

*Control de ingeniería propuesto para el área del tambor secador*

**Ajustar las boquillas o el caudal de salida del scrubber:** El scrubber funciona para evitar la contaminación de material particulado en el aire, mediante agua, que es rociada a alta presión a través de boquillas de flujo de aire, donde un porcentaje se evapora y el otro es eliminado periódicamente junto al polvo a través del drenaje. Por tanto, para controlar el material particulado, se puede controlar el caudal de salida y realizar ajuste de las boquillas en caso de limpieza para eliminar restos de polvo acumulado<sup>a</sup>.

**Colocar caudalímetro:** Para conocer la dosificación de salida del material asfáltico y evitar que se disperse por la banda transportadora provocando la caída de material, o a su vez se genere ruido de impacto, se coloca un caudalímetro donde se mide de mejor manera la cantidad de mezcla asfáltica que sale del tambor secador.

*Nota.* Adaptado de Osorio (2025)

## Control administrativo:

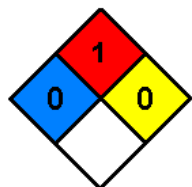
### 1. Manual de seguridad industrial de almacenamiento y descarga de líquidos combustibles:

Como lo indica (Vasquez, 1999) en la INEN 2266, se da la siguiente forma de almacenamiento y descarga de líquidos inflamables como el diésel y el asfalto, así como gas inflamable, el cual es el GLP :

1. Los líquidos y gas inflamable deberán transportarse únicamente en vehículos autorizados para el manejo de sustancias peligrosas. Estos vehículos deberán portar el rombo de seguridad NFPA 704 con las características y valores indicados en la tabla a continuación, además de contar con documentación y capacitación exigida.

**Tabla 63:**

*Rombo de seguridad de las sustancias químicas*

| Elemento a verificar                          | Instrucción específica                                                                                                                                                                                                                                                            | Ejemplo o referencia visual                                                           |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rombo NFPA 704 para el asfalto (AC-20)</b> | Salud (azul): No presenta riesgo para la salud bajo condiciones normales<br>Inflamabilidad (rojo): Arde sobre los 93°C<br>Reactividad (amarillo): Es un componente estable, es decir no reacciona peligrosamente con otros materiales<br>Peligro específico (blanco): No presenta |  |
| <b>Rombo NFPA 704 para el diésel</b>          | Salud (azul): Es poco peligroso para la salud bajo condiciones normales<br>Inflamabilidad (rojo): Arde a menos de 93°C<br>Reactividad (amarillo): Es un componente estable, es decir no reacciona peligrosamente con otros materiales<br>Peligro específico (blanco): No presenta |  |
| <b>Rombo NFPA 704 para el GLP</b>             | Salud (azul): Es poco peligroso para la salud bajo condiciones normales<br>Inflamabilidad (rojo): Arde a menos de 25°C<br>Reactividad (amarillo): Es un componente estable, es decir no reacciona peligrosamente con otros materiales<br>Peligro específico (blanco): No presenta |  |

*Nota.* Adaptado de (Petroperu, 2019; Repsol, 2024b; PEMEX, 2021)

2. Delimitar la zona de carga de líquidos inflamables con señalización.
3. Portar a la vista las hojas de seguridad de las sustancias
4. Se debe etiquetar los lugares de almacenamiento de estas sustancias mediante el NFPA (National Fire Protection Association), las sustancias químicas como los líquidos inflamables deben ser almacenadas de acuerdo a su grado de compatibilidad, es decir no deben mezclarse con oxidantes.
5. Para la carga de estas sustancias líquidas se debe corroborar que el contenedor este limpio y sin residuos.
6. El lugar de carga debe estar fuera de fuentes de ignición e instalaciones eléctricas.
7. Verificar que los tanques de almacenamiento no tengas fugas o derrames
8. Se debe realizar la carga en un lugar donde la carga se equilibre, es decir se encuentre de forma horizontal.
9. Se debe comprobar que el vehículo tenga sistema de frenado.
10. Se debe esperar 15 minutos previo al inicio de carga en los tanques.
11. En caso de derrames, se debe suspender la carga al tanque y se debe utilizar el kit antiderrame para evitar una mayor contaminación, así mismo, se debe remedir el origen del derrame antes de iniciar la acción nuevamente.
12. El lugar de almacenamiento de combustibles debe ser de fácil acceso para los vehículos de transporte y emergencia.
13. Se debe contar con un lugar para primeros auxilios.
14. Debe tener un sitio para la recolección, tratamiento y eliminación de residuos peligrosos.
15. Debe tener un muro a su alrededor y no permitir la entrada de personal no autorizado.
16. Debe contar con sistemas de alarma contra incendios

Se propone las siguientes medias para la cabina de control:

**Figura 30:**

*Control de ingeniería propuesto para la cabina de control*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Detector de humo dentro de la cabina:</b> Como lo indica la NFPA 72, los detectores de humo funcionan para identificar partículas de combustión que activan una alarma, se los ubica en los techos. Suelen ser sensibles, por lo que es recomendable no colocarlos cerca de conductos de aire acondicionado, rejillas, ventiladores o ventanas exteriores<sup>a</sup>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Extintor dentro de la cabina:</b> Dentro de la cabina de control se manipula elementos eléctricos como el tablero de control para la planta de asfalto, y adicional, termina siendo una oficina para los trabajadores, porque es recomendable colocar dentro de la misma un extintor de clase C, con agente de extinción de dióxido de carbono o polvo químico multipropósito, a una altura de 1.5 m del nivel del suelo como se indica en la normativa establecida, dentro de un gabinete para evitar la acumulación de polvo. De igual manera, se indica que debe estar máximo a 15 m de distancia de la fuente que puede provocar el incendio<sup>b</sup>.</p> |
| <p><b>Escalera metálica con barandales:</b> Esta escalera debe tener peldaños antideslizantes, anclaje en base de hormigón, grado de inclinación adecuado. Debe de ser de material de acero galvanizado o aluminio, los peldaños deben ser de material antideslizante, con pasamanos a una altura entre 850 mm y 950 mm medidos verticalmente en su proyección sobre el nivel del piso terminado, debe ser de un material liso para que la mano se deslice sobre la superficie, por lo general la sección del mismo es circular<sup>c</sup>.</p>                                                                                                                        |

*Nota.* Adaptado de (NFPA, 2025; MIES, 2019; INEN, 2016).

La escalera debe seguir las siguientes especificaciones:

**Tabla 64:**

*Especificaciones de la escalera fija*

| Magnitud                          | Acceso Normal |
|-----------------------------------|---------------|
| Inclinación                       | 20 – 45°      |
| Distancia vertical entre peldaños | 13 – 20 cm    |
| Longitud del escalón              | 23 – 32 cm    |
| Ancho mínimo                      | 90 cm         |
| Altura de pasamanos               | 90 cm         |

*Nota.* Adaptado de (INSST, 1994)

Adicional la NTP 404: Escaleras fijas, aclara que los cimientos de la escalera deben estar empotrados al suelo con hormigón (INSST, 1994).

**Control administrativo:**

## 1. Manual de seguridad industrial para la manipulación del tablero eléctrico

El tablero eléctrico se utilizará en el accionar de toda la planta de asfalto, donde se vigila la dosificación de material pétreo, asfalto y diésel, así como, se verifica el correcto funcionamiento de todos los componentes mecánicos y eléctricos de la misma. Por tanto, el trabajador a cargo deberá ser personal autorizado y calificado de su manipulación:

1. Verificar que los componentes se encuentren en buen estado, que no existan cables pelados o desgastados y que el paro de emergencia se encuentre en buenas condiciones.
2. Deberá portar con equipo de protección específico para la manipulación eléctrica como guantes, casco clase E, calzado de tipo dieléctrico.
3. El piso de la cabina de control y las zonas próximas al tablero deberán estar limpias y secas.
4. La limpieza deberá realizarse de forma diaria para evitar la acumulación de polvo.
5. Mientras la planta de asfalto se encuentre encendida, el tablero no debe ser abierto.
6. En caso de existir chispas, humo, o alarmas de emergencia se debe detener la operación y se debe reportar al área de mantenimiento.
7. El mantenimiento deberá ser por personal capacitado.

Se proponen las siguientes medidas para el silo:

**Control de ingeniería:**

**Figura 31:**

*Control de ingeniería propuesto para el área de despacho de material*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Cabina de control con cámaras y pulsadores de descarga:</b> Se debe eliminar la escalera móvil para el despacho del material y se debe colocar una cabina de control que cuente con material aislante de ruido, buena iluminación natural y artificial con focos led, monitor de control de las cámaras colocadas en el silo para verificar el llenado del mismo, y de los pulsadores de descarga.</p> |
| <p><b>Cabina de control con cámaras y pulsadores de descarga:</b> Tiene la funcionalidad de que los trabajadores sepan el momento de cierre de la almeja del silo, para que puedan tomar precauciones como evitar trabajos de limpieza o introducción de herramientas manuales<sup>a</sup>.</p>                                                                                                              |
| <p><b>Cambiar la estructura del suelo por una antideslizante o colocar pasos peatonales:</b> Generar pasos peatonales con estructura de concreto y líneas antideslizantes para evitar que los trabajadores tropiecen con el material pétreo esparcido dentro de la planta, del mismo modo asignar áreas dentro de la misma donde se almacene el material pétreo, chatarra, circulación de máquinas</p>       |
| <p><b>En caso de requerir escalera:</b> Colocarla eventualmente, debe cumplir con los parámetros establecidos en la normativa para escaleras móviles, manuales o portátiles</p>                                                                                                                                                                                                                              |

*Nota.* Adaptado de (DirectIndustry, 2025)

Especificaciones de la escalera móvil provisional, como lo indica el Anexo 3.

Norma Técnica en Seguridad e Higiene del trabajo

*Art. 59. De las escaleras manuales o portátiles:*

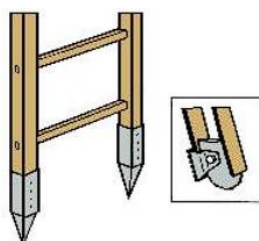
1. *Las escaleras móviles, manuales o portátiles deben ser de material resistente al fuego, algunos tipos son el acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio.*
5. *Se deben adoptar las siguientes precauciones:*
  - a. *Deben apoyarse en superficies planas y sólidas.*
  - b. *En las superficies de apoyo deben estar provistas de zapatas, puntas de hierro, grapas o sujetas a cuerdas o ganchos.*
  - c. *Deben sobresalir al menos un metro sobre los puntos elevados.*

*i. La distancia entre peldaños debe ser uniforme y no mayor a 300 milímetros (MDT, 2024b).*

Así mismo la NTP 239: Escaleras manuales indican gráficos a detalle explicados a continuación:

**Figura 32:**

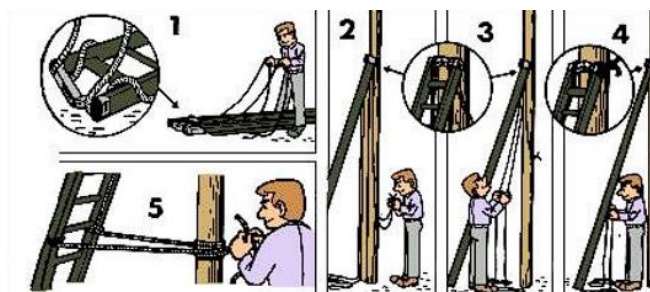
*Puntas de hierro en la escalera móvil*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 1980)

**Figura 33:**

*Inmovilización de la escalera con cuerda*



*Nota.* Extraído de (INSHT, 1980)

### **Control administrativo:**

#### **1. Manual de seguridad industrial para la descarga de material desde el silo hacia las volquetas**

En el silo se almacena el material asfáltico producido para luego ser despachado en volquetas, su apertura se acciona con un pulsador a cargo del despachador de asfalto, sin embargo, en caso de que la volqueta no se encuentre bien posicionada, tiene la

desventaja de regar el material, y a su vez, la maquinaria al posicionarse dentro de la estructura del silo puede golpear sus cimientos.

