



## 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:

EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS DE  
LOS OPERADORES DE COMPUERTAS DE UNA  
HIDROELÉCTRICA. ESTRATEGIAS PARA LA  
MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO.

#### AUTOR(ES)

ALQUINGA MUELA LESLY KATTY

#### DIRECTOR:

JORGE OSWALDO JARA DÍAZ

QUITO – ECUADOR

2026

***Autor(es):***



Lesly Katty Alquina Muela  
Ingeniera Comercial  
Candidata a Magíster en Seguridad, Salud e Higiene Industrial por la  
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.  
Katty.alquina@gmail.com

***Dirigido por:***



Jorge Oswaldo Jara Díaz  
Dr. en Medicina y Cirugía  
Magister en Ergonomía  
Magister en Seguridad, Salud y Ambiente  
Doctor en Filosofía en gestión y economía de Salud  
jjarad@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  
***Lesly Katty Alquina Muela***  
***Evaluación de riesgos ergonómicos de los operadores de compuertas en una hidroeléctrica, estrategias para la mejora de las condiciones de trabajo***

## ***DEDICATORIA***

Dedicado, en primer lugar, a Dios, por concederme la fortaleza y las herramientas necesarias para superar este desafío; a mi hijo y mi madre que han sido mi fuente constante de inspiración y motivación para alcanzar un nuevo logro en mi vida; y a mi sobrino, hermanos y Wlady, por su apoyo incondicional, su confianza y por acompañarme en mi crecimiento tanto personal como profesional.

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradezco profundamente a mi jefe inmediato, por haberme brindado la oportunidad y el apoyo para cursar la maestría; al operador de compuertas, por compartir su experiencia y conocimientos sobre las labores que realiza, al médico ocupacional y técnico de seguridad por la retroalimentación brindada en esta evaluación, contribuyendo al desarrollo de este estudio orientado a mejorar las condiciones de trabajo a partir de los resultados obtenidos. Extiendo también mi gratitud a mi tutor por su paciencia, dedicación y genuina vocación de enseñanza, que enriquecieron significativamente mi proceso de aprendizaje académico. Finalmente agradezco a mi familia por su apoyo constante y por acompañarme en el cuidado de mi hijo durante este tiempo, los logros alcanzados en esta investigación también les pertenece, pues su respaldo fue fundamental para hacerlos realidad.

## TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	12
1. Introducción.....	13
1.1. Antecedentes.....	13
2. Determinación del Problema.....	14
2.1. Importancia y Alcances.....	14
2.2. Delimitación.....	15
2.2.1. Espacial o geográfica.....	16
2.2.2. Temporal.....	16
2.2.3. Institucional.....	16
2.3. Formulación del problema.....	17
2.3.1. Problema general.....	17
2.3.2. Problema específico.....	17
2.4. Justificación.....	17
2.5. Objetivos.....	18
2.5.1. Objetivo general.....	18
2.5.2. Objetivo específico.....	19
2.6. Hipótesis.....	19
2.6.1. Hipótesis General.....	19
2.6.2. Hipótesis específica.....	19
3. Marco teórico referencial.....	20
3.1. Ergonomía: evolución y fundamentos.....	20
3.1.1. Riesgos ergonómicos.....	20
3.1.2. Ergonomía.....	20
3.1.3. Evolución.....	21
3.1.4. Fundamentos.....	22
3.1.4.1. Ergonomía física.....	22
3.1.4.2. Ergonomía cognitiva.....	22
3.1.4.3. Ergonomía organizacional.....	22
3.1.4.4. Ergonomía ambiental.....	23
3.2. Transtornos musculoesqueleticos.....	23

3.3.	Factores de riesgos ergonómicos .....	24
3.3.1.	Factores biomecánicos .....	24
3.3.1.1.	Manipulación manual de cargas.....	24
3.3.1.2.	Posturas forzadas .....	25
3.3.1.3.	Movimientos repetitivos .....	25
3.3.1.4.	Vibraciones .....	25
3.3.2.	Factores ambientales.....	26
3.3.3.	Factores organizacionales .....	26
3.3.4.	Riesgos.....	26
3.3.4.1.	Identificación del riesgo.....	26
3.3.4.2.	Evaluación riesgo laborales .....	27
3.3.4.3.	Valoración del riesgo .....	27
3.4.	Métodos de evaluación ergonómica.....	28
3.4.1.	Métodos posturales .....	28
3.4.1.1.	Reba (rapid entire body assessment).....	28
3.4.1.1.1.	Grupo A .....	30
3.4.1.1.2.	Grupo B.....	30
3.4.1.1.3.	Puntuaciones A,B,C .....	31
3.4.1.1.4.	Grupo C.....	32
3.4.1.1.5.	Nivel de riesgo .....	33
3.4.1.2.	OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System).....	34
3.4.1.3.	Norma iso 11228-1 .....	38
4.	Factores ergonómicos en operaciones hidroeléctricas.....	47
5.	Ergonomía y sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo .....	47
5.1.	Normativa aplicable a nivel internacional .....	47
5.2.	Normativa aplicable a nivel local .....	48
5.2.1.	Constitución política de la república del ecuador .....	48
5.2.2.	Código de trabajo .....	49
6.	Estrategias ergonómicas para la mejora de las condiciones de trabajo, .....	49
7.	Materiales y metodología.....	51
7.1.	Método de investigación .....	51
7.2.	Diseño de estudio.....	51
7.2.1.	Estudio de campo .....	51
7.2.2.	Población y muestra.....	52

7.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	52
7.3.1.	Observación directa .....	52
7.3.2.	Evaluación simplificada del riesgo (ISO/TR 12295).....	53
7.3.3.	El enfoque cuantitativo .....	53
8.	Aplicación de herramientas.....	54
8.1.	Antecedentes .....	54
8.2.	Aplicación método reba .....	55
8.2.1.	Análisis Postural Grupo A: Tronco, Cuello y Piernas .....	55
8.2.2.	Análisis postural Grupo B: Brazos y Muñecas .....	58
8.2.3.	Puntuación Final REBA.....	61
8.2.4.	Resultados aplicación REBA.....	61
8.3.	Aplicación método owas.....	62
8.3.1.	Análisis resultados obtenidos espalda.....	63
8.3.2.	Análisis resultados obtenidos brazos .....	64
8.3.3.	Análisis resultados obtenidos pies .....	65
8.3.4.	Análisis resultados obtenidos fuerza / cargo.....	67
8.3.5.	Resultados Obtenidos owas .....	68
8.4.	Aplicación iso 11228-1 .....	69
8.4.1.	Factor de multiplicador horizontal (HM).....	70
8.4.2.	Factor Multiplicador Vertical (VM) .....	71
8.4.3.	Factor multiplicador de desplazamiento (DM).....	71
8.4.4.	Factor multiplicador de asimetría (AM) .....	72
8.4.5.	Factor multiplicador de frecuencia (FM).....	72
8.4.6.	Factor multiplicador de agarre (AM).....	73
8.4.7.	Índice de levantamiento .....	73
8.4.8.	Resultados aplicación ISO 11228-1 .....	74
9.	Conclusiones y recomendaciones .....	75
9.1.	Conclusiones .....	75
9.2.	Recomendaciones .....	76
10.	Referencias.....	78
11.	Anexos .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1,</b> .....	30
<b>Tabla 2,</b> .....	30
<b>Tabla 3,</b> .....	31
<b>Tabla 4,</b> .....	32
<b>Tabla 5,</b> .....	32
<b>Tabla 6,</b> .....	33
<b>Tabla 7,</b> .....	33
<b>Tabla 8,</b> .....	35
<b>Tabla 9,</b> .....	36
<b>Tabla 10,</b> .....	37
<b>Tabla 11,</b> .....	38
<b>Tabla 12,</b> .....	40
<b>Tabla 13,</b> .....	41
<b>Tabla 14,</b> .....	44
<b>Tabla 15,</b> .....	44
<b>Tabla 16,</b> .....	45
<b>Tabla 17,</b> .....	62
<b>Tabla 18,</b> .....	63
<b>Tabla 19,</b> .....	64
<b>Tabla 20,</b> .....	65
<b>Tabla 21,</b> .....	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación área de captación.....	16
<b>Figura 2</b>	Hoja de puntuación REBA.....	29
<b>Figura 3</b>	Representación gráfica factor multiplicador horizontal.....	41
<b>Figura 4</b>	Representación gráfica factor multiplicador vertical.....	42
<b>Figura 5</b>	Representación gráfica factor de distancia.....	43
<b>Figura 6</b>	Representación gráfica factor de asimetría.....	43
<b>Figura 7</b>	Análisis Postural.....	55
<b>Figura 8</b>	Primer segmento grupo A Tronco.....	56
<b>Figura 9</b>	Segundo segmento Grupo A, Cuello.....	56
<b>Figura 10</b>	Tercer segmento Grupo A, Piernas.....	57
<b>Figura 11</b>	Primer segmento Grupo B, Brazo.....	59
<b>Figura 12</b>	Segundo segmento Grupo B, Antebrazo.....	59
<b>Figura 13</b>	Tercer segmento Grupo B, Muñeca.....	60
<b>Figura 14</b>	Porcentajes obtenido por categoría.....	68
<b>Figura 15</b>	Limpieza de rejilla desarenador.....	69

## ÍNDICE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b>	LPR.....	39
<b>Ecuación 2</b>	Factor multiplicador horizontal.....	70
<b>Ecuación 3</b>	Factor Multiplicador Vertical.....	71
<b>Ecuación 4</b>	Factor multiplicador desplazamiento.....	71
<b>Ecuación 5</b>	Factor multiplicador de asimetría.....	72
<b>Ecuación 6</b>	Frecuencia de levantamiento.....	72
<b>Ecuación 7</b>	Índice de Levantamiento.....	73

# EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS DE LOS OPERADORES DE COMPUERTAS EN UNA HIDROELÉCTRICA. ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO.

AUTOR:

LESLY KATTY ALQUINGA MUELA

# RESUMEN

---

El presente estudio evaluó el riesgo ergonómico en el puesto de trabajo del Operador de compuertas, ubicado en la parroquia de Ulba, canto de Baños de Agua Santa, enfocado principalmente a las actividades de limpieza durante la etapa invernal en el área de captación, a través de los métodos combinados como REBA, OWAS e ISO 11228-1 ( Ecuación Niosh), cuyo objetivo fue cuantificar la exposición del trabajador frente a las tareas realizadas en su jornada de trabajo.

Con la aplicación de estos métodos se confirma que los operadores de compuertas están expuestos a un riesgo ergonómico significativo, durante la limpieza de rejillas para las compuertas principales, rejillas desarenador y el tanque de carga (Desarenador), obteniendo como factores principales a la postura forzadas, manipulación de cargas, condiciones ambientales y herramientas de trabajo.

Se requiere la intervención inmediata para reducir la carga física y mejorar la estabilidad postural del operador durante el desarrollo de estas actividades, así como implementar estrategias integrales como ingeniería de procesos, con la integración de equipos asistidos mecánicamente o limpiadores automáticos para reducir drásticamente la manipulación manual de cargas pesadas, rediseñar las herramientas ergonómicas ( rastrillo) con mangos más extensos, agarres mejorables y confortable, instalación de barras de apoyo para mejorar la estabilidad, pausas activas frecuentes en esta temporada, capacitación continua y un back up para el personal en períodos de mayos esfuerzo.

**Palabras clave:**

Musculoesquelético, ergonomía, exposición, riesgo, fuerza, postura, carga.

## ABSTRACT

---

The present study evaluated the ergonomic risk in the work position of the Gate Operator, located in the parish of Ulba, canto of Baños de Agua Santa, focused mainly on cleaning activities during the winter stage in the catchment area, through combined methods such as REBA, OWAS and ISO 11228-1 (Niosh Equation), whose objective was to quantify the worker's exposure to the tasks performed in his workday.

The application of these methods confirms that gate operators are exposed to a significant ergonomic risk during the cleaning of grates for the main gates, grit chamber grates, and the loading tank (grit chamber). The main contributing factors are awkward postures, manual handling of loads, environmental conditions, and work tools.

Immediate intervention is required to reduce the physical strain and improve the operator's postural stability during these activities. This includes implementing comprehensive strategies such as process engineering, integrating mechanically assisted equipment or automatic cleaners to drastically reduce manual handling of heavy loads, redesigning ergonomic tools (rakes) with longer handles, improved and more comfortable grips, installing support bars to enhance stability, implementing frequent active breaks during peak seasons, providing ongoing training, and ensuring backup personnel during periods of increased exertion.

**Keywords:** Musculoskeletal, ergonomics, exposure, risk, force, posture, load.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. ANTECEDENTES

La OIT, plantea como propósito fundamental la eficiencia en toda actividad laboral entendida como la obtención de resultados sin un uso innecesario de recursos humanos ni materiales.

Para ello define objetivos medibles y verificables entre los que se incluyen la salud, la seguridad, la productividad, eficiencia, fiabilidad y calidad del trabajo. La ergonomía cumple con un rol cada vez mas relevante en rehabilitación de personas con limitaciones en su capacidad laboral, asimismo considera las características físicas y psicológicas de trabajadores en edad avanzada y de aquellos catalogados como especialmente sensibles con el fin de adaptar el puesto de trabajo a sus condiciones.(Manuel, 2008)

Esta Hidroeléctrica suscribió contrato con el CONELEC, el 30 de enero del 2013, el Título Habilitante que le permitió desarrollar la central hidroeléctrica de 10 Mw de capacidad, ubicada en la parroquia Ulba del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua, cercana a la represa Agoyán, y eléctricamente interconectada a las Subestación Baños y Agoyán en la torre BP11 de la línea 69KV de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A(CIE, 2019) .

La empresa dedicada a la generación, captación, transmisión y distribución de energía eléctrica, al ser parte del sector estratégico de nuestro país desempeña un papel crucial para el desarrollo y sustento de este, sin embargo, las condiciones laborales de los operadores de compuertas pueden presentar un riesgo ergonómico significativo. Estos colaboradores realizan

actividades que incluyen manipulación de materiales pesados, exposición a posturas forzadas intensas que pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos.

En la central hidroeléctrica en estudio, se ha identificado la ausencia de un profesional calificado en el área de seguridad y salud ocupacional, lo que ha impedido que se realice una evaluación adecuada de los riesgos ergonómicos presentes.

La falta de análisis técnico y de estrategias de mitigación podría estar generando afectaciones en la salud de los operadores, tales como fatiga muscular, dolor lumbar y lesiones osteomusculares, impactando no solo su bienestar si no también su desempeño laboral y la eficiencia operativa de la central.

Dado este contexto, es fundamental realizar una evaluación de los riesgos ergonómicos mediante metodologías reconocidas, como la REBA, OWAS y la norma ISO 11228-1, con el fin de identificar los factores de riesgo y desarrollar estrategias para mejorar las condiciones de trabajo de los operadores.

Entre las posibles soluciones se incluye la implementación de herramientas ergonómicas y la capacitación continua de levantamiento seguro de cargas.

Por lo antes mencionado, este estudio busca proponer estrategias efectivas para la mejora de las condiciones ergonómicas de los operadores de compuertas en la hidroeléctrica con el objetivo de reducir el impacto de los riesgos laborales y garantizar un entorno de trabajo más seguro y eficiente.

---

## 2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

---

### 2.1. IMPORTANCIA Y ALCANCES

---

La importancia de este estudio se sustenta además en que los TME representan una de las principales causas de ausentismo laboral y discapacidad temporal en Ecuador. Asimismo, este trabajo contribuye al cumplimiento de la normativa nacional vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El propósito del estudio planteado nos permitirá asociar los factores de riesgos ergonómicos a los que esta expuestos los operadores de compuertas dentro de su jornada laboral, ya que existe manipulación de objetos pesados que superan los 23kg acompañados de posturas forzadas y movimientos repetitivos en sus actividades cotidianas (MRL, 2024) .

La ergonomía aplicada al ámbito laboral tiene un papel fundamental en la prevención de trastornos musculoesqueléticos (TME) y en la mejora de las condiciones de trabajo.

En el caso de los operadores de compuertas de una hidroeléctrica, la exposición a posturas forzadas, acompañados de esfuerzos físicos y la manipulación manual de cargas puede generar impactos negativos en su salud y rendimiento laboral de los operadores.

Este estudio busca identificar y evaluar preliminarmente los riesgos ergonómicos a los que están expuestos estos trabajadores a través de las herramientas como las ISO / TR 122295 con la ayuda, interpretación y aplicación correcta de las ISO 11228-1, proporcionando información clave para el diseño de estrategias de prevención y mejora en su entorno laboral (ISO, 2014).

Este estudio comprende la **identificación, evaluación y análisis de los riesgos ergonómicos** presentes en las actividades realizadas por los operadores de compuertas de la central hidroeléctrica.

## 2.2. DELIMITACIÓN

El desarrollo del presente proyecto de investigación está enfocado en evaluar los riesgos ergonómicos a los que están expuestos los operadores de compuertas en una hidroeléctrica al realizar las actividades cotidianas en su lugar de trabajo dentro de su jornada laboral.

### 2.2.1. ESPACIAL O GEOGRÁFICA

El personal al cual vamos a evaluar dentro de la hidroeléctrica se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón de Baños de Agua Santa, Parroquia Ulba, para ello podremos observar la ubicación exacta en la siguiente figura.

*Figura 1*

Ubicación área de captación



Nota: JJ65+59M, Baños Agua Santa

### 2.2.2. TEMPORAL

El presente proyecto de titulación se desarrollará entre los meses de junio - agosto 2025, se considera este lapso de tiempo ya que en etapa invernal las actividades desarrolladas y estudiadas toman más esfuerzo físico, que en la época de verano.

### 2.2.3. INSTITUCIONAL



La investigación actual se desarrollada en las instalaciones de la hidroeléctrica en el área de Captación, lugar donde los operadores desarrollan las actividades que serán evaluadas.

## 2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 2.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera la evaluación y el control de riesgos ergonómicos puede contribuir a la mejora de las condiciones de trabajo de los operadores de compuertas en el desempeño de sus actividades?

¿Cuál es el nivel de riesgos ergonómicos presentes en las actividades que realizan los operadores de compuertas de la hidroeléctrica y qué estrategias pueden implementarse para mejorar sus condiciones de trabajo?

### 2.3.2. PROBLEMA ESPECIFICO

- a. ¿Cuáles son los principales riesgos ergonómicos a los que están expuestos los operadores de compuertas de la hidroeléctrica?
- b. ¿Cuáles son los efectos de las posturas forzadas y levantamiento manual de cargas en la salud de los colaboradores de la hidroeléctrica?
- c. ¿Qué estrategias pueden aplicarse para reducir el impacto de los riesgos ergonómicos y mejorar las condiciones laborales de los operadores de compuertas?

## 2.4. JUSTIFICACIÓN

Este estudio aportará al desarrollo de la ergonomía en contextos industriales, con un enfoque particular en las centrales hidroeléctricas. Asimismo, facilitará la comprobación de la utilidad de herramientas como REBA, OWAS y la norma ISO 11228-1. Estas metodologías serán aplicadas para evaluar riesgos posturales en dicho entorno. La investigación permitirá

adaptar estas técnicas a las condiciones específicas del sector energético. Así, se fortalecerá la prevención de riesgos laborales desde un enfoque ergonómico (Orellana, 2022).

Aplicar mejoras ergonómicas contribuirá significativamente al cuidado de la salud y al confort de los empleados. Al mismo tiempo, permitirá disminuir los gastos relacionados con ausencias por enfermedad, incapacidades y pérdida de eficiencia en el trabajo. Estas acciones favorecen tanto al trabajador como a la empresa.

Se optimiza el rendimiento general y se previenen lesiones laborales. En conjunto, representa una inversión en bienestar y productividad.

Al tratarse de una empresa perteneciente a un sector estratégico del país, sus operaciones no pueden detenerse por factores externos. No obstante, las labores se desarrollan en un entorno con deficiencias en confort térmico y sin apoyos mecánicos para la manipulación de herramientas, lo que exige que el personal se mantenga en condiciones óptimas para cumplir con sus funciones y metas establecidas. Adicionalmente, la ausencia de evaluaciones ergonómicas en los puestos de trabajo impide identificar y conocer de manera integral los riesgos asociados a cada actividad que realizan los trabajadores.

Esta investigación podrá utilizarse como referencia para aplicar mejoras ergonómicas en otras centrales hidroeléctricas. También será útil en contextos industriales con características laborales semejantes. Su contenido orientará futuras acciones preventivas y correctivas en el área de la seguridad y salud ocupacional. Servirá como punto de partida para adaptar soluciones a distintos entornos de trabajo. De este modo, contribuirá a mejorar las condiciones laborales en diversos sectores.

## 2.5. OBJETIVOS

### 2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los riesgos ergonómicos asociados a las actividades de los operadores de compuertas, con el fin de proponer estrategias para mejorar sus condiciones de trabajo y prevenir trastornos musculoesqueléticos.

## 2.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- a. Identificar los principales riesgos ergonómicos a los que están expuestos los operadores de compuertas de la hidroeléctrica.
- b. Aplicar metodologías de evaluación ergonómica para cuantificar los niveles de riesgo y su impacto en los operadores.
- c. Proponer estrategias de intervención y mejoras ergonómicas que reduzcan los riesgos y optimicen las condiciones laborales.

## 2.6. HIPÓTESIS

### 2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al no implementar medidas ergonómicas adecuadas en las actividades que desarrollan los operadores de compuertas en la hidroeléctrica, los trabajadores estarán en mayor riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos.

### 2.6.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

- a. El uso de herramientas y equipos de trabajo inadecuados aumenta la carga física y el riesgo ergonómico en los operadores de compuertas.
- b. Si los operadores de compuertas adoptan posturas forzadas y realizan levantamiento manual de cargas, entonces tendrán mayor prevalencia de lesiones musculoesqueléticas.
- c. Si se implementan mejoras ergonómicas en los puestos de trabajo, se reducirá la fatiga y problemas de salud en los operadores.

- d. La capacitación en ergonomía y buenas prácticas posturales disminuirá la incidencia de lesiones en los trabajadores de la hidroeléctrica.

## 3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 3.1. ERGONOMÍA: EVOLUCIÓN Y FUNDAMENTOS

#### 3.1.1. RIESGOS ERGONÓMICOS

Son causados por un esfuerzo excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo que puedan provocar cansancio, errores, accidentes, enfermedades profesionales o trastornos musculoesqueléticos como consecuencia de un diseño inadecuado de las instalaciones, las máquinas, los equipos, las herramientas o los puestos de trabajo (MRL, 2024)

#### 3.1.2. ERGONOMÍA

La ergonomía estudia cómo adecuar el lugar de trabajo a las capacidades y límites del ser humano para favorecer su eficiencia y salud. Su objetivo principal es lograr un equilibrio entre comodidad y rendimiento. Según la Organización Internacional del Trabajo, cuando el entorno laboral no está bien adaptado, pueden surgir problemas de salud como trastornos musculoesqueléticos. Estas afecciones están relacionadas con posturas inadecuadas o esfuerzos físicos excesivos (Toro, 2017) .

Los riesgos que afectan la salud del trabajador pueden tener origen físico, por las demandas del trabajo, o psicosocial, vinculados al entorno emocional y mental. Ambos tipos de factores influyen en el desarrollo y agravamiento de los trastornos musculoesqueléticos (TME). Es fundamental reconocer que no basta con atender solo las condiciones físicas del puesto. Los aspectos sociales y emocionales también juegan un papel clave(Nieto, 2023) .

La ergonomía es una disciplina integral que analiza las condiciones del entorno laboral que afectan la salud y el confort del trabajador y el diseño del puesto. También considera elementos como las herramientas, máquinas, asientos y organización del tiempo laboral. Su correcta aplicación permite prevenir molestias y mejorar el rendimiento. Ignorar la ergonomía puede derivar en lesiones, enfermedades ocupacionales y baja productividad. Por eso, es esencial integrarla en la planificación del trabajo (Toro, 2017) .

El estudio de las personas en el trabajo busca mejorar sus tareas, condiciones laborales y el entorno general. Un sistema de trabajo integra al trabajador, las herramientas, la organización y el ambiente físico. La ergonomía y los factores humanos buscan hacer estos sistemas más seguros y sostenibles. Esto se logra mediante un enfoque sistémico, basado en el diseño y centrado en el equilibrio entre bienestar y rendimiento. Así, se promueve una mayor eficiencia sin descuidar la salud del trabajador (OIT, 2025) .

### 3.1.3. EVOLUCIÓN

Se considera que el verdadero origen de la ergonomía moderna se produce en la Segunda Guerra Mundial tras concluir distintos estudios que muchos de los accidentes aéreos se producían debido a diseños que no tenían en cuenta las capacidades humanas. En los años 60, la disciplina se extendió a las primeras computadoras y en los 70 se amplió al estudio del software, incorporándose al uso de internet y a la automatización de la tecnología a partir del año 2000.