1. Colocar señalización para delimitar la zona de descarga de material
2. Evitar dejar material asfáltico, herramientas manuales o equipos mecánicos en las vías para tránsito pesado, pues este puede volverse un obstáculo que dificulte la visibilidad de conducción
3. No se debe superar el límite de carga del silo ni de la volqueta.
4. Para accionar el silo se debe encender la alarma de arranque para conocer el inicio de esa actividad.
5. Los pulsadores deben estar señalizados y en buen estado.
6. En caso que los pulsadores o sus conexiones eléctricas se encuentren en mal estado, debe el trabajador avisar inmediatamente al jefe de mantenimiento para su reposición.
7. Para el llenado de material, el chofer de la volqueta debe accionar el freno de mano, en donde el despachador de asfalto mediante cámaras de vigilancia y bocina le comunicará al operador la posición en la que debe permanecer.
8. Los trabajadores y operadores no deben fumar o accionar chispas en el momento de descarga de material.

Se propone las siguientes medidas para la cargadora frontal:

#### **Control de ingeniería:**

1. **Instalar alarmas visuales o sensores de proximidad de objetos:** Existen sistemas de sensores de proximidad por radar para detectar objetos, se colocan en los puntos ciegos de la maquinaria pesada, con el fin de disminuir atropellamientos, golpes o choques, se dan mediante avisos sonoros, cámaras con pantalla visual

**Figura 34:**

*Sensores de proximidad propuesto*



*Nota.* Extraído de (Brigade, 2025)

Se propone las siguientes medidas para la balanza:

#### **Control de ingeniería:**

**Figura 35:**

*Control de ingeniería propuesto para el área de balanza*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Paredes y el techo de la caseta de control con paneles acústicos:</b> Existe material aislante en la caseta de control y despacho de material, el cual es el corcho, por la medición de ruido puede que no resulte tan eficiente, por lo que se recomienda colocar aislantes más densos como el panel metálico acústico.</p> | <p><b>Puerta acústica:</b> Una de las opciones para evitar una exposición directa es mover la dirección de la puerta hacia el lado contrario del tambor secador, sin embargo, en caso de no poder acceder a dicha adecuación se puede colocar marcos en las puertas de poliuretano.</p> | <p><b>Elevadora vertical desde la caseta de control hacia las volquetas:</b> Esta medida de una elevadora vertical se instalará en la ventana de la cabina de despacho donde el jefe de planta podrá enviar la documentación, que se abrirá cuando se requiere y en caso de no ser necesario, el trabajador disminuirá su exposición al ruido.</p> | <p><b>Bocinas de comunicación entre el trabajador y el operador:</b> Mediante cámaras y micrófonos el operador y el trabajador podrán comunicarse para evitar que el jefe de planta salga de la cabina de despacho insonorizada y se exponga al ruido.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Nota.* Elaboración propia (2025)

#### **Equipos de protección personal**

El equipo de protección personal propuesto para las operaciones en la producción de asfalto comprende de los siguientes elementos:

**Tabla 65:**

*Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 1: Ayudante de planta*

| Riesgo identificado                                     | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                               | Nombre del equipo de protección personal           | Norma requerida      | Especificaciones técnicas                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caída de material                                       | Cabeza                      |    | Casco de seguridad 3M Serie H-700 <sup>a</sup>     | ANSI Z89.1-2009      | Casco de seguridad Clase A, Tipo II                                                                                                                |
| Exposición de material particulado                      | Ojos                        |    | Gafas de seguridad <sup>b</sup>                    | ANSI/ISEA Z87+       | Gafas de seguridad                                                                                                                                 |
| Exposición de material particulado y vapores de asfalto | Vías respiratorias          |   | Cartucho - filtro mixto 60923 <sup>c</sup>         | NIOSH P100 – 42CFR84 | Protege contra vapores orgánicos, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de cloro, sulfuro de hidrógeno y partículas superiores a 0.3 um |
|                                                         |                             |  | Media máscara reutilizable serie 6000 <sup>d</sup> | EN 140               | Se coloca filtros 60923, con nivel de protección A1B1E1K1 P3 R + Formaldehído                                                                      |

| Riesgo identificado                                | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                             | Nombre del equipo de protección personal                 | Norma requerida                            | Especificaciones técnicas                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exposición a ruido                                 | Canal auditivo              |  | Tapones auditivos reutilizables (con cajas) <sup>e</sup> | ANSI 1974-CSA S3.19—CLAS AL                | NRR de 24dB                                                                                                                                                                                                |
| Atrapamiento de Manos<br>Manipulación herramientas |                             |  | Guante tipo operador <sup>f</sup>                        | EN388                                      | Guante tipo cuero, nivel de protección EN388-03 (contra riesgos mecánicos), es considerada resistente a la abrasión en nivel 3, al corte en nivel 4, al desgarrar en nivel 3 y a la perforación en nivel 4 |
| Caminos de lastre, manipulación industrial         | Extremidades inferiores     |  | Botín con punta de acero <sup>g</sup>                    | ABNT ISO 20344:2015<br>ABNT ISO 20345:2015 | NBR<br>NBR<br>Punta de acero contra caída de objetos, atrapamiento, golpes. Resistencia de impacto de 200J y compresión de 15kn                                                                            |

*Nota.* Adaptado de (3M, 2024; ABRD, 2025; 3M, 2025; 3M, 2020; 3M, 2023; AMC, 2025; ARMOR, 2020)

**Tabla 66:**

*Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 2: Operador de la planta*

| Tipo de actividad                                    | Riesgo identificado                                     | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                               | Nombre del equipo de protección personal           | Norma requerida      | Especificaciones técnicas                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adicional para limpieza y mantenimiento de la planta | Exposición a material particulado                       | Ojos                        |    | Gafas de seguridad <sup>a</sup>                    | ANSI/ISEA Z87+       | Gafas de seguridad                                                                                                                                 |
|                                                      | Exposición de material particulado y vapores de asfalto | Vías respiratorias          |    | Cartucho - filtro mixto 60923 <sup>b</sup>         | NIOSH P100 – 42CFR84 | Protege contra vapores orgánicos, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de cloro, sulfuro de hidrógeno y partículas superiores a 0.3 um |
|                                                      |                                                         |                             |    | Media máscara reutilizable serie 6000 <sup>c</sup> | EN 140               | Se coloca filtros 60923, con nivel de protección A1B1E1K1 P3 R + Formaldehído                                                                      |
| Producción de mezcla asfáltica                       | Manipulación de tablero eléctrico                       | Cabeza                      |  | Casco de seguridad dieléctrico <sup>d</sup>        | ANSI Z89.1-2009      | Casco de seguridad Tipo 1, Clase E, protección eléctrica nominal de hasta 20000 V                                                                  |

| Tipo de actividad | Riesgo identificado              | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                            | Nombre del equipo de protección personal                 | Norma requerida             | Especificaciones técnicas                                                                                                         |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Exposición a ruido               | Canal auditivo              |  | Tapones auditivos reutilizables (con cajas) <sup>e</sup> | ANSI 1974-CSA S3.19—CLAS AL | NRR de 24dB                                                                                                                       |
|                   | Manipulación del cable eléctrico | Manos                       |  | Guante dieléctrico <sup>f</sup>                          | EN388                       | Guante de caucho para protección eléctrica clase 0, color rojo, con soporte de hasta 1500 V.                                      |
|                   | Manipulación industrial          | Extremidades inferiores     |  | Botín con punta de acero <sup>g</sup>                    | ABNT ISO 20345:2015 NBR     | Resistencia de impacto de 200J y compresión de 15kn<br>La suela es de poliuretano no conductivo, recubierto de material sintético |

*Nota.* Adaptado de (ABRD, 2025; 3M, 2025; 3M, 2020; 3M, 2024; 3M, 2023; Linepro, 2022; ARMOR, 2020).

**Tabla 67:**

*Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 3: Despachador de material*

| Riesgo identificado                                     | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                              | Nombre del equipo de protección personal                | Norma requerida      | Especificaciones técnicas                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caída de material                                       | Cabeza                      |    | Casco de seguridad dieléctrico serie H-703 <sup>d</sup> | ANSI 2009            | Z89.1- Casco de seguridad (Tipo 1, clase E), protección eléctrica nominal de hasta 20000 V                                                         |
| Exposición de polvo y vapores de asfalto                | Ojos                        |   | Gafas de seguridad <sup>b</sup>                         | ANSI/ISEA Z87+       | Gafas de seguridad                                                                                                                                 |
| Exposición de material particulado y vapores de asfalto | Vías respiratorias          |   | Cartucho - filtro mixto 60923 <sup>c</sup>              | NIOSH P100 – 42CFR84 | Protege contra vapores orgánicos, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de cloro, sulfuro de hidrógeno y partículas superiores a 0.3 um |
|                                                         |                             |  | Media máscara reutilizable serie 6000 <sup>d</sup>      | EN 140               | Se coloca filtros 60923, con nivel de protección A1B1E1K1 P3 R + Formaldehído                                                                      |

| Riesgo identificado                        | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                               | Nombre del equipo de protección personal                 | Norma requerida                                    | Especificaciones técnicas                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exposición a ruido                         | Canal auditivo              |    | Tapones auditivos reutilizables (con cajas) <sup>e</sup> | ANSI S3.19—1974-CSA CLAS AL                        | NRR de 24dB                                                                                                                                                                                                |
| Atrapamiento de herramientas               | Manos                       |    | Guante tipo operador <sup>f</sup>                        | EN388                                              | Guante tipo cuero, nivel de protección EN388-03 (contra riesgos mecánicos), es considerada resistente a la abrasión en nivel 3, al corte en nivel 4, al desgarrar en nivel 3 y a la perforación en nivel 4 |
| Caminos de lastre, manipulación industrial | Extremidades inferiores     |  | Botín con punta de acero <sup>g</sup>                    | ABNT ISO NBR 20344:2015<br>ABNT ISO NBR 20345:2015 | Punta de acero contra caída de objetos, atrapamiento, golpes. Resistencia de impacto de 200J y compresión de 15kn                                                                                          |

*Nota.* Adaptado de (3M, 2024; ABRD, 2025; 3M, 2025; 3M, 2020; 3M, 2023; AMC, 2025; ARMOR, 2020).

**Tabla 68:**

*Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 4: Operador de la cargadora frontal*

| Riesgo identificado                        | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                               | Nombre del equipo de protección personal                 | Norma requerida                                          | Especificaciones técnicas                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exposición a ruido                         | Canal auditivo              |    | Tapones auditivos reutilizables (con cajas) <sup>a</sup> | ANSI S3.19—1974-<br>CSA CLAS AL                          | NRR de 24dB                                                                                                                                                                                                                       |
| Atrapamiento de herramientas               | Manos                       |    | Guante nylon PU <sup>b</sup>                             | EN388 - 4121                                             | Guante recubierto con poliuretano y nylon nivel de protección EN388-03 (contra riesgos mecánicos), es considerada resistente a la abrasión en nivel 4, al corte en nivel 1, al desgarrar en nivel 2 y a la perforación en nivel 1 |
| Caminos de lastre, manipulación industrial | Extremidades inferiores     |  | Botín con punta de acero <sup>c</sup>                    | ABNT ISO 20344:2015<br>ABNT ISO 20345:2015<br>NBR<br>NBR | Punta de acero contra caída de objetos, atrapamiento, golpes. Resistencia de impacto de 200J y compresión de 15kn                                                                                                                 |

*Nota.* Adaptado de (3M, 2023; Allman, 2024; ARMOR, 2020).

**Tabla 69:**

*Matriz de selección de equipo de protección personal puesto 5: Jefe de planta*

| Riesgo identificado               | Parte del cuerpo a proteger | Imagen                                                                              | Nombre del equipo de protección personal                 | Norma requerida              | Especificaciones técnicas                                                                                                           |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caída de objetos                  | Cabeza                      |    | Casco de seguridad 3M Serie H-701 <sup>a</sup>           | ANSI Z89.1-2009              | Casco de seguridad (Tipo II, clase C), color blanco para supervisores                                                               |
| Exposición a material particulado | Vías respiratorias          |    | Respirador 8247 (R95) <sup>b</sup>                       | NIOSH 42CFR84 R95            | – Diseñado para trabajar en áreas con presencia de partículas mayores a 3µm y vapores orgánicos, se desecha luego de 8 horas de uso |
| Exposición a ruido                | Canal auditivo              |   | Tapones auditivos reutilizables (con cajas) <sup>c</sup> | ANSI S3.19—1974- CSA CLAS AL | NRR de 24dB                                                                                                                         |
| Caminos irregulares               | Extremidades inferiores     |  | Botín negro con punta de acero <sup>d</sup>              | ABNT ISO 20344:2015 NBR      | Punta de acero contra caída de objetos, golpes. Resistencia de impacto de 200J y compresión de 15kn                                 |

*Nota.* Adaptado de (3M, 2024; 3M, 2021; 3M, 2023; ARMOR, 2020).

## 6. Formación:

Es importante realizar capacitaciones en tema de seguridad industrial dirigidos a todos los trabajadores de la planta de asfalto de forma periódica, sin embargo, se recomiendan temas en específico por puesto de trabajo, los descritos a continuación:

**Tabla 70:**

*Temario propuesto de capacitaciones por puesto de trabajo*

| Tema recomendado                                                                         | Frecuencia | Jefe de planta | Ayudante de planta | Despachador de material | Operador de maquinaria pesada | Operador de la planta |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Uso adecuado de equipo de protección personal                                            | Trimestral | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |
| Peligros de caída y uso seguro de escaleras                                              | Trimestral |                | X                  | X                       | X                             | X                     |
| Peligros y manipulación segura de silo                                                   | Semestral  |                |                    | X                       |                               |                       |
| Peligros y manipulación segura de tolvas                                                 | Semestral  |                | X                  |                         |                               |                       |
| Programa de señalización                                                                 | Trimestral | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |
| Peligros y manipulación segura de banda transportadora                                   | Semestral  |                | X                  |                         |                               |                       |
| Peligros y manipulación segura del tablero eléctrico                                     | Semestral  |                |                    |                         |                               | X                     |
| Riesgo químico                                                                           | Semestral  | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |
| Riesgo eléctrico                                                                         | Semestral  |                |                    | X                       | X                             | X                     |
| Riesgo mecánico                                                                          | Semestral  | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |
| Plan de emergencia y contingencia en caso de un derrame de aceite, diésel y/o lubricante | Semestral  | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |

| Tema recomendado | Frecuencia | Jefe de planta | Ayudante de planta | Despachador de material | Operador de maquinaria pesada | Operador de la planta |
|------------------|------------|----------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Orden y limpieza | Semestral  | X              | X                  | X                       | X                             | X                     |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 7. Mantenimientos periódicos

Los mantenimientos periódicos son indispensables para prevenir paros innecesarios de la producción y proteger al personal operativo, por lo que se proponen los siguientes temas:

**Tabla 71:**

*Cronograma propuesto de mantenimiento*

| Mantenimiento                                                        | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 |
|----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Elementos de la banda transportadora                                 |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |        |        | X      |
| Elementos de las tolvas                                              |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |        |        | X      |
| Escalera de la cabina de control                                     |       |       | X     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
| Boquillas del tambor mezclador                                       |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |        |        | X      |
| Señalización,                                                        |       |       | X     |       |       |       | X     |       |       |        | X      |        |
| Barandales de protección y escalera.                                 |       | X     |       |       | X     |       |       | X     |       |        | X      |        |
| Tanques de diésel, AC-20, y sus tuberías, así como de las volquetas. | X     |       |       | X     |       |       | X     |       |       | X      |        |        |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 8. Programa de señalización

La señalización de seguridad indica colores, símbolos y gráficos a la NTE INEN 3864:1 2013 y a la ISO 7010, diseñados para captar de forma inmediata la atención de las personas y/o el trabajador, con el fin de informar, advertir o prevenir situaciones de riesgo específicas.

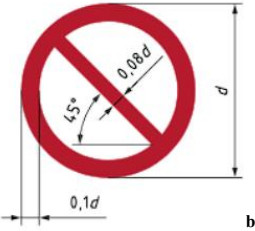
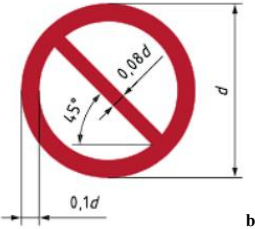
En tanto, en una planta de asfalto las zonas que requieren de señalética son:

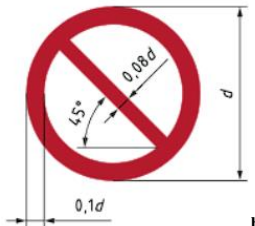
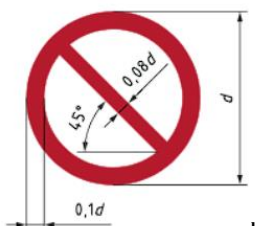
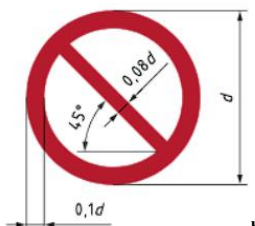
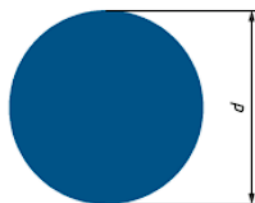
- Área de circulación de vehículos pesado
- Área de recepción de material pétreo
- Equipos mecánicos que constituyen a la planta
- Área de despacho de material
- Área de pesaje de volquetas
- Área de tanques de almacenamiento de diésel, AC-20
- Caldero
- Cabina de control

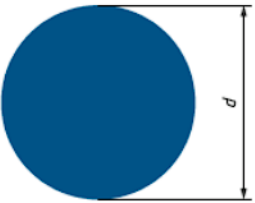
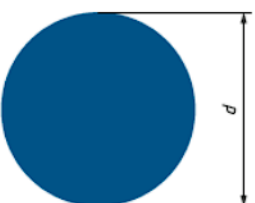
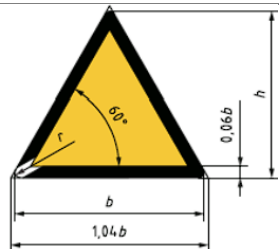
Mismas deben estar libres de obstáculos, sin interrumpir los procesos normales de la planta como la movilidad de vehículos pesados y livianos, proponiendo las siguientes categorías:

**Tabla 72:**

*Propuesta de señalización*

| Categoría   | Figura                                                                                                                               | Cantidad requerida | Tamaño sugerido                                                                                      | Observaciones                                                                                 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prohibitiva |  <p>Prohibido fumar<sup>a</sup></p>               | 2                  |  <p>d: 30 cm</p> | Colocar en la parte exterior de los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |
|             |  <p>Prohibido el paso de peatones<sup>a</sup></p> | 2                  |  <p>d: 30 cm</p> | Colocar en la parte exterior de los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |

| Categoría  | Figura                                                                                                                                                                  | Cantidad requerida | Tamaño sugerido                                                                                      | Observaciones                                                                                                |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |  <p>Prohibido fuego o generar chispas<sup>a</sup></p>                                  | 2                  |  <p>d: 30 cm</p>   | Colocar en un parante o en la parte interna de los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |
|            |  <p>Prohibido el paso de automotores<sup>a</sup></p>                                   | 1                  |  <p>d: 30 cm</p>   | Colocar en un parante en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                           |
|            |  <p>Prohibido engrasar o limpiar estando la máquina en funcionamiento<sup>d</sup></p> | 1                  |  <p>d: 30 cm</p>  | Colocar en un parante en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                           |
|            |                                                                                      | 1                  | 30 cm x 20 cm                                                                                        | Colocar en un parante en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                           |
| Obligación |  <p>Uso obligatorio de equipo de protección personal<sup>c</sup></p>                 | 1                  | 40cm x 30 cm                                                                                         | Colocar en un parante en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                           |
|            |  <p>Uso obligatorio de guantes<sup>a</sup></p>                                       | 1                  |  <p>d: 30 cm</p> | Colocar en un parante en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                           |

| Categoría  | Figura                                                                                                                                                                           | Cantidad requerida | Tamaño sugerido                                                                                               | Observaciones                                                                             |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |  <p>Uso obligatorio de guantes dieléctricos<sup>d</sup></p>                                     | 2                  |  <p>d: 30 cm</p>            | Colocar en un parante y dentro del lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |
|            |  <p>Uso obligatorio de protectores<sup>d</sup></p>                                              | 2                  |  <p>d: 30 cm</p>            | Colocar en un parante<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                             |
|            |  <p>Cuidado, peligro ruido excesivo</p>                                                        | 2                  |  <p>b: 30 cm, h: 30 cm</p> | Colocar en la parantes en lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa       |
| Precaución |  <p>Precaución entrada y salida de vehículos<sup>e</sup></p>                                  | 1                  | 30cm x 30 cm                                                                                                  | Colocar en la parantes en lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa       |
|            |  <p>¡ATENCIÓN! RIESGO DE ATRAPAMIENTO</p> <p>Atención, riesgo de atrapamiento<sup>d</sup></p> | 3                  | 30cm x 30 cm                                                                                                  | Colocar en la parantes en lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa       |

| Categoría               | Figura                                                                                                                                                                 | Cantidad requerida | Tamaño sugerido | Observaciones                                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | <br><b>PELIGRO RIESGO ELECTRICO</b><br>Peligro riesgo eléctrico <sup>d</sup>          | 2                  | 30cm x 30 cm    | Colocar dentro de los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa          |
|                         | <br><b>PELIGRO LIQUIDO INFLAMABLE</b><br>Peligro líquido inflamable <sup>d</sup>      | 2                  | 30cm x 30 cm    | Colocar en parantes en los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa     |
|                         | <br><b>¡ATENCIÓN! MAQUINARIA PESADA</b><br>Atención, maquinaria pesada <sup>d</sup> | 1                  | 30cm x 30 cm    | Colocar en parantes en el lugar señalado<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa         |
| Condición segura        | <br>Primeros auxilios                                                               | 2                  | 30 cm x 30 cm   | Colocar encima del botiquín de primeros auxilios<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |
|                         | <br>Salida                                                                          | 2                  | 40 cm x 20 cm   | Colocar en parantes en los lugares señalados<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa     |
| Equipo contra incendios | <br>Extintor                                                                        | 5                  | 30cm x 30 cm    | Colocar encima de los extintores<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa                 |