### 3.1.4. FUNDAMENTOS

#### 3.1.4.1. ERGONOMÍA FÍSICA

Esta categoría se orienta al diseño del puesto de trabajo en función de las características antropométricas de las personas trabajadoras, razón por la cual algunos autores la identifican como ergonomía geométrica. Considera aspectos vinculados al diseño del espacio laboral, como la altura de las superficies de trabajo, las zonas operativas, el mobiliario (sillas, mesas) y los espacios disponibles que facilitan el movimiento. Asimismo, abarca el análisis del diseño de máquinas, incluyendo mandos, sistemas de control y señales de tipo visual o auditivo. También contempla el estudio de los elementos que deben manipularse, como herramientas manuales y otros equipos de trabajo, así como los dispositivos asociados a su uso.(INSST, 2025)

#### 3.1.4.2. ERGONOMÍA COGNITIVA

Se enfoca en el estudio de los procesos mentales involucrados en la interacción entre el trabajador y su entorno laboral, tales como la percepción, la memoria, la toma de decisiones, la carga mental y la atención. Su objetivo es adaptar las tareas, los sistemas de información y los entornos de trabajo a las capacidades cognitivas de las personas, con el fin de reducir errores, mejorar el desempeño, aumentar la seguridad y favorecer el bienestar mental durante la ejecución de las actividades laborales.(INNST, 2019)

#### 3.1.4.3. ERGONOMÍA ORGANIZACIONAL

Se enfoca en la interacción entre el trabajador y la organización, evaluando aspectos como el tipo de tareas, la remuneración, el diseño del puesto, la gestión del talento humano y los procesos de comunicación interna, tanto ascendentes como descendentes. Asimismo, considera

los mecanismos de participación de los trabajadores y el trabajo en equipo. Incluye el análisis de la organización del tiempo laboral, abarcando la duración de la jornada, pausas, descansos, turnos y horarios. También contempla elementos vinculados a la asignación de funciones, estilos de liderazgo y cultura organizacional.(INSST, 2025)

#### 3.1.4.4. ERGONOMÍA AMBIENTAL

La ergonomía ambiental se encarga de estudiar y evaluar los factores externos que rodean al trabajador y que inciden directamente en su desempeño laboral. Entre estos se incluyen las condiciones físicas del ambiente, como la temperatura (frío y calor), el ruido, las vibraciones, la ventilación (calidad del aire y humedad relativa) y los niveles de iluminación. El análisis adecuado de estos elementos permite diseñar y evaluar entornos de trabajo más adecuados. De esta manera, se contribuye a mejorar el confort de los trabajadores, aumentar la productividad y fortalecer las condiciones de seguridad en el lugar de trabajo.(Paniza, 2014)

### 3.2. TRANSTORNOS MUSCULOESQUELETICOS

Las afecciones musculoesqueléticas consisten en patología físicas que se manifiestan en el sistema locomotor (músculo, huesos, tendones, ligamentos y nervios). El motivo de estos padecimientos está vinculado a las demandas ergonómicas del entorno laboral, especialmente a las actividades de naturaleza repetitiva, excesivamente pesada o requieren esfuerzo físico intenso, impactando de manera significativa las articulaciones del tronco y las extremidades superiores (Orellana, 2022).

Según la OMS Aproximadamente 1710 millones de personas tienen trastornos musculoesqueléticos en todo el mundo. Entre los trastornos musculoesqueléticos, el dolor lumbar es el más frecuente, con una prevalencia de 568 millones de personas. Los trastornos

musculoesqueléticos son la principal causa de discapacidad en todo el mundo, y el dolor lumbar es la causa más frecuente de discapacidad en 160 países.

Estos trastornos limitan enormemente la movilidad y la destreza, lo que provoca jubilaciones anticipadas, menores niveles de bienestar y una menor capacidad de participación social.

Los trastornos musculoesqueléticos suelen manifestarse con dolor, generalmente persistente, y con una disminución de la movilidad, la destreza y la capacidad funcional, lo que limita el desempeño laboral de las personas. Estas afecciones pueden comprometer distintas estructuras del sistema musculoesquelético. Entre ellas se incluyen enfermedades articulares como la artrosis y la artritis, alteraciones óseas como la osteoporosis y las fracturas, y trastornos musculares como la sarcopenia. También afectan con frecuencia a la columna vertebral, generando dolor lumbar y cervical.

### 3.3. FACTORES DE RIESGOS ERGONÓMICOS

Los riesgos derivados de la exposición a factores de riesgo ergonómico deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances tecnológicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo aplicando la jerarquía de controles.(MRL, 2024)

#### 3.3.1. FACTORES BIOMECÁNICOS

##### 3.3.1.1. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

La manipulación manual de cargas es común en distintos sectores laborales, esta actividad representa un riesgo importante de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, especialmente lumbalgias. Las lesiones ocurren cuando se supera la capacidad física del trabajador, se repiten los levantamientos o se adoptan posturas inadecuadas. Para prevenir daños,



se deben considerar factores como la distancia entre el cuerpo y la carga, la frecuencia del esfuerzo, la postura y el entorno. Una técnica adecuada de levantamiento es clave para evitar problemas en la espalda.(López, 2014)

Cualquier actividad realizada por uno o más trabajadores que implique mover, sostener levantar, empujar o desplazar un objeto, constituye un riesgo cuando las condiciones de la tarea son ergonómicamente inadecuadas.(INSST, 2023)

### 3.3.1.2. POSTURAS FORZADAS

Las posturas forzadas afectan amplias zonas del cuerpo, generalmente debido a espacios reducidos o a la dificultad para acceder o alcanzar ciertos elementos de trabajo. Cuanto más incómoda sea la postura adoptada, menor será el tiempo necesario para que aparezca una lesión. Esto ocurre especialmente en posiciones como inclinar o girar la espalda, estar de pie o en cuclillas, sentarse sin respaldo, inclinar o extender el cuello y levantar los brazos por encima de los hombros (Morales, 2021).

### 3.3.1.3. MOVIMIENTOS REPETITIVOS

Se trata de una serie de movimientos repetitivos y sostenidos que se ejecutan durante la jornada laboral y que involucran los mismos grupos osteomusculares. Esta repetición constante genera fatiga, sobrecarga y dolor, pudiendo evolucionar finalmente en lesiones. Se considera movimiento repetitivo cuando la misma acción se realiza cada 3 a 5 segundos dentro de un mismo ciclo de trabajo. Asimismo, influyen la desviación articular y la fuerza aplicada de manera reiterada.(López, 2014)

### 3.3.1.4. VIBRACIONES

Aquella transmitida al organismo humano a través de estructuras sólidas que pueda ser nociva para la salud o constituir un peligro.(MRL, 2024)

### 3.3.2. FACTORES AMBIENTALES

Iluminación, ambiente térmico, ruido y vibraciones y se va a dedicar un apartado a la calidad del ambiente interior.

### 3.3.3. FACTORES ORGANIZACIONALES

- Nivel de mecanización y automatización, los procesos a través de medios mecánicos.
- Funcionalidad, estructura de la empresa
- Participación, es la capacidad de decisión en cuanto a mejoras en común
- Comunicación, funcionalidad de las directrices entregadas de forma horizontal y vertical
- Formación, desarrollo interno y plan carrera.(Manuel, 2008)

### 3.3.4. RIESGOS

“Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”(Normalización, 2018) .

#### 3.3.4.1. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

Las organizaciones pueden aplicar diversas técnicas para detectar incertidumbres que influyan en el logro de sus objetivos. Es importante analizar tanto riesgos visibles como invisibles, así como sus causas, amenazas y oportunidades. También se deben evaluar vulnerabilidades, capacidades y cambios en el entorno interno y externo. Factores como el valor de los recursos, las consecuencias potenciales y la calidad de la información disponible son clave. Además, es necesario considerar aspectos humanos como creencias, suposiciones y sesgos en la toma de decisiones (Normalización, 2018) .

### 3.3.4.2. EVALUACIÓN RIESGO LABORALES

El proceso de evaluación de riesgos debe realizarse con la participación de todos los involucrados, de forma organizada y continua, aprovechando los conocimientos y perspectivas de cada una de las partes. Para así obtener la mejor información disponible, y de ser necesario complementar con estudios o investigaciones adicionales (Normalización, 2018).

De acuerdo con lo establecido en el art 4 de la ley de prevención de riesgos laborales (LPR), se entiende por riesgo laboral la probabilidad de que un trabajador experimente algún tipo de daño como consecuencia de su actividad laboral, así como también este artículo menciona que se considera como daños derivados del trabajo todas aquellas enfermedades, lesiones o afecciones que el trabajador puede sufrir como resultado de las tareas realizadas en su lugar de trabajo (INSST, 2022).

Se puede concluir como riesgo laboral a la posibilidad que la exposición a un agente o proceso peligroso durante la actividad laboral genere una enfermedad o lesión al trabajador (Alva, 2021).

### 3.3.4.3. VALORACIÓN DEL RIESGO

La valoración del riesgo tiene como objetivo facilitar la toma de decisiones informadas dentro de una organización. Consiste en comparar los resultados de la evaluación del riesgo con criterios previamente definidos, para determinar si se requieren medidas adicionales. Las decisiones pueden ir desde no actuar, hasta aplicar nuevos controles o analizar más a fondo el riesgo. Finalmente, los (MRL, 2024) resultados deben documentarse, comunicarse y validarse adecuadamente. (Normalización, 2018)

## 3.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA

La evaluación de los riesgos ergonómicos en los operadores de compuertas se llevará a cabo mediante una observación directa de sus actividades. Se complementará con registros fotográficos para documentar posturas y condiciones laborales.

El análisis incluirá una revisión detallada del espacio y las condiciones del puesto de trabajo. Se utilizarán métodos ergonómicos estandarizados para obtener puntuaciones objetivas de riesgo. Con base en estos resultados, se propondrán estrategias de mejora adecuadas y aplicables.

A continuación, se presentan los métodos de evaluación que van a ser utilizados, estas herramientas han sido seleccionadas por su utilidad y compatibilidad con el objetivo de la investigación:

### 3.4.1. MÉTODOS POSTURALES

#### 3.4.1.1. REBA (RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT)

Este método tiene el propósito de contar con una herramienta que permita evaluar la carga física a la que están expuestos los trabajadores, su aplicación puede realizarse tanto antes como después de la intervención, con el propósito de comprobar si el riesgo de sufrir lesiones musculoesquelética ha reducido, como también otorga una evaluación rápida sobre las afectaciones que puede ser causa de las exigencias laborales (Nogareda, 2001).

Para evaluar el riesgo de las posturas de trabajo, se consideran los siguientes grupos:

- Grupo A, comprende posturas de tronco, cuello y piernas
- Grupo B, comprende posturas brazos, antebrazos y muñecas izquierdas y derechas.
- La carga o fuerza utilizada, misma que se suma al total del grupo A.

- Acoplamiento de las manos u otras partes del cuerpo con la carga manipulada, misma que debe ser sumada al grupo B.
- La actividad muscular ya sea esta estática, repetitiva o cambios rápidos en las posturas se suman al total del grupo C.

**Figura 2**

Hoja de puntuación REBA

<b>Grupo A</b>			<b>Grupo B</b>
	<b>Use tabla A</b>	<b>Use Tabla B</b>	
<b>Tronco</b>	4	2	Brazos
	+	+	
<b>Cuello</b>	3	1	Antebrazos
<b>Piernas</b>	3	3	Muñecas
	<b>Carga / Fuerza</b>	<b>Acoplamiento</b>	
<b>PUNTUACIÓN A</b>	8	3	<b>PUNTUACIÓN B</b>
	3	2	
		<b>Use tabla C</b>	
<b>PUNTUACIÓN C</b>		12	
		+	
<b>PUNTUACIÓN ACTIVIDAD</b>		1	
		=	
<b>PUNTUACIÓN REBA</b>		13	

**Nota:** Hoja para ingresar valores recopilados de las evaluaciones por segmentos corporales, datos tomados (INSHT, 2015)

Una vez evaluadas las posturas de los segmentos pertenecientes al grupo A, procedemos a registrar los valores en la tabla que a continuación se detalla:

### 3.4.1.1.1. GRUPO A

**Tabla 1,**

*Cálculo de la puntuación final del Grupo A*

TRONCO	CUELLO												PIERNAS
	1				2				3				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	1	2	3	4	3	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	4	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	5	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	6	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	7	7	8	9	7	8	9	9	

*Nota:* Datos tomados(INSHT, 2015)

Situando como primera puntuación la obtenida del tronco, a continuación, situamos la columna del cuello y para culminar con la ubicación de nuestro resultado final en la columna de piernas la intersección de estos puntajes nos dará el valor del Grupo A.

### 3.4.1.1.2. GRUPO B

**Tabla 2**

*Cálculo de la puntuación final de las posturas del grupo B*

BRAZOS	ANTEBRAZOS						MUNECAS
	1			2			
	1	2	3	1	2	3	
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:* Datos tomados (INSHT, 2015)

Tomando el mismo procedimiento, primero situamos la puntuación obtenida en la columna de los brazos, seguimos con la columna de los antebrazos y para culminar tomamos el valor de las muñecas para llegar a la intersección de los valores y obtener el puntaje correspondiente al Grupo B.

### 3.4.1.1.3. PUNTUACIONES A,B,C

A los valores obtenidos de las evaluaciones al grupo A mediante la tabla 1, se adiciona el valor a la carga o fuerza realizada durante la actividad, mismo que obtenemos de la tabla 3.

**Tabla 3**

*Puntuación de la carga o fuerza realizada (Grupo A)*

0	1	2	+ 1
< 5 Kg	5 – 10 Kg	> 10 Kg	Sacudidas o aumento rápido de la fuerza

*Nota:* este valor se adiciona a la puntuación del grupo A, datos tomados (INSHT, 2015)

Por otro lado, a las puntuaciones obtenidas por el grupo B, se adiciona la puntuación correspondiente al acoplamiento de la mano o de la zona corporal que interactúa con la carga, mismo valor que se obtiene de la tabla 4.