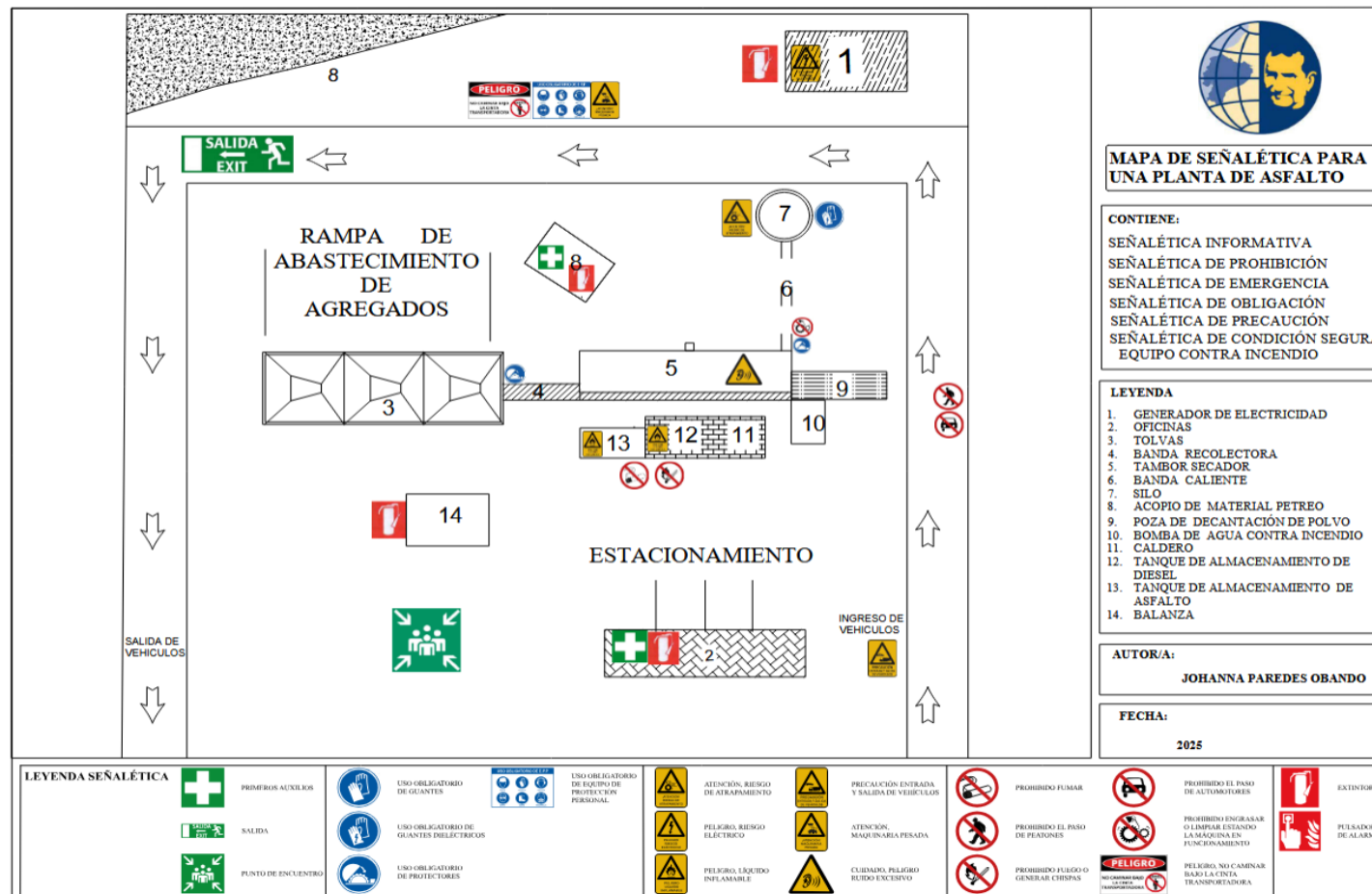
| Categoría | Figura                                                                                                      | Cantidad requerida | Tamaño sugerido | Observaciones                                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|           |  <p>Pulsador de alarma</p> | 1                  | 20 cm x 20 cm   | Colocar encima del paro de emergencia<br><b>Ubicación:</b><br>Revisar el mapa |

*Nota.* Adaptado de (IESS, 1976; ISO, 2015; OSHTECH, 2021; AHB, 2025; SafetyMart, 2025).

A continuación, las ubicaciones de la señalización se verifican en el siguiente mapa:

**Figura 36:**

Mapa de señalización propuesta



Nota. Elaboración propia (2025)

## 9. Obligaciones sistema único del trabajo

Se analizó con 6 trabajadores para el funcionamiento de la planta en lo que se debe cumplir con lo presentado a continuación:

**Tabla 73:**

*Obligaciones sistema único del trabajo*

| Calificación de la empresa | Número de trabajadores | Nivel de riesgo | Personal de seguridad industrial                                              | Personal de salud en el trabajo                                                                      |
|----------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Micro                      | 1 a 10                 | Medio           | Un monitor de seguridad e higiene del trabajo por lugar y/o centro de trabajo | Profesional médico con formación de 4to nivel en seguridad y salud en el trabajo de visita periódica |

*Nota.* Extraído de (MDT, 2024c)

Como se indica en el Decreto ejecutivo 255, dictado por el MDT (2024c), en el

Art. 34 “En cada lugar y/o centro de trabajo que cuente con 1 a 9 trabajadores, deben ejercer su derecho a participar en temas inherentes a seguridad y salud en el trabajo de forma actúa y en coordinación con el responsable de seguridad y salud en el trabajo”.

Donde se debe realizar el registro de este responsable que puede ser el empleador, un designado del mismo, que tenga habilidades referentes a la seguridad y salud. También debe contar con un plan integral de prevención de riesgos laborales, un delegado de higiene y seguridad designado por los trabajadores.

## 10. Firmas de responsabilidad

**Tabla 74:**

Ejemplo de firmas de responsabilidad en el plan de seguridad

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| <b>Elaborado por:</b> | <b>Firma:</b> |
| <b>Cargo</b>          |               |
| <b>Fecha:</b>         |               |
| <b>Aprobado por:</b>  | <b>Firma:</b> |
| <b>Cargo</b>          |               |
| <b>Fecha:</b>         |               |

*Nota.* Elaboración propia (2025)

## 5.2. Discusión

En la presente investigación se identificaron riesgos laborales críticos en la planta de asfalto, entre los que se destacan exposición al ruido, material particulado, posturas forzadas y agentes químicos, de manera complementaria, también se evidenciaron riesgos mecánicos por atrapamiento o caída de material, así como, riesgos locativos por caídas al mismo/distinto nivel, y deficiencias de señalización de seguridad.

Los niveles medidos de ruido confirman que la mayor fuente sonora es el tambor secador, con un valor de 94,74 dBA, siendo una exposición puntual y de carácter exclusiva en tarea, encontrando valores similares en la investigación realizada por Alzamora & Novoa (2012) donde indicaron que en una planta de asfalto, con el mismo instrumento obtuvieron valores de 90 dBA en el tambor secador, notando que en ambas investigaciones que los equipos de mezcla y secado son las principales fuentes sonoras.

Por lo que resultaría importante implementar cabinas de insonorización en el área de despacho de material asfáltico y en la caseta que cumple de control de pesaje de volquetas, pues como comprueba (Velasquí, 2015) esta diseño disminuye significativamente el ruido a 17 dBA.

Del mismo modo, algo similar sucede en el análisis de material particulado PM<sub>2.5</sub>, en la zona de la banda caliente se obtuvo un valor de 3.86 mg/m<sup>3</sup>, el cual es

ligeramente superior al resultado reflejado en la normativa, pero con respecto a la ACGIH en exposición a asfalto de  $0.5 \text{ mg/m}^3$  representa un alto índice de peligrosidad para los trabajadores, sin embargo, en la presente investigación no se diferencia exclusivamente el vapor de asfalto para una concordancia de este modo.

Aunque, en la investigación de Soto et al. (2020) indicaron valores superiores de  $6,02 \text{ mg/m}_3$  para  $\text{PM}_{2.5}$ , en la banda caliente reflejó que en este tipo de industrias existe gran cantidad de polvo fino, por lo que se recomienda incorporar mantenimientos del scrubber de una periodicidad menor, métodos de extracción localizada, y seguimiento en los métodos de medición ocupacional.

Por lo que resulta conveniente colocar medidas preventivas y correctivas una vez ejecutado el análisis de riesgo laboral para reducir la exposición del mismo, priorizando controles de ingeniería, administrativos y de equipos de protección personal, debido a que se vuelve complicado eliminar o sustituir los riesgos por los procesos productivos ya establecidos.

## 6. Conclusiones

---

- El diseño del plan de seguridad industrial se fundamentó en el diagnóstico y evaluación de los riesgos presentes durante la jornada diurna de producción asfáltica. La información obtenida permitió establecer controles de ingeniería, administrativos y de protección personal acordes a las condiciones reales de la planta. Entre ellos, se encuentran protecciones fijas, escaleras adecuadas, barandales, extractores de polvo, así como, manuales de manipulación segura de los elementos y un estudio personalizado de equipos de protección.
- El diagnóstico permitió identificar cinco puestos de trabajo habituales en las plantas de asfalto: ayudante de planta, operador de planta, despachador de material asfáltico, operador de maquinaria pesada, jefe o encargado de planta.
- La evaluación de riesgos mediante la matriz IPERC determinó que los riesgos más críticos corresponden a la exposición al ruido, material particulado, exposición a químicos, deficiencia en infraestructura como escaleras, y en señalética implementada.
- El análisis físico indicó que los niveles de presión sonora en la zona del tambor secador supera el límite máximo de exposición, el cual fue de 95,24 dBA, por lo que se evidenció la necesidad de reprogramar mantenimientos con periodicidad más corta, aplicar medidas de control auditivo, incluir cabinas de insonorización.
- El estudio ergonómico, aplicado con el método REBA, identificó que las posturas forzadas provienen de trabajadores que deben manipular herramientas manuales y equipos eléctricos. Sin embargo, las mismas se sostienen por lapsos

de tiempo corto que no significaron de riesgos críticos para los operadores, pues en su jornada laboral predomina trabajos de supervisión.

- Del mismo modo, en el análisis químico reveló que las concentraciones de polvo fino resultaron un valor de  $3,86 \text{ mg/m}^3$ , superando levemente los criterios normativos de LEP. Sin embargo, dentro de la composición de material particulado se puede encontrar vapores de asfalto que son perjudiciales para la salud donde dicho valor superaría significativamente el valor de la AGCIH de  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , por lo que se deberían implementar extractores de polvo y equipos de protección respiratoria adecuada.
- Por último, el análisis de las sustancias químicas como el diésel, el asfalto y el GLP, deben mantener su infraestructura adecuada de almacenamiento, sin embargo, se establece colocar rotulación, manuales de manipulación segura.
- Por tanto, a partir del diagnóstico, evaluación IPERC y los resultados técnicos, se formularon propuestas preventivas y correctivas como instalación de protecciones mecánicas, extractores de polvo, paros de emergencia, manuales de seguridad, cronogramas de mantenimiento, temario de capacitaciones periódicas, programa de señalización, y equipos de protección personal conforme a los riesgos de cada puesto.

## Referencias

- ABRD. (2025). Gafas de seguridad ABRO PG-5933. *Industries, INC.*
- Aguilera, A. A., & Troncoso, W. T. (2021). *Control de riesgos en obras en construcción.*  
[https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/centro-de-fichas/trabajadores/sp\\_4.pdf?sfvrsn=29e89b9d\\_2](https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/centro-de-fichas/trabajadores/sp_4.pdf?sfvrsn=29e89b9d_2)
- AHB. (2025). *Señales.* AHB Solutions. <https://ahbonline.es/senales/2589-uso-obligatorio-de-guantes-dielectricos.html>
- Albino, L. (2021). *Planta de Asfalto.* Scrib.  
<https://es.scribd.com/document/511644429/PLANTA-DE-ASFALTO>
- Allman. (2024). *Ficha técnica. Guante Sintético allman safelex nylon PU.*
- Alzamora, I., & Novoa, A. (2012). *Estudio de la seguridad e higiene industrial para la planta asfaltadora de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5330/1/CD-4575.pdf>
- AMC. (2025). *Ficha técnica. Guantes tipo operdor.*
- Arenal, C. (2022). *Seguridad y prevención de riesgos en el almacén.* Amazon Digital Services LLC - Kdp.
- Arenal, C. (2023). *Gestión de la prevención de riesgos laborales en pequeños negocios.* MF1792 (M. Á. Ladrón de Guevara (ed.)). Amazon Digital Services LLC-Kdp.
- ARMOR. (2020). *Ficha técnica. Botín armor contratista negro dieléctrico.*
- Asfaltar. (2022). *Reglamento de higiene y seguridad en el trabajo. Gobierno Provincial Azuay.*
- Brigade. (2025). *Sistemas de detección.* <https://brigade-electronics.com/es/sistemas-de-deteccion/>

- Camacho, M. (2024). Matriz IPERC: un paso fundamental para la gestión de riesgos en el trabajo . *Boletín Informativo Laboral n.º 143 - Matriz IPERC*.  
<https://www.gob.pe/institucion/mtpe/informes-publicaciones/5063931-boletin-informativo-laboral-n-143-matriz-iperc>
- Churata, P. (2023). *Planta de asfalto Copesco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco.
- Díaz, C. (2014). *Manual de chancado - planta concentradora*.
- Díaz, M. P. (2023). *Prevención de riesgos laborales. Seguridad y salud laboral 3a edición* (3era Edici). Ediciones Paraninfo S.A.
- DirectIndustry. (2025). *Difusor sonoro con avisador luminoso de flash*.  
<https://www.directindustry.es/prod/ma-safety-signal-co-ltd/product-66287-997729.html>
- Dominguez, D., Rodríguez, A., Guillen, F., Villacreses, M., Terán, M., Guadamud, J., & Castro, J. (2018). *Seguridad e higiene del trabajo aplicado a la construcción*. Área de Innovación y Desarrollo, S.L.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/CcyLl.2018.25>
- Dominguez de la Iglesia, F. (2012). *Estudio, Organización y Mejora de Puestos de Trabajo del Departamento de Administración de un Concesionario de Automóviles*.  
[https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30165/fichero/Capítulo+2\\_Introducción+al+Análisis+de+Puestos+de+Trabajo+y+descripción+de+la++Metodología+emplea.pdf](https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30165/fichero/Capítulo+2_Introducción+al+Análisis+de+Puestos+de+Trabajo+y+descripción+de+la++Metodología+emplea.pdf)
- E-Asfalto. (2005). *Planta asfáltica 1015-Transportable*. <https://www.e-asfalto.com/fracchia/plantas.htm>
- Escudero. (2020). Planta de asfalto 150 tons/hr automatizada. *Escudero Machinery Trading*, 14.

- Espinoza, J. (2016). *Las vías de comunicación fundamentos básicos y guía en la construcción de carretera*. Impresora Conadez.
- Famoplanc. (2025). *Montaje de Guardas de Seguridad para Fajas Transportadoras*.  
<https://famoplanc.com.pe/services/montaje-de-guardas-de-seguridad-para-fajas-transportadoras/>
- Fernández, M. F. V. (2015). Posturas de trabajo y evaluación de riesgos. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo (INSHT)*, 15, 54.  
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Posturas+de+trabajo.pdf/3ff0eb49-d59e-4210-92f8-31ef1b017e66>
- Gacía, A., Ronda, E., García, F., & Delclòs, G. (2022). *Salud laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales* (Elsevier Health Sciences (ed.)).
- García, J., & Luna, P. (2012). NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo: Notas Técnicas de Prevención. INSHT*, III, 1–7.  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/951w.pdf>
- García, M. (2020). *Identificación y Evaluación de los Posibles Riesgos Químicos Asociados a los Procesos Productivos de la Planta Asfáltica de Esmeraldas-San Mateo de GADPE*.
- Gerstenhaber, M., Varga, R. S., & Clunie, J. (2023). Riesgos físicos en el entorno laboral. *The American Mathematical Monthly*, 60(6), 425. <https://doi.org/10.2307/2306748>
- HSETools. (2022). *Pasos para hacer adecuadamente la Identificación de peligros*.  
<https://hse.software/2022/06/03/pasos-para-hacer-adecuadamente-la-identificacion-de-peligros/>
- IESS. (1976). Norma INEN - Señales y símbolos de seguridad 439. In *Instituto*

- ecuatoriano de seguridad social* (pp. 1–61).  
[https://www.cip.org.ec/attachments/article/112/INEN\\_439.pdf](https://www.cip.org.ec/attachments/article/112/INEN_439.pdf)
- IESS. (2025). *Reporte de Accidentes de Trabajo*.  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGRhOGQyZWItOThhYS00MmE4LWI4ZWYtODVhMGFkOWM0MGI0IiwidCI6IjZhNmNlOGVhLTBlMGYtNDY4YS05Yzg1LWU3Y2U0ZjIxZjRmMiJ9>
- INEN. (2015). *NTE INEN-ISO 11014. Hoja de datos de seguridad para productos químicos-índice y orden de secciones*.
- INEN. (2016). Accesibilidad De Las Personas Al Medio Físico. Edificaciones. Bordillos Y Pasamanos. Requisitos. In *Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria* (Vol. 2244).  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/NTE-INEN-2244-BORDILLOS-Y-PASAMANOS.pdf>
- INSHT. (1980). *NTP 239 : Escaleras manuales*.
- INSHT. (1984). *NTP 89: Cinta transportadora de materiales a granel*. 1–7.
- INSHT. (2001). Ntp 601: Evaluacion De Las Condiciones De Trabajo: Carga Postural. Medoto Reba (Rapid Entire Body Assessment). *Nogareda, Silvia*, 7.  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_601.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_601.pdf)
- INSHT. (2023). Guías para la acción preventiva en plantas de asfaltado. In *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Servicios de Ediciones y Publicaciones. INSHT MADRID.  
[https://www.insst.es/documents/94886/743580/gap\\_016.pdf/64bca7dd-3b7f-4157-84c4-adca990b480b?t=1593556689907](https://www.insst.es/documents/94886/743580/gap_016.pdf/64bca7dd-3b7f-4157-84c4-adca990b480b?t=1593556689907)
- ~~INSST. (1994). NTP 404: Escaleras fijas. NTP 404: Escaleras Fijas, 9.~~

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_404.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_404.pdf)

INSST. (2011). Cinta Transportadora. *Cinta Transportadora*, 23–26.

INSST. (2022). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo*.

<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposición+al+ruido+en+los+lugares+de+trabajo+2022.pdf/491842fd-cdf3-09bc-09b6-acc88279eea4?t=1725623502826>

ISO. (2015). Inte/iso 3864-1: 2015. *INTECO*, 506, 1–23.

ISO. (2025). *ISO 9612:2015. Acústica — Determinación de la exposición al ruido laboral — Metodología*.

ISOTools. (2023). *Pasos para elaborar un plan de seguridad en el trabajo*.  
<https://www.isotools.us/2023/05/25/pasos-para-elaborar-un-plan-de-seguridad-en-el-trabajo/>

Linepro. (2022). *Ficha tecnica – guantes dielctricos marca linepro. mm*.

Llagua Arévalo, A. (2020). Riesgos Laborales: Análisis Exploratorio De Los Indicadores Más Comunes En Ecuador. *Universidad Tecnológica Indoamérica*, 2–20.

Mapeo, C. (2020). Breve guía para hacer un protocolo de seguridad. *Articulo19.Org*, 8.  
[https://seguridadintegral.articulo19.org/wp-content/uploads/2020/11/art19\\_2020\\_infografia-ProtocoloSeguridad-1.pdf](https://seguridadintegral.articulo19.org/wp-content/uploads/2020/11/art19_2020_infografia-ProtocoloSeguridad-1.pdf)

Martin. (2025). *Instrucciones de instalación, operación y mantenimiento transportadores de banda*.

Martínez, I., Reyes, D., & Rosero, F. (2008). Constitución de la república del Ecuador. In *Alteridad* (Vol. 2, Issue 2). <https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>

Matrox. (2025). *Revestimientos para optimizar el transporte de materiales a granel.*

MDFMaquinaria. (2025). *Tolvas y silos almacenaje.*

<https://mdfmaquinaria.com/productos/transporte-de-productos-solidos/tolvas-y-silos-almacenaje/>

MDT. (2024a). *Anexo 2 : Tabla de Clasificación de nivel de riesgo de las actividades económicas en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales.*

MDT. (2024b). Anexo 3: Norma técnica de seguridad e higiene del trabajo. In *Ministerio del trabajo.*

MDT. (2024c). *Decreto Ejecutivo 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.*

<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/DECRETO-EJECUTIVO-255-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf>

MDT. (2025). *ACUERDO MINISTERIAL Nro. MDT-2025-122.* 1–70.

MIES. (2019). Reglamento de Prevención Mitigación y Protección contra Incendios.

*MIES, I(Vigente),* 1–62. [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO DE PREVENCION%2C MITIGACION Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCION%20MITIGACION%20Y%20PROTECCION%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf)

Moreno, J., González-Caballos, Z., & Torres, Á. (2022). *Prevención de riesgos laborales y medioambientales en la industria gráfica.* ARG10109. ic editorial.

MSP. (2021). Panorama Nacional de Salud de los Trabajadores. Encuesta de condiciones de trabajo y salud 2021 - 2022. In *Ministerio de Salud Pública, Organización Panamericana de la Salud.* <https://acortar.link/SPaYtd>

Muñoz, A., Rodríguez, J., & Martínez, J. (2021). La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones. *Manual de Seguridad, Salud y Medio Ambiente*, 733.

Neusa, G., & Argoti, C. (2023). *Ergonomía en las granjas de producción agrícola*

(Ediciones).