**Tabla 4**

*Puntuación del acoplamiento de la mano o del cuerpo con la carga*

0	1	2	3
Bueno	Regular	Malo	Inaceptable
Agarre bien adaptado y en un rango medio, agarre de fuerza	Agarre aceptable pero no ideal o el acoplamiento es aceptable vía otra parte del cuerpo	Agarre no aceptable aunque posible	Forzado, agarre peligroso, sin asas El acoplamiento es inaceptable usando otras partes del cuerpo

*Nota:* Este valor se adicional a la puntuación del grupo B, datos tomados de (INSHT, 2015)

3.4.1.1.4. GRUPO C

Una vez obtenidas las puntuaciones del Grupo A y Grupo B se trasladan los valores a la tabla 5 para encontrar la puntuación de C.

**Tabla 5**

*Calculo puntuación C*

		PUNTUACIÓN B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P U N T U A C I Ó N  A	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	2	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

*Nota:* Puntuaciones finales grupo A y B, datos obtenidos (INSHT, 2015)



Como último paso a la puntuación obtenida de C mediante la tabla 5, aumentamos un valor correspondiente a la actividad muscular si fuera el caso, valor que se obtiene de la tabla 6, para obtener nuestra puntuación final REBA.

**Tabla 6**

*Puntuación correspondiente a la actividad*

+ 1	1 o mas partes del cuerpo tienen estatismo; ej. Mantenimiento mas de 1 min.
+ 1	Acciones de pequeño rango repetidas; ej. Repetidas mas de 4 veces/min. (no incluir el andar).
+1	Acción que causa cambios rápidos de gran rango en las posturas o en una base inestable.

*Nota: datos obtenidos (INSHT, 2015)*

### 3.4.1.1.5. NIVEL DE RIESGO

De la puntuación definitiva REBA, se obtiene los niveles de riesgo tales como: insignificantes, bajo, medio, alto y muy alto. Estos niveles de riesgo conllevan a cinco niveles de acción mismos que se evidencian en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Niveles de acción*

Nivel de Acción	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Acción (Incluyendo evaluación adicional)
0	1	Insignificante	Ninguna
1	2 - 3	Bajo	Puede ser necesaria
2	4 - 7	Medio	Necesaria
3	8 - 10	Alto	Necesaria pronto
4	11 - 15	Muy Alto	Necesaria de inmediato

*Nota: datos obtenidos (INSHT, 2015)*

Con las puntuaciones resultantes de la evaluación REBA se pueden tomar medidas correctivas en base a los niveles donde se encuentren ubicada la puntuación definitiva.

#### 3.4.1.2. OWAS (OVAKO WORK POSTURE ANALYZING SYSTEM)

Método adecuado para evaluar puestos laborales en los que se adoptan posturas incómodas o forzadas durante la realización de las tareas.

El método Finlandés OWAS( Ovako Work Posture Analyzing System) fue creado entre los años 1974 y 1978, originalmente con el propósito de analizar las condiciones ergonómicas, este método se fundamenta en la observación sistemática y el registro de las posturas corporales asumidas por diferentes segmentos del cuerpo, tales como tronco, brazos y piernas durante el tiempo que se ejecutan las tareas. (INSHT, 2015) .

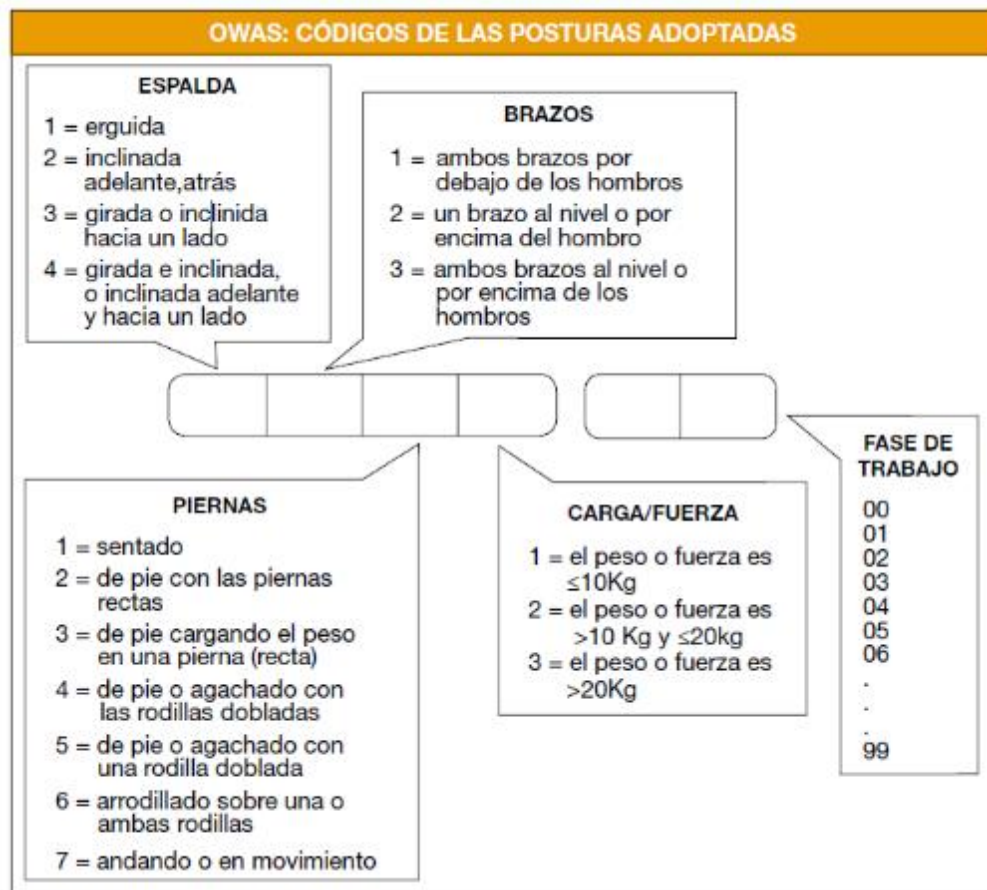
Previo al registro de las posturas, es necesario analizar el trabajo para identificar sus fases, tareas, operaciones involucradas y su duración. Esto permitirá definir, según la periodicidad del movimiento, cuántas observaciones se deben realizar y con qué frecuencia.

##### 3.4.1.2.1. CÓDIGOS PARA EL REGISTRO DE LAS POSTURAS

Cada postura fue identificada mediante un código estructurado de seis dígitos, en el cual tres de ellos representan las posiciones adoptadas por el tronco, los brazos y las piernas, mientras que otro dígito corresponde a la carga o fuerza aplicada. Los dígitos restantes permiten asociar la postura con la fase específica del trabajo en la que fue observada, garantizando un registro sistemático y coherente del análisis ergonómico para la asignación de códigos se consideró la siguiente figura:

**Tabla 8**

*Códigos para el registro de las posturas y de la carga o fuerza realizada*



*Nota:* Datos tomados(INSHT, 2015).

El proceso utilizado para determinar el valor de la evaluación se lleva a cabo de la siguiente manera:

Colocar el valor obtenido para la espalda en la primera casilla de la tabla 8, a partir de este valor, identificar la segunda casilla para colocar el dato que corresponde a la postura de los brazos, en la tercera casilla detallar el valor perteneciente a la posición de las piernas, para la última casilla, ubicar el valor correspondiente al nivel de fuerza aplicada y el resultado final de la

evaluación se determina de la intersección la fila obtenida paso 2 y comuna paso 4.(INSHT, 2015)

### 3.4.1.2.2. EVALUACIÓN DE LAS POSTURAS REGISTRADAS

Una vez aplicada la evaluación utilizando la hoja presentada en la tabla 8, es posible determinar la carga de trabajo estimada, resultado de la combinación de las posturas adoptadas por la espalda, los brazos y las piernas durante la ejecución de las actividades.

**Tabla 9**

*Hoja para la evaluación de la categoría de acción a partir de las posturas y cargas registradas*

EVALUACIÓN DE LAS POSTURAS ADOPTADAS																							
ESPALDA	BRAZO	1			2			3			4			5			6			7			PIERNAS USO DE FUERZA
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

*Nota:* datos obtenidos (INSHT, 2015).

El resultado final correspondiente a la categoría de acción determinada para cada una de las posturas observadas se presenta de la siguiente forma:

**Tabla 10**

*Categorías de acción*

Categoría de Acción 1	Categoría de Acción 2	Categoría de Acción 3	Categoría de Acción 4
No se requieren medidas correctoras	Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano	Se requieren medidas correctoras tan pronto como sea posible	Se requieren medidas correctoras inmediatas

Nota: datos tomados de (INSHT, 2015).

### 3.4.1.2.3. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LAS POSTURAS POR EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El método OWAS incorpora una tabla complementaria que permite valorar la aceptabilidad de las posturas según el tiempo de exposición. Dicha herramienta fue empleada para determinar las categorías correspondientes a las posturas observadas durante las actividades habituales de los operadores de compuertas en la temporada invernal.

**Tabla 11**

*OWAS- Valoración de la postura por el tiempo de exposición*

<b>ESPALDA</b>	1 Erguida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 Inclínada adelante	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3 Girada	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4 Girada e inclinada	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
<b>BRAZOS</b>	1 Ambos por debajo hombros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 Uno por encima hombro	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3 Ambos por encima hombros	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
<b>PIERNAS</b>	1 Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2 De pie con ambas piernas estiradas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3 De pie con una pierna estirada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4 Ambas rodillas dobladas	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5 Una rodilla doblada	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6 Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7 Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
<b>% DEL TIEMPO DE TRABAJO</b>		<b>0</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>				

Nota: Datos tomados de (INSHT, 2015).

### 3.4.1.3. NORMA ISO 11228-1

Los trastornos musculoesqueléticos son muy comunes a nivel mundial, especialmente en el ámbito laboral. Esta norma propone un modelo para evaluar el riesgo en tareas de manipulación manual de materiales. Se analizan factores como el peso del objeto, la postura adoptada, la calidad del agarre y el tiempo de exposición. Estos elementos, individualmente o combinados, pueden incrementar el riesgo de lesiones. Por ello, se utilizan para establecer límites seguros en la manipulación de cargas. (ISO, 2021)

### 3.4.1.3.1. ECUACIÓN NIOSH

La ecuación NIOSH, permite analizar tareas que implican manipulación manual de cargas determinando el Límite de peso recomendado (LPR). Este valor representa la carga máxima aconsejable que puede levantarse sin generar riesgo significativo considerando las condiciones reales del entorno laboral, los resultados obtenidos facilitan la identificación de riesgos ergonómicos y la implementación de mejoras técnicas y organizativas.

#### *Ecuación 1*

LPR

$$\text{LPR} = \text{LC} * \text{HM} * \text{VM} * \text{DM} * \text{AM} * \text{FM} * \text{CM}$$

La ecuación establece que un levantamiento ideal se da cuando se realiza la actividad en condiciones ergonómica óptimas, con una posición sagital correcta, levantando la carga cerca al cuerpo a 75cm del suelo, agarre adecuado y un desplazamiento vertical inferior a 25cm, para este levantamiento el límite de peso recomendado (LPR) es 23kg considerado como valor máximo seguro para evitar riesgos musculoesqueléticos.(ISO, 2021)

### 3.4.1.3.2. PROCEDIMIENTO APLICACIÓN ECUACIÓN.

El procedimiento inicia con la observación directa de la tarea, como segundo paso determina si el trabajador debe ejercer un control preciso de la carga al finalizar el levantamiento, comúnmente el mayor esfuerzo ocurre al inicio del movimiento por lo que las evaluaciones se centran en ese punto para calcular el límite de peso recomendado.

Una vez identificadas las tareas que serán analizadas, es necesario registrar los datos relevantes para la evaluación, esta información principalmente se obtiene en el punto de inicio del levantamiento y de ser el caso el control preciso de la carga depositada, como también el punto final del movimiento para ello se consideran los datos reflejados en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Datos para Evaluación*

Item	Abreviatura	Dato	Medición
1.		<b>Peso del objeto manipulado</b>	En kilogramos.
2.	<b>(H)</b>	<b>Distancia Horizontal</b>	Debe medirse en origen y si existe control significativo se deberá medir también en destino.
3.	<b>(V)</b>	<b>Distancia Vertical</b>	Debe medirse tanto en el origen del levantamiento como en el destino de este independiente de que exista o no control significativo de la carga.
4.	<b>(D)</b>	<b>Desplazamiento Vertical</b>	Diferencia entre la distancia vertical de destino y la de origen.
5.	<b>(A)</b>	<b>Ángulo de Asimetría</b>	Debe medirse en origen, y si existe control significativo se deberá medir también en destino.
6.	<b>(F)</b>	<b>Frecuencia de levantamiento</b>	Debe determinar el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga durante la jornada laboral.
7.		<b>Duración de Levantamiento</b>	Se debe establecer el tiempo total empleado en los levantamientos y el tiempo de recuperación tras un período de levantamiento. Se considera que el tiempo de recuperación es un período en el que se realiza una actividad ligera diferente al propio levantamiento.
8.	<b>(C)</b>	<b>Tipo de Agarre</b>	Clasificado como bueno, regular o malo.

*Nota:* datos obtenidos de (ISO, 2021)

Obtenido los datos, procedemos a calcular los factores multiplicadores que necesitamos para la aplicación de la ecuación, mismo que se detallan en la tabla 13. Una vez conocido los factores, obtendremos el valor del peso máximo recomendado (LPR),



**Tabla 13***Factor Multiplicador*

Factor Multiplicador	
<b>LPR:</b>	Peso máximo recomendado
<b>LC:</b>	Constante de carga
<b>HM:</b>	Factor multiplicador horizontal
<b>VM:</b>	Factor multiplicador vertical
<b>DM:</b>	Factor multiplicador de distancia
<b>AM:</b>	Factor multiplicador de asimetría
<b>FM:</b>	Factor multiplicador frecuencia
<b>CM:</b>	Factor multiplicador de agarre

Nota: datos obtenidos (ISO, 2021)

**3.4.1.3.3. FACTOR MULTIPLICADOR HORIZONTAL**

Para calcular el factor horizontal (HM) se mide la distancia horizontal (H), definida como el espacio entre el punto medio de la línea imaginaria que une los tobillos por la parte interna y la proyección en el suelo del punto medio del cuerpo que se sujeta.

**Figura 3**

*Representación gráfica factor multiplicador horizontal*



Nota: Datos tomados de (ISO, 2021)

#### 3.4.1.3.4. FACTOR MULTIPLICADOR VERTICAL

Para determinar el factor vertical (VM) se mide la distancia vertical (V) que corresponde al espacio existente entre el punto central de agarre de la carga y la superficie sobre la cual se apoya el colaborador.

#### **Figura 4**

*Representación gráfica factor multiplicador vertical*



Nota: Datos tomados de (ISO, 2021)

#### 3.4.1.3.5. FACTOR MULTIPLICADOR DE DISTANCIA

Para calcular el factor de distancia o desplazamiento (DM) se determina la diferencia entre El punto inicial y el punto final de la carga, es decir el recorrido vertical, que esta experimentando la carga desde el inicio al final de movimiento.

**Figura 5**

*Representación gráfica factor de distancia*



Nota: Datos tomados de (ISO, 2021)

**3.4.1.3.6. FACTOR MULTIPLICADOR DE ASIMETRÍA**

Se mide el ángulo de desviación ( $A$ ), que representa el grado de rotación o desplazamiento de la carga respecto al plano sagital durante el movimiento.

**Figura 6**

*Representación gráfica factor de asimetría*



Nota: Datos tomados de (ISO, 2021)

### 3.4.1.3.7. FACTOR MULTIPLICADOR DE FRECUENCIA

Para el cálculo del factor multiplicador de frecuencia hay que tomar en cuenta la duración de la tarea que se está evaluando para ello se toma los valores detallados en la tabla 14, más la frecuencia de la actividad realizada tomando en cuenta el valor de V, véase tabla 15.:

**Tabla 14**

*Duración tarea*

Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
≤ 1 hora	Corta	Al menos el 100% del tiempo de trabajo
> 1 hora y ≤ 2 horas	Moderada	Al menos el 30% del tiempo de trabajo
> 2 horas y ≤ 8 horas	Larga	

Nota: datos obtenidos (ISO, 2021)

**Tabla 15**

Valores de multiplicador de frecuencia (FM)

Frequency of lifting Number of lifts per minute	Values of $f_M$					
	$t_L \leq 1 \text{ h}$		$1 \text{ h} < t_L \leq 2 \text{ h}$		$2 \text{ h} < t_L \leq 8 \text{ h}$	
	$v < 0,75 \text{ m}$	$v \geq 0,75 \text{ m}$	$v < 0,75 \text{ m}$	$v \geq 0,75 \text{ m}$	$v < 0,75 \text{ m}$	$v \geq 0,75 \text{ m}$
≤ 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: datos obtenidos (ISO, 2021)

### 3.4.1.3.8. FACTOR MULTIPLICADOR DE AGARRE

Este último factor evalúa el grado de facilidad o dificultad que presenta el trabajador al sujetar la carga, para determinar e tipo de agarre considerando los parámetros detallados en la tabla.

**Tabla 16**

*Parámetros de agarre*

BUENO	REGULAR	MALO
Objetos de diseño optimo y con asas o asideros con diseño optimo	Objetos con diseño optimo que tengan asas o asideros con diseño suboptimo	Objeto con diseño suboptimo, u objetos sueltos dificiles de agarrar, voluminosos o con bordes agudos cortantes
Objetos sueltos que permitan un agarre confortable, rodeandolos con toda la mano	Objetos con diseño optimo sin asas o asideros	Objetos deformables
1,00	0,95	0,90

Nota: Datos obtenidos (ISO, 2021)

Con los resultados de ecuación si el Límite de Peso Recomendado es igual o mayor al peso manipulado, la tarea evaluada se considera segura o aceptable, pero si el LPR resulta inferior al peso realmente levantado, se identifica como riesgo potencial a lumbalgias o lesiones musculoesqueléticas para el colaborador

Una vez obtenido el LPR, es necesario determinar el índice de levantamiento (IL), mismo que se calcula con el peso de la carga levantada, valor dividido para el límite de peso recomendado calculado para la tarea evaluada.

**Tabla 17**

*Índice de levantamiento*

<b>IL</b>	<b>Nivel</b>	<b>Interpretación</b>
$IL \leq 1,0$	Muy baja	En general no se requiere de ninguna acción para la población trabajadora
$1,0 < LI \leq 1,5$	Baja	Preste especial atención a las condiciones de baja frecuencia/alta carga y a las posturas extremas o estáticas. Incluya todos los factores al rediseñar las tareas o los puestos de trabajo y considere medidas para reducir los valores de $li < 1,0$
$1,5 < LI \leq 2,0$	Moderada	Rediseñar tareas y espacios de trabajo según las prioridades para reducir el LI, seguido de un análisis de resultados para confirmar su eficacia
$2,0 < LI \leq 3,0$	Alta	Los cambios en la tarea para reducir el LI son de alta prioridad.
$LI > 3,0$	Muy Alta	Es necesario modificar la tarea de inmediato para reducir el LI.
Para cualquier nivel de riesgo o exposición		Identificar a los trabajadores con necesidades especiales o vulnerabilidades en tareas de levantamiento y asignar o diseñar el trabajo en consecuencia. Capacitar a los trabajadores en métodos seguros de manipulación manual y en el reconocimiento de los riesgos asociados a la manipulación de materiales es beneficioso. Limitar el peso a levantar a menos de la masa de referencia también puede considerarse.

Nota: datos obtenidos (ISO, 2021)

Finalmente, una vez determinado el valor del INDICE DE LEVANTAMIENTO (IL), es posible determinar el nivel de riesgo generado por la tarea evaluada, utilizando la tabla 16, que permite establecer el grado de aceptabilidad o peligrosidad de la actividad.

Este índice ayudara a identificar tareas aceptables y aquellas que requieren intervención inmediata, priorizando actividades preventivas y correctivas para el diseño de mejoras

ergonómicas para proteger la salud del trabajador y optimizar las condiciones del puesto de trabajo.

## 4. FACTORES ERGONÓMICOS EN OPERACIONES HIDROELÉCTRICAS

Las actividades diarias realizadas por los operadores, estas asociados a las condiciones físicas, ambientales y de la organización, mismas que influyen directamente con la aparición de fatiga, lesiones musculoesqueléticas, entre ellos se evidencia levantamiento y traslado de herramientas pesadas, posturas forzadas, flexión y torción del tronco acompañados de posiciones de trabajo inestables por las superficies húmedas y a desnivel, dichas en las actividades destinadas a la limpieza de rejillas en etapa de invierno.

## 5. ERGONOMÍA Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

### 5.1. NORMATIVA APLICABLE A NIVEL INTERNACIONAL

- ISO 11228-1 Manipulación manual(ISO, 2021)
- ISO 11226 – Evaluación de posturas de trabajo estáticas
- ISO/TR 12295 – Evaluación simplificada de riesgos ergonómicos(ISO, 2014)
- Guías de la OIT (Organización Internacional del Trabajo)
- Reglamento del instructivo andino de seguridad y salud en el trabajo.(Wagner Allan, 2008)
- **NPT 601:** Evaluación De Las Condiciones De Trabajo: Método Reba (Nogareda & Canosa, 2019)

## 5.2. NORMATIVA APLICABLE A NIVEL LOCAL

- **Norma Técnica de Ergonomía del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN-ISO/TR 12295)**

Sirve como guía para la identificación y evaluación preliminar de riesgos ergonómicos(ISO, 2014).

- **Ley Orgánica de Salud y su reglamento**

Obliga al empleador a controlar factores que puedan afectar la salud del trabajador, incluidos los ergonómicos(Congreso Nacional, 2015)

- **Norma Técnica del IESS para Prevención de Riesgos Laborales**

Emitida por el Seguro General de Riesgos del Trabajo, Considera aspectos de **ergonomía** como factor de riesgo laboral y exige controles.(MRL, 2024)

- **Decreto ejecutivo 255.** (Gobierno del Ecuador, 2024)

- **Resolución del IESS 513**

**Art 1.-** En el ámbito de la prevención de riesgos del trabajo, integra medidas preventivas en todas las fases del proceso laboral, con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, guardando concordancia con lo determinado en la normativa vigente y convenios internacionales ratificados por parte del Estado(Iess, 2017).

### 5.2.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Art. 325.- “El Estado garantizará el derecho al trabajo. Se reconocen todas las modalidades de trabajo, en relación de dependencia o autónomas, con inclusión de labores de auto sustento y cuidado humano; y como actores sociales productivos, a todas las trabajadoras y trabajadores”.



Art 326.- Numeral 5. “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”(Asamblea, 2021).

### 5.2.2. CÓDIGO DE TRABAJO

Tomando como referencia al Art 1 del código de trabajo “Las normas relativas al trabajo contenidas en leyes especiales o en convenios internacionales ratificados por el Ecuador, serán aplicadas en los casos específicos a las que ellas se refieren”(Comisión Legislativa, 2012)

Para el desarrollo de este proyecto si la normativa ecuatoriana no posee normas relativas aplicables se considerará las leyes internacionales establecidos por la organización internacional del Trabajo (OIT).

“Art. 410.- Obligaciones respecto de la prevención de riesgos. - Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida”.

“Art. 428.- Reglamentos sobre prevención de riesgos. - La Dirección Regional del Trabajo, dictarán los reglamentos respectivos determinando los mecanismos preventivos de los riesgos provenientes del trabajo que hayan de emplearse en las diversas industrias”(Comisión Legislativa, 2012).

## 6. ESTRATEGIAS ERGONÓMICAS PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO,

Establecer medidas de control ergonómico tiene como objetivo reducir o eliminar riesgos derivados de las condiciones de trabajo en los operadores de compuertas en cuanto a :

- **Control de ingeniería:** incorporación de ayudas mecánicas, polipastos, tecles, mejora de accesos y barras de seguridad.

- **Control administrativo:** pausas activas, capacitación continua manipulación manual de cargas.
- **Equipos de protección personal:** uso de guantes, zapatos dieléctricos y antideslizantes.

En actividades de levantamiento de cargas los pesos máximos que un trabajador sano podrá cargar en condiciones ideales de manipulación se especifican en las siguientes tablas:

*Tabla 18*

***Masa referencial***

<b>Trabajadores</b>	<b>Masa de referencia</b>
Mujeres (20 a 45 años)	20kg
Mujeres (<20 o >45 años)	15kg
Hombres (20 a 45 años)	23kg
Hombres (<20 o >5 años)	20kg

Nota: Datos obtenidos de (MRL, 2024)

Como parte de las medidas preventivas se debe realizar un reconocimiento de los peligros, con su respectiva medición, evaluación y control sistemático de los riesgos presentes.

Implementar medidas de protección colectiva, capacitación y entrenamiento a los trabajadores para garantizar la ejecución segura de las actividades, asignar tareas acordes a sus capacidades físicas y mentales.

El seguimiento y vigilancia permanente a la seguridad del trabajador formara parte de las medidas correctivas que se deberá aplicar para el mejoramiento de las condiciones de puestos de trabajo.

## 7. MATERIALES Y METODOLOGÍA

---

### 7.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología se entiende como un conjunto de procedimientos sistemáticos que permiten alcanzar con precisión los objetivos de una investigación. Es fundamental considerar el tipo de investigación que se va a realizar, ya que cada enfoque requiere una estrategia metodológica distinta. Por tanto, es importante especificar si se trata de un estudio histórico, descriptivo, experimental, causal, exploratorio o aplicado. (Quezada, 2010) .