NFPA. (2025). *NFPA 72: Sistemas de alarmas contra incendios*.

<https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-72-standard-development/72>

NHDES. (2024). *Plantas de asfalto de mezcla en caliente: Efectos sobre la salud y normas*. 1–3.

OIT. (2013). Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria. In *Oficina internacional del Trabajo, The EMBO Journal* (Vol. 22, Issue 15).

OIT. (2021a). *Metodología para la identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos en el sector agrícola de Honduras*. Vision Zero Fund.  
[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-mexico/documents/publication/wcms\\_854172.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-mexico/documents/publication/wcms_854172.pdf)

OIT. (2021b). Seguridad y salud en el trabajo. Cartilla informativa No. 1. *CEPB*, 1.

OIT, & OMS. (2018). *Hoja de seguridad del asfalto*.  
[https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=612&p\\_edit=&p\\_version=2&p\\_lang=es](https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=612&p_edit=&p_version=2&p_lang=es)

OSHA. (2020). *Manual de Seguridad y Salud para Empresas Pequeñas*. [www.osha.gov](http://www.osha.gov)

OSHTECH. (2021). *Definiciones de EPP*. <https://oshtech.com.pe/unidad/definiciones-de-e-p-p/>

Osorio, P. (2025). *Scrubber*. <https://es.scribd.com/doc/56959550/Scrubber>

Pando Moreno, M., & Aranda Beltrán, C. (2019). Introducción a la seguridad y salud en el trabajo. In *Programa de Investigación en Salud Ocupacional*.  
<https://www.piensoenlatinoamerica.org/storage/pdf-magazines/1632190328-IntSeg-y-Salud-en-Trab-2019.pdf>

PEMEX. (2020). *Hoja De Datos De Seguridad del disel*. 1–4.

PEMEX. (2021). *Hoja De Datos De Seguridad del GLP*. 1–4.

Petroperu. (2019). *Ficha de Datos de Seguridad del cemento asfáltico*.

<https://asfaltos.petroperu.com.pe/docs/seguridad/fds-as-6070.pdf>

Puente Sotelo, P. (2024). *Seguridad laboral: Una perspectiva integral*. Editorial Autores de Argentina.

Quiñonez, D., Guerrero, A., & Sánchez, R. (2022). *Análisis de calidad y propiedades físicoquímicas del cemento asfáltico AC 20 para la aplicación vial*. 6(3), 563–589.

Quirónprevención. (2022). *Metodología: evaluación de riesgos laborales*.

Repsol. (2016). Nota Informativa De Seguridad De Producto: Asfalto. *Repsol*, 2008, 1–15.

Repsol. (2024a). *Asfaltos*. 1.

Repsol. (2024b). *Hoja de seguridad de diesel e+*. 1–11.

SafetyMart. (2025). *Señalamiento Precaución Entrada y Salida de Vehículos*.

[https://safetymart.mx/products/senalamiento-precaucion-entrada-y-salida-de-vehiculos?srsId=AfmBOopCBEQyOOPW1\\_Eqa8JLzA8vqb0S5oknMxNNzy7plW\\_p2FPcRo05](https://safetymart.mx/products/senalamiento-precaucion-entrada-y-salida-de-vehiculos?srsId=AfmBOopCBEQyOOPW1_Eqa8JLzA8vqb0S5oknMxNNzy7plW_p2FPcRo05)

Saif. (2023). *Una forma de abordar peligro: jerarquía de control*. 1–2.

Softonic. (2025). *Meazure*. <https://meazure.softonic.com/>

Soto, M., De la Peña, L., Valencia, R., Josefina, M., Valle, S., & Hernandez, F. (2020).

*Evaluación de material particulado generado en la planta de asfalto de Grupo Constructor* *Evaluation of particulate matter generated in the asphalt plant of Grupo Constructor Logo* ,. 1(1), 450–458.

SUNAFIL. (2022). Manual para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles (IPERC). In *Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral*. [http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB%202.pdf)

Torres. (2019). *Propuesta de instalación de una planta de elaboración de mezcla*

- asfáltica en caliente, en la localidad de Puruándiro Michoacán* [Universidad de Mchoacana de San Nicolás de Hidalgo].  
[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/7737/FIC-L-2019-1921.pdf?sequence=1](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/7737/FIC-L-2019-1921.pdf?sequence=1)
- Tygas. (2012). *Hoja De Seguridad Gas Licuado Del Petroleo*. 3121906(571), 1–7.  
<https://www.termoyopal.com.co/wp-content/uploads/2017/07/002-MSDS-GLP.pdf>
- Universidad de Sonora. (2024a). *Capitulo 3: Procedimiento de obtención de los asfaltos*.
- Universidad de Sonora. (2024b). *Plantas Asfálticas*.  
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11811/Capitulo4.pdf>
- Vasquez, L. (1999). *Norma Inen 2266*.
- Velasteguí, D. (2015). *Diseño de una cabina de insonorización para el control de ruido en la planta de asfalto de la empresa Eqfalto*.  
[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1388/1/Diseño de una cabina de insonorización para el control de ruido en la planta de asfalto de la empresa EQFALTO.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1388/1/Diseño%20de%20una%20cabina%20de%20insonorizaci%C3%B3n%20para%20el%20control%20de%20ruido%20en%20la%20planta%20de%20asfalto%20de%20la%20empresa%20EQFALTO.pdf)
- Villamizar, R. (2025). *Fundamentos de higiene industrial - 1ra edición*. Ecoe Ediciones.
- Zaditivos. (2022). *Hoja de seguridad asfalto líquido*. [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)
- 3M. (2020). *Ficha técnica. Media máscara reutilizable serie 6000*.
- 3M. (2021). *Ficha técnica. Respirador 8247 (R95)*.
- 3M. (2023). *Ficha Técnica 3M<sup>TM</sup> 1270 y 1271 Tapones auditivos reutilizables. 1271*.
- 3M. (2024). *Casco de Seguridad 3M Serie H-700*.
- 3M. (2025). *Ficha técnica: Cartucho-Filtro Mixto 60923*.

## 7. Anexos

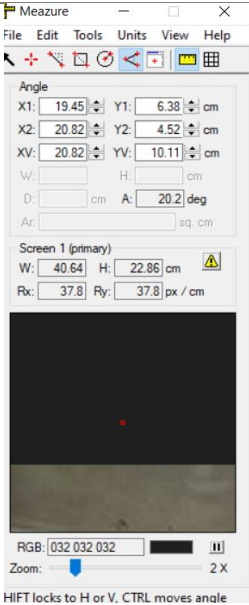
### **Anexo 1. Análisis ergonómico de las posturas ejecutadas por puestos de trabajo**

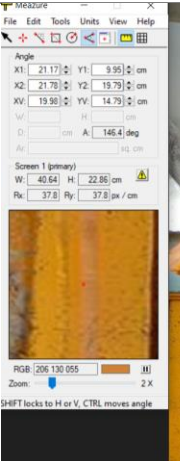
A continuación, se presenta el cálculo realizado para las posturas que adoptan los trabajadores al momento de realizar sus actividades en la producción de mezcla asfáltica.

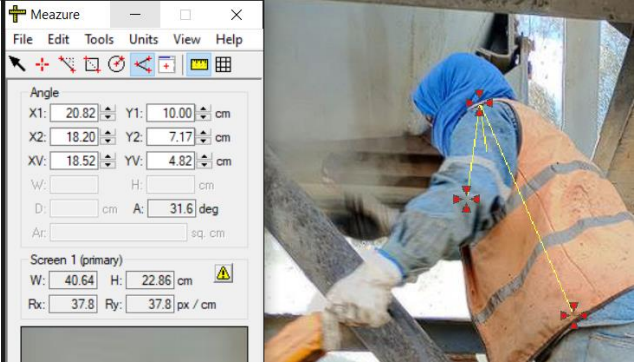
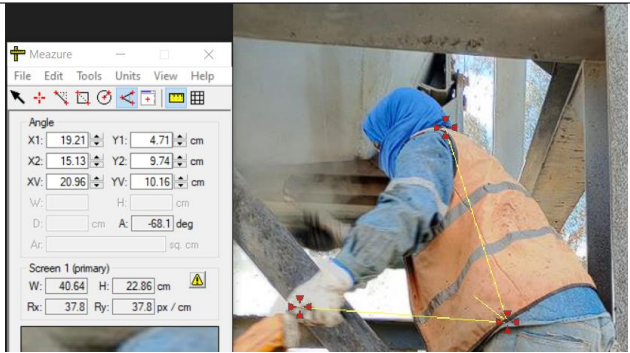
#### **1. Puesto de trabajo: Despachador de material asfáltico**

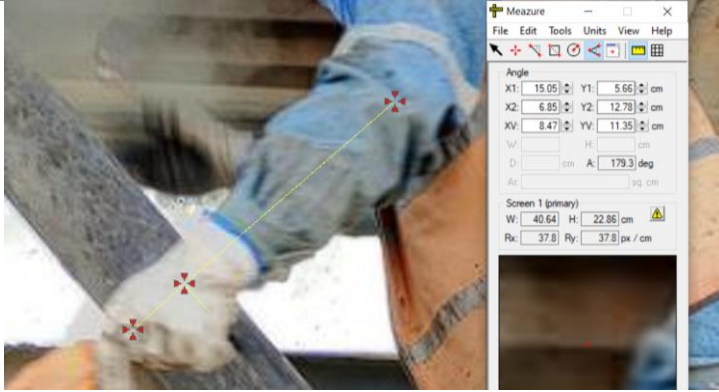
**Tabla A1:**

*Resultados del análisis ergonómico para el puesto de trabajo: Despachador de material*

| Característica e imagen                                                                                                                                                                                   | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
|   <p><b>Puntuación del tronco</b></p> | 20,7° flexión               | 3          | No existe torsión o inclinación lateral | 3                |

| Característica e imagen                                                                                                                                                                                             | Angulo obtenido por Meazure                     | Puntuación | Corrección                                                                                                      | Puntuación total |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <div>   </div> <p>Puntuación del cuello</p>       | $141,2^{\circ}-90^{\circ}=51,2^{\circ}$ flexión | 2          | No existe torsión o inclinación lateral                                                                         | 2                |
| <div>   </div> <p>Puntuación de las piernas</p> | Postura inestable                               | 2          | $180^{\circ} - 146,6^{\circ} = 33,4^{\circ}$<br>existe flexión de rodillas entre $30^{\circ}$ y $60^{\circ} +1$ | 3                |

| Característica e imagen                                                            | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                          | Puntuación total |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------------------|------------------|
|   | 31,6° flexión               | 2          | +1 si hay<br>abducción*<br>rotación | 3                |
|  | 68,1° flexión               |            |                                     | 1                |

| Característica e imagen                                                           | Angulo obtenido por Meazure                   | Puntuación | Corrección                       | Puntuación total |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|----------------------------------|------------------|
|  | $180^\circ - 179,3^\circ = 0,7^\circ$ flexión | 1          | No hay existe desviación lateral | 1                |
| Puntuación del la muñeca                                                          |                                               |            |                                  |                  |