El presente proyecto de titulación por los objetivos planteados será de tipo descriptiva y exploratoria ya que busca identificar las posturas forzadas presentes y conocer el impacto que ocasiona frente a las actividades que realizan dentro de su puesto de trabajo.

Investigación Aplicada por que busca soluciones prácticas.

Descriptiva y explicativa, ya que describe riesgos y explica factores asociados a las actividades que se están desempeñando.

Posee un nivel de diagnóstico y correlación al buscar una asociación entre factores personales, organizacionales y niveles de riesgo / TME.

### 7.2. DISEÑO DE ESTUDIO

#### 7.2.1. ESTUDIO DE CAMPO

La investigación se llevará a cabo dentro de la propia hidroeléctrica, permitiendo una observación directa de los empleados mientras desempeñan sus funciones. Este enfoque busca analizar las condiciones reales en las que se ejecutan las tareas. Al estar presente en el entorno

laboral, se podrán identificar mejor los factores de riesgo. Esta metodología facilita una evaluación más precisa de las posturas y condiciones. Así se obtendrán datos relevantes para proponer mejoras ergonómicas.

**Transversal:** El estudio se realizará en un tiempo específico, ya que las tareas observadas forman parte de la rutina diaria de los trabajadores. No se contempla un seguimiento prolongado en el tiempo. El análisis se centrará en un momento puntual del desempeño laboral. Esto permitirá obtener información representativa sin necesidad de observaciones continuas. La metodología se ajusta al carácter habitual y repetitivo de las actividades evaluadas.

No experimental, transversal y de campo. porque no se manipulan variables, transversal porque la recolección de datos se realizará en un periodo determinado, de campo porque la recolección se realiza en las áreas operativas de la hidroeléctrica.

## 7.2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del estudio estará compuesta por puestos de trabajo en los que se realizan tareas de operación y mantenimiento de compuertas, donde se presentan esfuerzos físicos, posturas incómodas, se tomara como muestra a 1 operador de compuertas, ya que actualmente se dispone de 4 operadores los cuales se encuentran en horarios rotativos.

## 7.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

### 7.3.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Utilizando material visual como fotografías y grabaciones en video. Esto permitirá documentar de forma precisa las posturas y movimientos durante las tareas. Las imágenes servirán como evidencia para el análisis ergonómico posterior.

### 7.3.2. EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DEL RIESGO (ISO/TR 12295)

Identificar las condiciones ergonómicas relacionadas con la carga física, misma que es manipulada al momento de realizar las actividades. Análisis de datos

### 7.3.3. EL ENFOQUE CUANTITATIVO

Esta técnica de investigación se basa principalmente en recolectar y reunir datos para analizarlos. Las conclusiones obtenidas permiten comprobar hipótesis previamente establecidas. Se apoya en el uso de números y herramientas estadísticas. Desde el enfoque cuantitativo, el conocimiento se alcanza mediante el análisis riguroso de los datos recopilados. Este análisis sigue criterios lógicos y estructurados (Ackerman & Com, 2013) .

En este trabajo de titulación se emplearán métodos que permitan obtener datos cuantitativos. Se utilizarán específicamente las herramientas REBA, OWAS y NIOSH para calcular los niveles de riesgo ergonómico. Estos resultados facilitarán un análisis objetivo y fundamentado de las condiciones laborales.

Una vez realizado el respectivo análisis de datos obtenidos de los riesgos ergonómicos en los Operadores de Compuertas, podremos encontrar:

- Fatiga muscular y trastornos musculoesqueléticos.
- Dolor en la espalda baja, hombros y muñecas.
- Disminución de la capacidad laboral y aumento del riesgo de accidentes.
- Aumento del ausentismo laboral debido a enfermedades ocupacionales.

## 8. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS

---

### 8.1. ANTECEDENTES

El puesto de trabajo del operador de compuertas se ubica en la parroquia Ulba, cantón Baños de Agua Santa.

El personal que labora en estas instalaciones cumple turnos rotativos de 8 horas, distribuidos en los horarios: 07h00–15h00, 15h00–23h00 y 23h00–07h00.

Entre las principales tareas desarrolladas en este lugar se encuentran:

1. Limpieza de las mallas principales de los desarenadores.
2. Limpieza de rejillas del desarenador
3. Limpieza del desarenador
4. Actividades administrativas como registro en bitácora y monitoreo del caudal.

Las labores más frecuentes corresponden a la limpieza de las rejillas, ubicadas en tres puntos específicos:

**Rejillas Malla principal:** se limpia con el apoyo de un teclé que permite subir y bajar la malla. El procedimiento consiste en retirar residuos arrastrados por el río (hojas, palos, basura), toma 150 min aproximadamente durante su turno.

**Rejillas del desarenador:** la limpieza dura aproximadamente 210 minutos para dos rejillas, durante la jornada laboral.

Para esta tarea se emplea un rastrillo de 3 metros de largo y 15 kg de peso, que incrementa entre 2 y 4 kg adicionales al cargar los desechos, alcanzando un peso promedio levantado de entre 12 y 14 kg durante el proceso.

**Limpieza del desarenador:** la limpieza tiene una duración de 45min, en esta actividad se manipula el rastrillo de 12kg más los residuos que se encuentran en esta estación.

## 8.2. APLICACIÓN MÉTODO REBA

### 8.2.1. ANÁLISIS POSTURAL GRUPO A: TRONCO, CUELLO Y PIERNAS

#### *Figura 7*

Análisis Postural

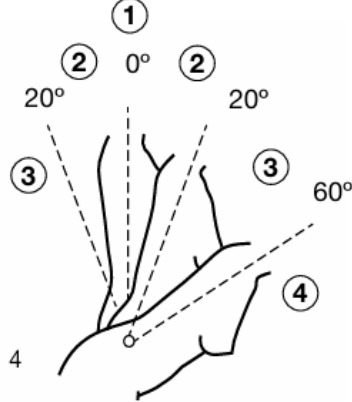


Nota: limpieza de las rejillas desarenador

1. Para dar inicio la evaluación tomamos los segmentos pertenecientes al el GRUPO A, se valora el tronco y el ángulo de inclinación sumando 1 si existe rotación lateral o inclinación de este como se observa en la figura 8.

**Figura 8**

Primer segmento grupo A Tronco

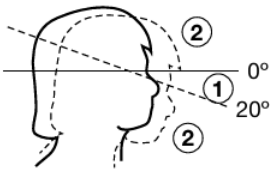
MOVIMIENTO	PUNTUACIÓN	Cambio en la puntuación:	
Erguido	1	+ 1 si está girado o inclinado hacia un lado	
0° - 20° flexión 0° - 20° extensión	2		
20° - 60° flexión > 20° extensión	3		
> 60° flexión	4		

Nota: datos tomados (INSHT, 2015)

- **Postura:** Flexión considerable (20° - 60° Flexión >20° extensión) para alcanzar las rejillas. Se observa inclinación lateral y torsión para maniobrar la herramienta.
  - **Puntuación:** 3 (20° - 60° Flexión >20° extensión) + 1 (Torsión /Inclinación lateral) = 4
2. Como segunda valoración del grupo A tenemos el cuello, al evaluar su inclinación con respecto al tronco, se adiciona uno si existe una torción o inclinación como se observa en la figura 9.

**Figura 9**

Segundo segmento Grupo A, Cuello

MOVIMIENTO	PUNTUACIÓN	Cambio en la puntuación:	
0° - 20° flexión	1	+ 1 si la cabeza está girada o inclinada hacia un lado	
> 20° flexión, o en extensión	2		

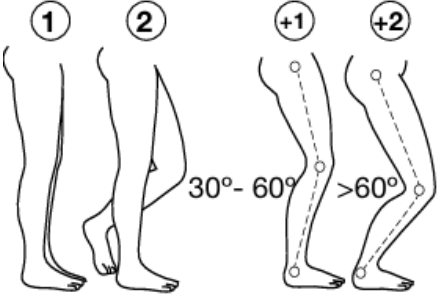
Nota: datos tomados de (INSHT, 2015)



- **Postura:** Flexión significativa ( $>20^\circ$ ) con posible torsión leve al mirar hacia la rejilla y manipular la herramienta.
  - **Puntuación:** 2 (Flexión  $>20^\circ$ ) + 1 (Torsión) = 3
3. Para culminar con la tercera valoración del grupo A, tenemos a las piernas con referencia al grado de flexión se aumenta uno si el ángulo esta entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$  y dos si existe una flexión que supere a los  $60^\circ$ , como se puede observar en la figura 10.

**Figura 10**

Tercer segmento Grupo A, Piernas.

POSICIÓN	PUNTUACIÓN	Cambio en la puntuación:	
Apoyo bilateral del peso, andando o sentado	1	+ 1 si la/s rodilla/s está/n entre $30^\circ$ - $60^\circ$ de flexión + 2 si la/s rodilla/s están flexionadas $>60^\circ$ (excepto para postura sentado)	
Apoyo unilateral del peso. Una pierna alzada o una postura inestable	2		

Nota: datos tomados (INSHT, 2015)

- **Postura:** El operador está de pie con apoyo unilateral del peso, pero se observa flexión de rodillas y posible desequilibrio al estirarse o aplicar fuerza. Las rodillas parecen flexionadas a entre  $30^\circ$ -  $60^\circ$  de flexión en algunos momentos de la limpieza profunda.
- **Puntuación:** 2 (Rodillas flexionadas entre  $30^\circ$ -  $60^\circ$  de flexión) = 3

**Puntuación de la Tabla A (Tronco, Cuello, Piernas):**

- Usando la tabla REBA (Cuello: 3, Tronco: 4, Piernas: 3), la intersección da una puntuación alta. Dado que el tronco es 4, y la pierna es 3, el cuello es 3, nos lleva a una puntuación de la tabla A de **8**.

**Carga/Fuerza:**

**Evaluación:** El operador está utilizando una herramienta para raspar y levantar residuos de las rejillas. Se observa un esfuerzo moderado a alto para remover los materiales, y la herramienta parece ejercer resistencia. Podría considerarse una carga superior a 12 kg en la práctica por la resistencia, o al menos entre 5-10kg por la herramienta más el arrastre. También hay una posible fuerza de impacto o rápida al remover los desechos.

**Puntuación:** +2 (Carga >10 kg o esfuerzo considerable) o +1 (si la carga/resistencia está entre 5-10kg y hay poca repetición de fuerza). Dada la naturaleza de la limpieza de rejillas en un entorno de flujo de agua, asumiremos un esfuerzo considerable. +2 (si hay shock/fuerza rápida al desalojar los escombros) o +1 (para un esfuerzo más constante). Elegiremos +2 considerando la resistencia del material+1por las sacudidas que presenta.

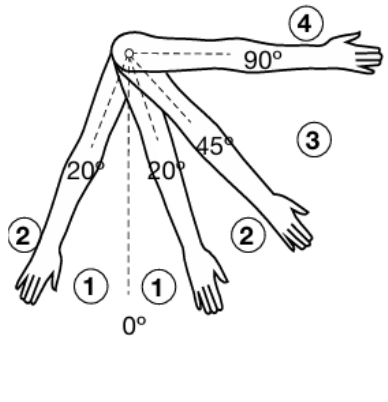
**Puntuación Total A:** Puntuación Tabla A (8) + Carga/Fuerza (3) = **11**

## 8.2.2. ANÁLISIS POSTURAL GRUPO B: BRAZOS Y MUÑECAS

1. Como segundo procedimiento iniciamos la evaluación de primer segmento que es el brazo con ángulos de flexión o extensión sumamos uno si hay abducción o rotación, y 1 si existe elevación de hombro, restamos uno si existe una posición de descanso como se puede observar en la ilustración 6.

**Figura 11**

Primer segmento Grupo B, Brazo

POSICION	PUNTUACIÓN	Cambio en la puntuación:	
20° extensión a 20° flexión	1	+ 1 si el brazo está: abducido rotado + 1 si el hombro está levantado- 1 si el brazo está apoyado, o su peso sostenido	
> 20° extensión 20°- 45° flexión	2		
45°- 90° flexión	3		
> 90° flexión	4		

*Nota:* datos tomados de (INSHT, 2015)

- **Postura:** El brazo está elevado y extendido hacia adelante para alcanzar las rejillas, con el hombro elevado. Podría estar entre los 20° extensión a 20° flexión en algunos movimientos de alcance y raspado.
  - **Puntuación:** 1 (20° extensión a 20° flexión) + 1 (Hombro elevado) = 2
2. El segundo segmento evaluado del grupo B, es el antebrazo, según la flexión de 60°- a 100° o mas en este segmento no se sumo valores adicionales, como se observa en la figura 12.

**Figura 12**

Segundo segmento Grupo B, Antebrazo.

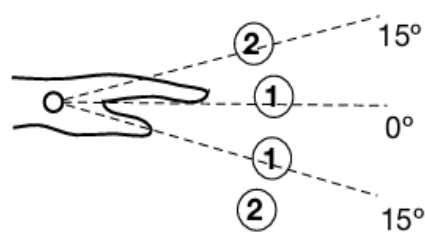
MOVIMIENTO	PUNTUACIÓN	
60° - 100° flexión	1	
< 60° flexión, o > 100° extensión	2	

Datos tomados de (INSHT, 2015)

- **Postura:** El antebrazo está flexionado en un ángulo entre 60°-100° o más, dependiendo de la técnica de agarre y raspado.
  - **Puntuación: 2** (Flexión del antebrazo 60°-100° flexión)
3. Para culminar con la evaluación del tercer segmento tenemos a la muñeca, con una angulación de 0° a 15° de flexión o extensión, se adiciona uno ya que existe desviación lateral o torción de la muñeca como se observa en la Figura 13.

**Figura 13**

*Tercer segmento Grupo B, Muñeca*

MOVIMIENTO	PUNTUACIÓN	Cambio en la puntuación:	
0° - 15° flexión/extensión	1	+ 1 si la muñeca está desviada o girada	
> 15° flexión/extensión	2		

*Nota:* datos tomados (INSHT, 2015)

- **Postura:** Se observa flexión y torsión de la muñeca para manipular la herramienta y aplicar fuerza.
- **Puntuación:** 2 (Flexión o extensión de muñeca >15°) + 1 (Torsión de muñeca) = 3

### **Puntuación de la Tabla B (Brazos y Muñecas):**

Usando la tabla REBA (Brazo Superior: 2, Brazo Inferior: 1, Muñeca: 3), la intersección da una puntuación de **3**.

### Acoplamiento (Agarre):

- **Evaluación:** El agarre de la herramienta no es aceptable, aunque podría ser posible la adaptación.
- **Puntuación: 2** (No aceptable)
- **Puntuación Total B:** Puntuación Tabla B (3) + Acoplamiento (2) = 5

### 8.2.3. PUNTUACIÓN FINAL REBA

#### Puntuación de la Tabla C (Puntuación A y Puntuación B):

Usando la tabla REBA (Puntuación A: 11 Puntuación B: 5), la intersección da una puntuación de **12**.

#### Puntuación de Actividad:

- **Evaluación:** La actividad es repetitiva (15 minutos cada hora) y puede implicar movimientos rápidos y cambios de postura al limpiar diferentes secciones de la rejilla o al desalojar grandes cantidades de residuos.

**Puntuación REBA Final:** Puntuación Tabla C (12) + Puntuación de Actividad (1) = **13**

### 8.2.4. RESULTADOS APLICACIÓN REBA

- **Nivel de Riesgo:** Muy Alto
- **Nivel de Acción:** Nivel 4 (Acción necesaria AHORA)

La puntuación REBA de 13 indica un **riesgo muy alto** de desarrollar trastornos musculoesqueléticos (TME) para el operador que realiza la limpieza de las rejillas. Se requiere una intervención **inmediata** y un análisis exhaustivo para modificar las condiciones de trabajo y reducir el riesgo.

### 8.3. APLICACIÓN MÉTODO OWAS

Tras la aplicación del método basado en la observación directa y el registro sistemático de las posturas adoptadas por los distintos segmentos corporales: como el tronco, las extremidades superiores e inferiores, además del esfuerzo físico asociado a la manipulación de cargas, se analizó una jornada laboral completa del operador de compuertas de la central hidroeléctrica.

Este proceso permitió determinar el porcentaje de tiempo dedicado a cada una de las actividades realizadas, información fundamental para el desarrollo y análisis de la evaluación ergonómica correspondiente, obteniéndose así los porcentajes de distribución de tareas que se presentan a continuación.

**Tabla 17**

*Tiempos de evaluación*

Periodicidad	Actividad	Tiempo trabajado	Minutos efectivos	% Jornada	Minutos Observación
Multiple	Limpieza Rejillas principales	2:30	150	32%	6
Multiple	Limpieza Rejilla desarenador	3:30	210	45%	9
Multiple	Limpieza desarenador	0:45	45	10%	2
Simple	Actividades administrativas	1:00	60	13%	3
	Almuerzo	0:15			
	Total Jornada	8:00	465	100%	20

**Nota:** detalle actividades diarias operador compuertas.

Para facilitar el proceso de registro y análisis, se asignó un código numérico a cada una de las posturas observadas, registrándose en total 129 posturas, junto con el nivel de esfuerzo físico asociado a cada una de ellas.

### 8.3.1. ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS ESPALDA

Durante la observación de las 129 posturas del operador, clasificadas según la metodología OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), se determina el nivel de riesgo postural de cada combinación.

Los datos obtenidos reflejan una distribución equilibrada de posturas, con predominio de posiciones que implican flexión lumbar moderada, uso constante de extremidades superiores y soporte desigual del cuerpo durante las maniobras de limpieza, mismos resultados que se despliegan en la siguiente tabla:

**Tabla 18**

*Resultados zona corporal espalda*

Zona Corporal	Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Espalda	1 Recta	56	43%	1
	2 Flexionada	40	31%	1
	3 Torsionada	15	12%	1
	4 Flexionada y torsionada	18	14%	2
		129	100%	

*Nota:* Detalle resultado de la evaluación zona corporal espalda

Para la evaluación se registró un total de 129 posturas correspondientes a las diferentes posiciones adoptadas por la espalda del operador de compuertas durante su jornada laboral.

El análisis evidencia que la **espalda recta** fue la postura más frecuente, representando el **43 %** del tiempo total de trabajo, lo que indica que en casi la mitad de la jornada el trabajador mantiene una posición ergonómicamente adecuada y de bajo riesgo (Nivel 1).

Sin embargo, se observó que un **31 %** del tiempo el operador trabaja con la **espalda flexionada**, lo cual, aunque se mantiene dentro del mismo nivel de riesgo, refleja una exposición constante a la inclinación del tronco, lo que podría generar fatiga muscular lumbar si se prolonga o repite sin pausas adecuadas.

Por otra parte, un **12 %** de las posturas correspondieron a la **torsión del tronco**, y un **14 %** adicional a **flexión combinada** con torsión, situación que incrementa la carga biomecánica sobre la zona lumbar y se clasifica como nivel de riesgo 2, es decir, posturas que requieren corrección o mejora ergonómica a mediano plazo.

En conjunto, los datos muestran que más de una cuarta parte de la jornada laboral implica posturas de riesgo moderado, principalmente por movimientos repetitivos de inclinación y giro del tronco asociados a las tareas de limpieza y maniobra de compuertas.

### 8.3.2. ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS BRAZOS

**Tabla 19**

*Resultados zona corporal brazos*

Zona Corporal	Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Brazos	1 Los dos bajos	69	53%	1
	2 Uno bajo y otro elevado	46	36%	2
	3 Los dos elevados	14	11%	1
		129	100%	

Nota: detalle resultados evaluación zona corporal brazos.

Los resultados evidencian que en el **53 %** del tiempo total, ambos brazos permanecen en **posición baja**, situación que se clasifica como de bajo riesgo (nivel 1), al representar una postura



natural y ergonómicamente aceptable para el desarrollo de actividades de mantenimiento o control.

No obstante, en un **36 %** de las observaciones, se identificó que uno de los brazos se mantiene elevado mientras el otro permanece en posición baja. Esta postura, típica en tareas donde se requiere maniobrar herramientas o sostener elementos a distintas alturas, fue calificada con un nivel de riesgo 2, ya que implica una mayor carga muscular en el hombro y cuello, especialmente si se mantiene de forma repetitiva o prolongada.

Por otro lado, en el **11 %** del tiempo, se registró la elevación simultánea de ambos brazos, postura que, aunque representa una proporción menor del total, puede generar tensión en la musculatura de los hombros y la parte superior de la espalda si no se cuenta con apoyos o descansos adecuados. En este caso, el nivel de riesgo se mantiene en categoría 1, dado que la exposición fue breve y no constante.

### 8.3.3. ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS PIES

**Tabla 20**

*Resultados zona corporal piernas*

Zona Corporal	Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Piernas	1 Sentado	0	0%	0
	2 De pie	21	16%	1
	3 De pie sobre una pierna	61	47%	2
	4 Rodillas flexionadas	18	14%	2
	5 Una Rodilla flexionada	6	5%	2
	6 Arrodillado o en cunclillas	0	0%	0
	7 Andando	23	18%	1
		129	100%	

Nota: detalle resultados evaluación zona corporal pies.

Los resultados permiten evidenciar una predominancia de posturas de riesgo medio (nivel 2), que requieren revisión ergonómica a mediano plazo para prevenir fatiga o lesiones musculoesqueléticas.

De acuerdo con la tabla de resultados, el **47 %** del tiempo total de trabajo el operador permaneció de pie sobre una sola pierna, postura que implica apoyo asimétrico y genera una distribución desigual del peso corporal, aumentando la tensión en rodillas, caderas y zona lumbar. Esta posición, clasificada con nivel de riesgo 2, representa el mayor porcentaje de exposición postural y se asocia principalmente con maniobras que exigen equilibrio o empuje de elementos metálicos pesados.

Asimismo, el **16 %** del tiempo el trabajador se mantuvo de pie con apoyo equilibrado en ambas piernas, postura considerada ergonómicamente aceptable (nivel 1), mientras que el **14 %** de las posturas correspondieron a rodillas flexionadas y un **5 %** adicional a una rodilla flexionada, ambas catalogadas como nivel 2, ya que implican una mayor carga articular en las extremidades inferiores.

Por otro lado, el **18 %** del tiempo el operador se encontró en desplazamiento (“andando”), lo cual es positivo desde el punto de vista ergonómico, ya que estas posturas dinámicas ayudan a reducir la fatiga muscular y a mejorar la circulación sanguínea, siendo clasificadas como nivel de riesgo 1.

Finalmente, no se registraron posturas de trabajo sentado, arrodillado o en cuclillas, lo cual es coherente con las características operativas del puesto, centradas en tareas de pie y movilidad constante.

### 8.3.4. ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS FUERZA / CARGO

**Tabla 21**

*Resultados fuerza /Carga*

Zona Corporal	Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo
Fuerza / Cargo	1 <10 kg	43	33%
	2 Entre 10 y 20 kg	86	67%
	3 >20kg	0	0%
		129	100%

Nota: detalle resultados evaluación fuerza / carga.

De los 129 registros posturales evaluados, se determinó que el **67 %** del tiempo total de trabajo el operador manipuló cargas comprendidas entre 10 y 20 kg, mientras que el **33 %** correspondió a esfuerzos inferiores a 10 kg. No se registraron actividades que implicaran el manejo de pesos superiores a 20 kg con un **0%**.

El predominio de cargas moderadas (10–20 kg) indica una exigencia física significativa, especialmente considerando que gran parte de las actividades del operador requieren posturas de pie prolongadas, así como la manipulación manual de rastrillos y rejillas pesadas. Estas condiciones, combinadas con esfuerzos repetitivos, podrían contribuir a la fatiga muscular acumulativa y al incremento del riesgo ergonómico en extremidades superiores y zona lumbar.

Por otro lado, las tareas que involucran cargas menores a 10 kg corresponden principalmente a actividades de limpieza o ajustes de equipos, las cuales representan un esfuerzo físico leve y controlado, siendo consideradas posturas aceptables (nivel 1) dentro de la clasificación OWAS.

### 8.3.5. RESULTADOS OBTENIDOS OWAS

La aplicación del método OWAS permitió establecer prioridades de intervención, favoreciendo la mejora de la salud ocupacional y la productividad del trabajador.

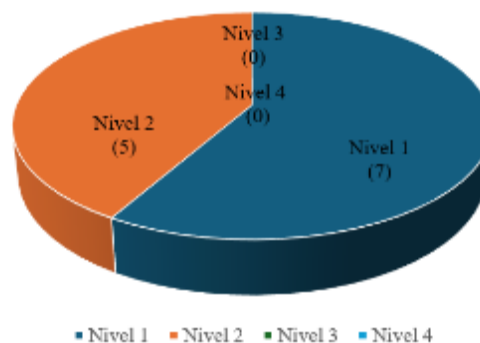
La zona dorsal indica una tendencia a la flexión y torsión lumbar durante las actividades operativas, lo cual representa una carga física significativa que puede derivar en molestias o lesiones musculoesqueléticas si no se adoptan medidas preventivas.

La zona de los brazos evidencia que, aunque la mayor parte de la jornada (53 %) se realiza en condiciones ergonómicamente seguras, existe un porcentaje significativo (36 %) de tiempo en posturas de riesgo medio, principalmente por la elevación unilateral del brazo durante la manipulación de herramientas para la limpieza de las rejillas.

La zona de las piernas evidencia que el operador pasa más de la mitad de la jornada (66 %) en posturas clasificadas como riesgo medio (nivel 2), principalmente por apoyo asimétrico, flexión de rodillas y posiciones inestables. Estas posturas, aunque necesarias para el cumplimiento de sus tareas, pueden incrementar la fatiga muscular y el riesgo de lesiones osteomusculares si no se aplican medidas correctivas.