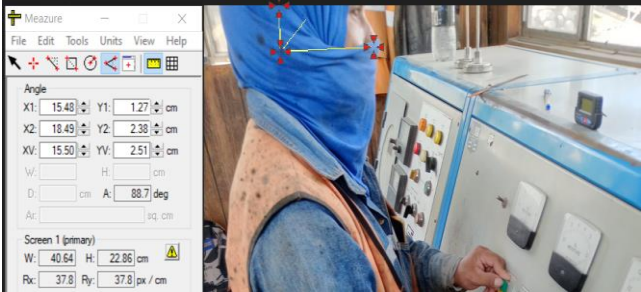
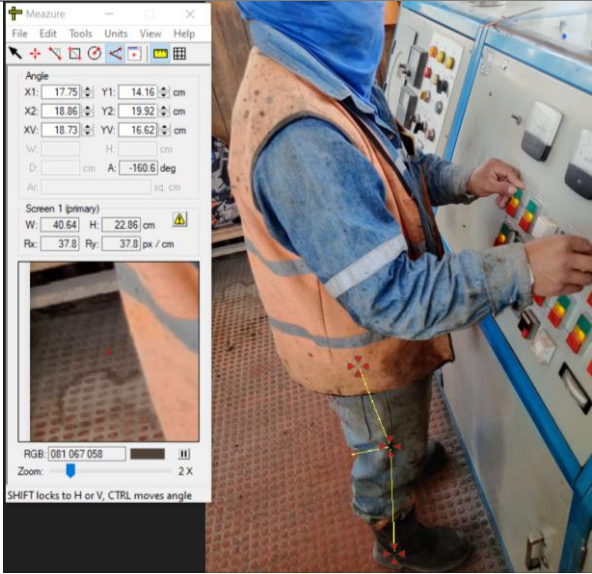
Nota. Elaboración propia (2025)

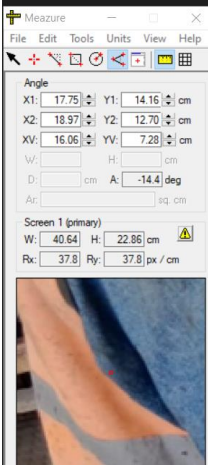
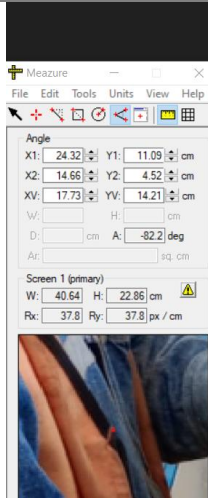
## 2. Puesto de trabajo: Operador de la planta

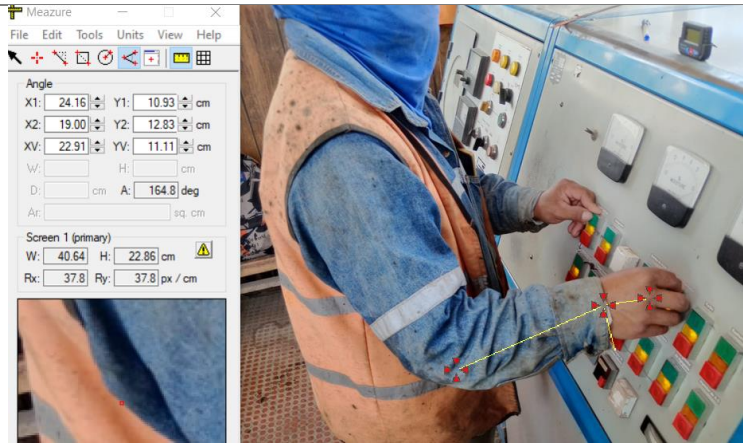
**Tabla A2:**

*Resultados del análisis ergonómico para el puesto de trabajo: Operador de la planta*

| Característica e imagen                                                            | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
|  | Erguido                     | 1          | No existe torsión o inclinación lateral | 1                |
| Puntuación del tronco                                                              |                             |            |                                         |                  |

| Característica e imagen                                                                                                    | Angulo obtenido por Meazure                   | Puntuación | Corrección                                                                                                  | Puntuación total |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  <p><b>Puntuación del cuello</b></p>      | $90^{\circ} - 90^{\circ} = 0^{\circ}$ flexión | 1          | No existe torsión o inclinación lateral                                                                     | 1                |
|  <p><b>Puntuación de las piernas</b></p> | Soporte bilateral                             | 1          | $180^{\circ} - 160^{\circ} = 20^{\circ}$<br>no existe flexión de rodillas entre $30^{\circ}$ y $60^{\circ}$ | 1                |

| Característica e imagen                                                                                                                                               | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                            | Puntuación total |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------------------|------------------|
|     | 14,4° flexión               | 1          | +1 si hay<br>abducción* o<br>rotación | 2                |
|   | 82,2° flexión               |            |                                       | 1                |
| Puntuación del antebrazo                                                                                                                                              |                             |            |                                       |                  |

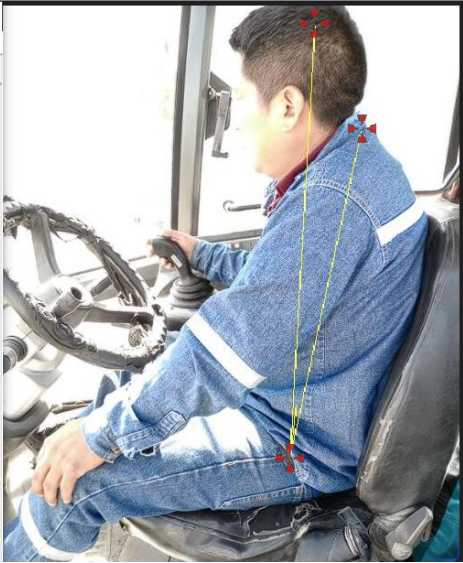
| Característica e imagen                                                                                            | Angulo obtenido por Meazure                       | Puntuación | Corrección                      | Puntuación total |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------|---------------------------------|------------------|
|  <p>Puntuación del la muñeca</p> | $180^\circ - 164,8^\circ = 15,2^\circ$<br>flexión | 2          | No existe<br>desviación lateral | 2                |

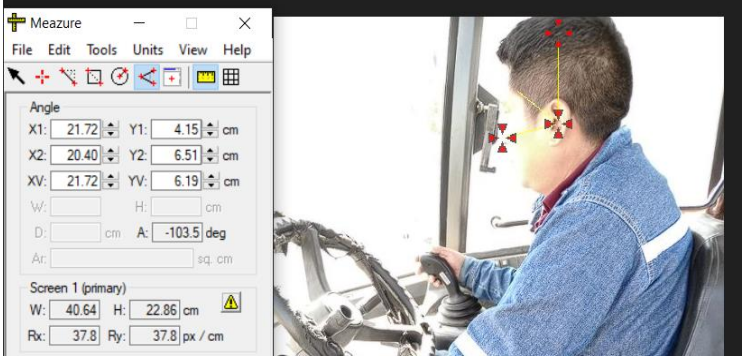
Nota. Elaboración propia (2025)

3. Puesto de trabajo: Operador de la maquinaria pesada

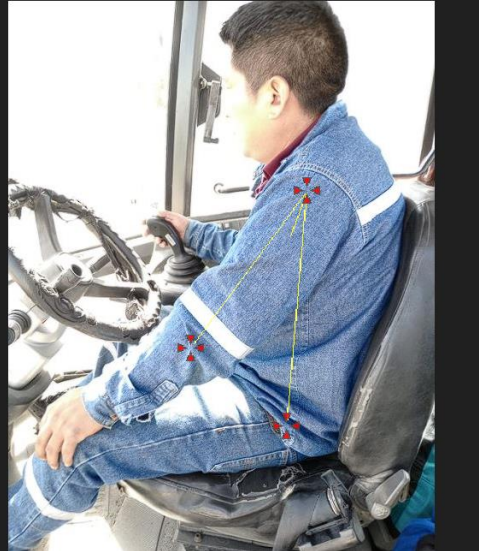
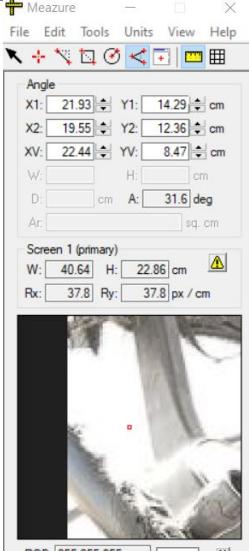
**Tabla A3:**

*Resultados del análisis ergonómico para el puesto de trabajo: Operador maquinaria pesada*

| Característica e imagen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
| <div><div><div>Meazure</div><div>File Edit Tools Units View Help</div><div><div>Angle</div><div>X1: 23.34 Y1: 6.61 cm</div><div>X2: 22.25 Y2: 4.18 cm</div><div>XV: 21.67 YV: 14.23 cm</div><div>W: H: cm</div><div>D: A: -9.0 deg</div><div>Ar: sq. cm</div><div>Screen 1 (primary)</div><div>W: 40.64 H: 22.86 cm</div><div>Rx: 37.8 Ry: 37.8 px / cm</div></div><div></div></div></div> <div></div> | 0° flexión                  | 1          | No existe torsión o inclinación lateral | 1                |
| Puntuación del tronco                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             |            |                                         |                  |

| Característica e imagen                                                                                                   | Angulo obtenido por Meazure                     | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
| <div><p>Puntuación del cuello</p></div> | $103,5^{\circ}-90^{\circ}=13,5^{\circ}$ flexión | 1          | No existe torsión o inclinación lateral | 1                |

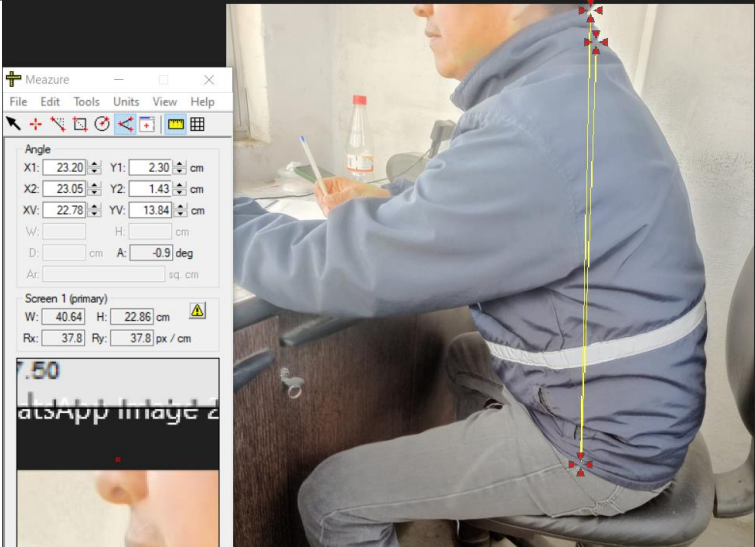
| Característica e imagen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación        | Corrección | Puntuación total             |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------|------------------------------|---|
| <div><div><div>Meazure</div><div><div>File Edit Tools Units View Help</div><div><div><div>Angle</div><div>X1: 21.93 Y1: 14.29 cm</div><div>X2: 15.03 Y2: 17.20 cm</div><div>XV: 16.85 YV: 15.27 cm</div><div>W: H: cm</div><div>D: A: 144.3 deg</div><div>Ar: sq. cm</div></div><div><div>Screen 1 (primary)</div><div>W: 40.64 H: 22.86 cm</div><div>Rx: 37.8 Ry: 37.8 px / cm</div></div><div><div>RGB: 255 255 255</div><div>Zoom: 2 X</div></div><div>SHIFT locks to H or V. CTRL moves angle</div></div></div><div></div></div><div>Puntuación de las piernas</div></div> |                             | Soporte bilateral | 2          | Mas de 60 en postura sedente | 2 |

| Característica e imagen                                                                                                                                                                                    | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                  | Puntuación total |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------------|
| <div></div> <p>Puntuación del brazo</p> | 31,6° flexión               | 2          | No hay abducción o rotación | 2                |

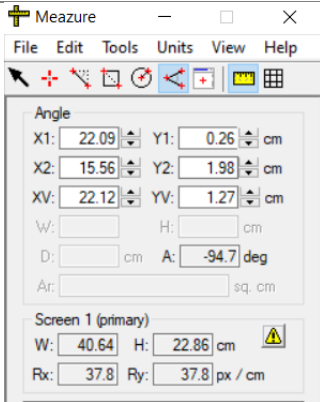
| Característica e imagen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección | Puntuación total |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------------|
| <div><div><div><div>Meazure</div><div>File Edit Tools Units View Help</div><div><div><div><div></div><div>+</div><div>→</div><div>↶</div><div>↷</div><div>↺</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div>↻</div><div></div></div></div></div></div></div></div> |                             |            |            |                  |

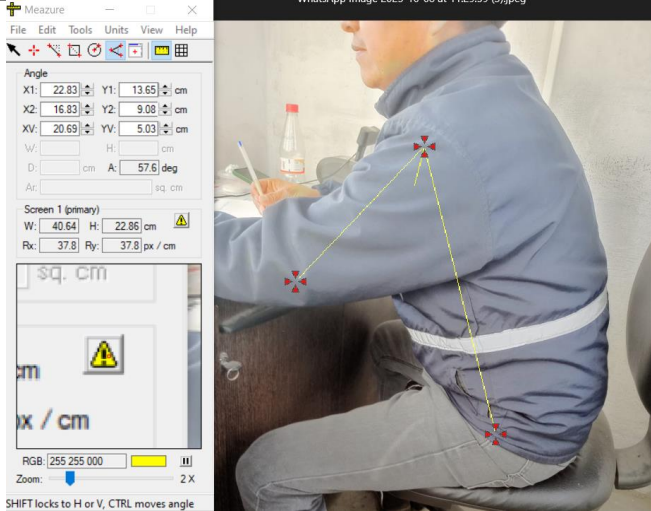
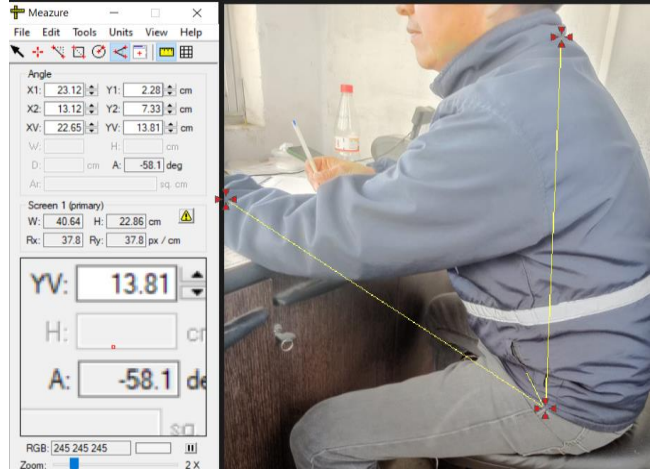
**Tabla A4:**

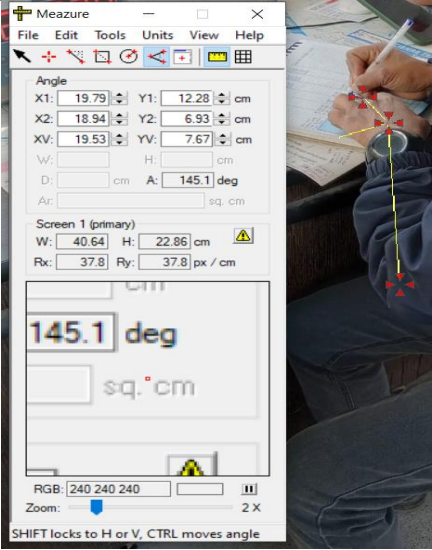
*Resultados del análisis ergonómico para el puesto de trabajo: Jefe de planta*

| Característica e imagen                                                             | Angulo obtenido por Measure | Puntuación | Corrección                              | Puntuación total |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------|------------------|
|  | Erguido                     | 1          | No existe torsión o inclinación lateral | 1                |

**Puntuación del tronco**

| Característica e imagen                                                            | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                                     | Puntuación total |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|------------------------------------------------|------------------|
|   | 94,7°-90°=4,7° flexión      | 1          | No existe torsión o inclinación lateral        | 1                |
| <b>Puntuación del cuello</b>                                                       |                             |            |                                                |                  |
|  | Soporte bilateral           | 1          | Sobrepasa los 60° pero está en postura sedente | 1                |
| <b>Puntuación de las piernas</b>                                                   |                             |            |                                                |                  |

| Característica e imagen                                                                                                   | Angulo obtenido por Meazure | Puntuación | Corrección                                  | Puntuación total |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------------------------|------------------|
|  <p><b>Puntuación del brazo</b></p>      | 57,6° flexión               | 3          | No hay abducción o rotación<br>-1 por apoyo | 2                |
|  <p><b>Puntuación del antebrazo</b></p> | 58,1° flexión               |            |                                             | 2                |

| Característica e imagen                                                           | Angulo obtenido por Meazure                       | Puntuación | Corrección                      | Puntuación total |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------|---------------------------------|------------------|
|  | $180^\circ - 145,1^\circ = 34,9^\circ$<br>flexión | 2          | No existe<br>desviación lateral | 2                |

Puntuación del la muñeca

Nota. Elaboración propia (2025)

## PUNTUACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Según lo explica INSHT (2001) en la NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA, se obtienen puntuaciones por cada uno de los grupos A y B, representados en las siguientes tablas, tomando en cuenta que se evalúa la carga/fuerza en la que se asignan valores adiciones, de acuerdo al peso del material que debe cargar el trabajador:

**Tabla A5:**

*Puntuación grupo A: Despachador de material*

|         |   | Cuello |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A6:**

*Puntuación grupo A: Operador de la planta*

|         |   | Cuello |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A7:**

*Puntuación grupo A: Jefe de la planta*

|         |   | Cuello |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A8:**

*Puntuación grupo A: Operador de la maquinaria pesada*

|         |   | Cuello |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | 1      |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
| Piernas |   | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tronco  | 1 | 1      | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|         | 2 | 2      | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|         | 3 | 2      | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|         | 4 | 3      | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|         | 5 | 4      | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

### Grupo B

**Tabla A9:**

*Puntuación grupo B: Despachador*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

Agarre bueno 0 puntos, fuerza menor a 5 kg 0 puntos no existen fuerzas ni cargas.

**Tabla A9:**

*Puntuación grupo B: Operador de la planta*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A10:**

*Puntuación grupo B: Jefe de la planta*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A11:**

*Puntuación grupo B: Operador de la maquinaria pesada*

|        |   | Antebrazo |   |   |   |   |   |
|--------|---|-----------|---|---|---|---|---|
|        |   | 1         |   |   | 2 |   |   |
| Muñeca |   | 1         | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Brazo  | 1 | 1         | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|        | 2 | 1         | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|        | 3 | 3         | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|        | 4 | 4         | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|        | 5 | 6         | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|        | 6 | 7         | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

*Nota.* Extraído de (INSHT, 2001)

El agarre que utiliza el trabajador es bueno, pues utiliza un agarre total de la manija de la pala. Obteniendo una puntuación de 0.

### Puntuación final método REBA

Una vez, analizados los resultados finales con las tablas antes mencionadas se emplea la tabla de puntuación final en la que se relaciona la puntuación del grupo A y B. Estableciendo también el nivel de riesgo.

**Tabla A12:**

*Relación del grupo A y B del método REBA operador de la planta*

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|              | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1            | 1            | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 7  | 7  |
| 2            | 1            | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7  | 7  | 8  |
| 3            | 2            | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8  | 8  | 8  |
| 4            | 3            | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9  | 9  | 9  |

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B                                                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|              | 1                                                                                   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 5            | 4                                                                                   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6            | 6                                                                                   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7            | 7                                                                                   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8            | 8                                                                                   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9            | 9                                                                                   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10           | 10                                                                                  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11           | 11                                                                                  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12           | 12                                                                                  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Actividad    | +1: Secciones del cuerpo que permanecen estáticas, por ej. Aguantadas más de 1 min. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto.          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Nota. Extraído de (INSHT, 2001)

El valor total para el jefe de la planta, refleja una postura con puntuación de 2, catalogándose de la siguiente manera:

**Tabla A13:**

*Valor total de riesgo ergonómico para el operador de la planta*

| Nivel de acción | Puntuación | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1               | 2 a 3      | Bajo            | La acción podría ser necesaria    |

Nota. Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A14:**

*Relación del grupo A y B del método REBA jefe de la planta*

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B                                                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|              | 1                                                                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1            | 1                                                                                  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2            | 1                                                                                  | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3            | 2                                                                                  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4            | 3                                                                                  | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5            | 4                                                                                  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6            | 6                                                                                  | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7            | 7                                                                                  | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8            | 8                                                                                  | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9            | 9                                                                                  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10           | 10                                                                                 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11           | 11                                                                                 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12           | 12                                                                                 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Actividad    | +1: Secciones del cuerpo que permanecen estáticas, por ej. Aguantadas más de 1 min |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto.         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Nota. Extraído de (INSHT, 2001)

El valor total para el jefe de la planta, refleja una postura con puntuación de 3, catalogándose de la siguiente manera:

**Tabla A15:**

*Valor total de riesgo ergonómico para el jefe de la planta*

| Nivel de acción | Puntuación | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1               | 2 a 3      | Bajo            | La acción podría ser necesaria    |

Nota: Extraído de (INSHT, 2001)

**Tabla A16:**

*Relación del grupo A y B del método REBA operador de la maquinaria pesada*

| PUNTUACIÓN A | PUNTUACIÓN B                                                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|              | 1                                                                                   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1            | 1                                                                                   | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2            | 1                                                                                   | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3            | 2                                                                                   | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4            | 3                                                                                   | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5            | 4                                                                                   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6            | 6                                                                                   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7            | 7                                                                                   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8            | 8                                                                                   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9            | 9                                                                                   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10           | 10                                                                                  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11           | 11                                                                                  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12           | 12                                                                                  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Actividad    | +1: Secciones del cuerpo que permanecen estáticas, por ej. Aguantadas más de 1 min. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto.          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|              | +1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Nota: Extraído de (INSHT, 2001)

El valor total para el operador de la maquinaria pesada, refleja una postura con puntuación de 3, catalogándose de la siguiente manera:

**Tabla A17:**

*Valor total de riesgo ergonómico para el operador de la maquinaria pesada*

| Nivel de acción | Puntuación | Nivel de riesgo | Intervención y posterior análisis |
|-----------------|------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1               | 2 a 3      | Bajo            | La acción podría ser necesaria    |

Nota: Extraído de (INSHT, 2001)