#### **Figura 14**

Porcentajes obtenido por categoría



Nota: Total posturas evaluadas

El resultado general refleja que la mayor parte del tiempo de trabajo se desarrolla bajo **niveles de esfuerzo moderado (7)**, lo que sitúa esta dimensión en una **categoría de riesgo medio** según OWAS. Aunque no se evidencian cargas excesivas, la **frecuencia y duración** de la manipulación pueden generar **sobrecarga muscular** si no se aplican medidas preventivas adecuadas.

#### 8.4. APLICACIÓN ISO 11228-1

**Tarea evaluada:** El operador de compuertas se encuentra realizando la actividad de limpieza y retiros de material de las rejillas del desarenador, la tarea implica ligera flexión de tronco, aplicación de fuerza manual y brazos elevados por encima del nivel de la cintura.

**Criterios de aplicación:**

**Lugar:** Área de captación, con superficie húmeda e irregular.

**Frecuencias:** Varias veces por día en jornada invernal.

**Tipo de carga:** Material húmedo con hojas, lodo adherido a las rejillas

#### *Figura 15*

Limpieza de rejilla desarenador



Nota: Imagen operador de captación en actividad de limpieza.

Con los antecedentes iniciamos con la aplicación de la ecuación NIOSH, misma que se detalla a continuación:

$$\text{LPR} = \text{LC} * \text{HM} * \text{VM} * \text{DM} * \text{AM} * \text{FM} * \text{CM}$$

**LPR:** Peso máximo recomendado

**LC:** Constante de carga

**HM:** Factor multiplicador horizontal

**VM:** Factor multiplicador vertical

**DM:** Factor multiplicador de distancia

**AM:** Factor multiplicador de asimetría

**FM:** Factor multiplicador frecuencia

**CM:** Factor multiplicador de agarre

#### 8.4.1. FACTOR DE MULTIPLICADOR HORIZONTAL (HM)

La distancia horizontal medida desde el punto medio de agarre del rastrillo hasta el centro del plano sagital (centro de la línea que une los tobillos), como la distancia horizontal en este caso no es menor a 25cm como tampoco es mayor a 63cm y al encontrarse en un valor intermedio procedemos aplicar la siguiente formula:

##### *Ecuación 2*

*Factor multiplicador horizontal*

$$HM = \frac{25}{H}$$

$$HM = \frac{25}{45}$$

$$HM = 0.56$$

### 8.4.2. FACTOR MULTIPLICADOR VERTICAL (VM)

La distancia vertical evaluada va desde el centro de agarre del rastrillo hasta la superficie de sustentación en la manipulación de este, como la distancia vertical en este caso no es igual a 75cm como tampoco es mayor a 175cm o menor que 0cm y al encontrarse en un valor intermedio procedemos aplicar la siguiente formula:

#### *Ecuación 3*

Factor Multiplicador Vertical

$$VM = 1 - 0.003 * |V - 75|$$

$$VM = 1 - 0.003 * |85 - 75|$$

$$VM = 1 - 0.003 * |10|$$

$$VM = 0.97$$

### 8.4.3. FACTOR MULTIPLICADOR DE DESPLAZAMIENTO (DM)

El recorrido vertical de la carga se calculó en base a la diferencia obtenida por el desplazamiento vertical desde el punto inicial al final cuando se manipula el rastrillo en la actividad de limpieza de la rejilla, como su resultado no fue menor a 25cm y tampoco mayor a 175cm, por ser un valor intermedio aplicamos la siguiente formula:

#### *Ecuación 4*

Factor multiplicador desplazamiento

$$DM = 0.82 + \frac{4.5}{D}$$

$$DM = 0.82 + \frac{4.5}{30}$$

$$DM = 0.97$$

#### 8.4.4. FACTOR MULTIPLICADOR DE ASIMETRÍA (AM)

El levantamiento del rastrillo se encuentra fuera del plano sagital, para ello la posición de la carga se encuentra asimétrica por ende existe un ángulo que no es igual a  $0^\circ$ , como tampoco es mayor a  $135^\circ$ , el valor presentado se encuentra intermedio es por ello que aplicamos la siguiente formula.

##### *Ecuación 5*

*Factor multiplicador de asimetría*

$$AM = 1 - (0.0032 * A)$$

$$AM = 1 - (0.0032 * 15)$$

$$AM = 0.95$$

#### 8.4.5. FACTOR MULTIPLICADOR DE FRECUENCIA (FM)

##### 8.4.5.1. FRECUENCIA DEL LEVANTAMIENTO DEL RASTRILLO EN ACTIVIDADES DE LIMPIEZA

##### *Ecuación 6*

Frecuencia de levantamiento

$$A = \frac{\text{Número de levantamientos realizados en la jornada laboral}}{\text{Duración del levantamiento en la jornada laboral}}$$

$$A = \frac{150}{75}$$

$$A = 2$$

##### 8.4.5.2. DURACIÓN DE LA TAREA



La actividad tiene una duración inferior a 1 hora, es decir catalogada como corta con su respectivo tiempo de recuperación.

Con los datos obtenidos y el manejo de la tabla 15, al tener una frecuencia de levantamiento de 2 y una duración corta de la tarea el valor obtenido como factor multiplicador de frecuencia es **0.91**.

#### 8.4.6. FACTOR MULTIPLICADOR DE AGARRE (AM)

Tomando en cuenta que el rastrillo utilizado para la actividad de limpieza no posee un diseño óptimo, difícil de agarrar por su textura, obtiene una calificación mala con un puntaje para **CM 0.90**, ya que no cuenta con asas, u el agarre no es confortable.

*Ecuación NIOSH*

$$LPR = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

$$LPR = 15 * 0.56 * 0.97 * 0.97 * 0.95 * 0.91 * 0.9$$

$$\mathbf{LPR = 6.11}$$

#### 8.4.7. ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO

*Ecuación 7*

Índice de Levantamiento

$$IL = \frac{\text{Peso Levantado}}{LPR}$$

$$IL = \frac{15}{6.11}$$

$$\mathbf{IL = 2.45}$$

Con el valor obtenido del  $IL=2.45$ , siendo un nivel de exposición alto, otorga una alta prioridad para realizar cambios a la tarea y así reducir un riesgo significativo presente en esta actividad.

#### 8.4.8. RESULTADOS APLICACIÓN ISO 11228-1

La tarea de limpieza de las rejillas ejecutadas durante la etapa invernal para los operadores de captación supera los pesos límites para las condiciones en las cuales se ejecuta esta actividad.

El índice de levantamiento obtenido  $IL=2,45$  evidencia que la tarea no es segura si tiene una periodicidad continua durante la jornada, pudiendo desencadenar trastornos musculoesqueléticos lumbares o cervicales.

La postura inclinada, acompañada por el agarre deficiente incrementa un riesgo ergonómico y posibles accidentes por pérdida de equilibrio al no contar con una barra de seguridad, si bien es cierto la fuerza ejercida no supera los límites críticos la exposición repetida en las condiciones climáticas presentes y la falta de ayuda de factores mecánicos aumentan el riesgo.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 9.1. CONCLUSIONES

- Las evaluaciones realizadas permitieron identificar que los operadores se encuentran expuestos a riesgos ergonómicos significativos, especialmente durante las actividades de limpieza de rejillas en temporada invernal, los resultados muestran que las posturas de flexión y torción del tronco, la elevación unilateral de brazos, y las posturas inestables de piernas constituyen los principales factores de riesgo. Así como también la presencia de superficies húmedas apoyos irregulares, agarres deficientes y la necesidad de manipular cargas en condiciones ambientales adversas incrementan de manera considerable la exigencia física, superando los límites aceptables establecido por las normas internacionales de ergonomía.
- La aplicación combinada de los métodos REBA, OWAS Y NIOSH, permitió cuantificar de forma precisa el nivel de riesgo ergonómico generado por las tareas ejecutadas.
  - ✓ Método Reba con una puntuación 13, clasificándose como una actividad de RIESGO MUY ALTO y una INTERVENCIÓN INMEDIATA.
  - ✓ Método OWAS, con una puntuación de niveles de RIESGO MEDIO Y ALTO, con requerimientos URGENTES de corrección en TRONCO Y EXTREMIDADES INFERIORES.
  - ✓ Método ISO 11228-1 / NIOSH, con un IL de 2.45 identificado como tarea NO SEGURA, especialmente si la tarea es repetitiva por la INCLINACIÓN DEL TRONCO Y MALAS CONDICIONES DE AGARRE.

Los resultados finales confirman que las actividades evaluadas tienen un impacto alto, aumentando las posibilidades de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en la zona lumbar, cervical, extremidades superiores e inferiores, ya que el uso inadecuado de herramientas y equipos de trabajo aumentan el riesgo ergonómico.

- En base a los resultados obtenidos se establece la necesidad de implementar estrategias orientadas a disminuir la carga física, mejorar la estabilidad postural y reducir la exposición a factores críticos.

## 9.2. RECOMENDACIONES

- Implementar barra de apoyo, pasamanos o puntos de sujeción para mejorar la estabilidad corporal durante el desarrollo de las actividades.
- Implementar ingeniería de procesos en cuanto a herramientas y equipos asistidos mecánicamente para disminuir la manipulación manual de cargas.
  - ✓ **Diseño de herramientas:** Implementar herramientas con mangos más largos, extensibles o angulados que permitan al operador alcanzar las rejillas sin tener que flexionarse tanto y torcionar las muñecas.
  - ✓ **Plataformas elevadas:** Si es factible y seguro, considerar el uso de plataformas o pasarelas ajustables en altura para que el operador pueda mantener una postura más erguida.

$$\text{Medidas ergonómicas implementadas} = \frac{\text{Acciones Ejecutadas}}{\text{Acciones planificadas}} \times 100$$

- Capacitación periódica en ergonomía, técnicas de levantamiento seguro y uso adecuado de herramientas, se aplicará un indicador de capacitación.

$$\text{Capacitación ergonómica} = \frac{\text{Trabajadores capacitados}}{\text{Total de operadores}} \times 100$$

- Establecer Buck up para el personal en la temporada de invierno, y así incorporar tiempos de recuperación activos durante esta temporada.
- **Micro pausas activas:** Aumentar la frecuencia de micro pausas durante los periodos de limpieza para permitir al operador cambiar de postura y descansar los músculos involucrados, se aplicara para seguimiento el siguiente indicador:

$$\text{Cumplimiento pausas activas} = \frac{\text{Pausas ejecutadas}}{\text{Pausas programadas}} \times 100$$

- **Rotación de tareas:** Si es posible, rotar al operador a otras tareas menos exigentes físicamente dentro de su jornada laboral, más allá del trabajo administrativo, para distribuir la carga ergonómica.
- Evaluar el uso de calzado ergonómico con soporte adecuado que contribuya a la estabilidad y confort durante la jornada.
- Instalar limpiadores automáticos en zonas de difícil acceso.
- Mejorar superficies antideslizantes, para la manipulación de las herramientas.

## 10. REFERENCIAS

---

- Ackerman, S., & Com, E. (2013). Enfoque Cualitativos y Cuantitativos. In *Metodología de la investigación*. (1st ed., pp. 40–57). <http://bit.ly/3lDsZcd>
- Alva, E. (2021). Gestión De Factores De Riesgo Laborales De Los Trabajadores De Una Empresa De Mantenimiento Eléctrico De Media Y Alta Tensión Las Normas ISO 45001:2018 Seguridad Y Salud En El Trabajo. In *Pharmacognosy Magazine*. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Escuela.
- Asamblea, N. (2021). *Constitución de la República del Ecuador* (Vol. 2).  
<https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>
- CIE. (2019). *Proyecto Hidroeléctrico Río Verde Chico*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.energia.org.ec/docs/hidroelectrica-rio-verde-chico.pdf>
- Comisión Legislativa. (2012). Código de Trabajo. In *Registro Oficial Suplemento 167 de 16-dic-2005* (Issue 138, p. 159). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Congreso Nacional. (2015). Ley Órgánica de Salud. In *Plataforma Profesional de Investigación Jurídica: Vol. Registro 4* (p. 46). <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD4.pdf>
- Gobierno del Ecuador. (2024). *Decreto ejecutivo 255* (pp. 1–43).
- Iess. (2017). *Resolución CD-513* (pp. 1–29).
- INNST. (2019). *Carga Mental* (p. 20).
- INSHT. (2015, December). Posturas de trabajo: evaluación del riesgo. *Posturas de Trabajo*, 54.  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS DE PUBLICACIONES/EN CATALOGO/ERGONOMIA/Posturas de trabajo.pdf>
-

- INSST. (2022). *Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales*. 1–81.  
<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>
- INSST. (2023). *Métodos de evaluación de riesgos derivados de la manipulación de cargas*. (p. 53).
- INSST. (2025). *Ergonomía: conceptos y objetivos. Metodología ergonómica. Modelos y métodos aplicables en ergonomía. Procedimiento metodológico para la evaluación de riesgos en ergonomía*. 1–13.
- ISO. (2014). *ISO/TR 12295* (Vol. 2014).
- ISO. (2021). ISO 11228-1. In *ISO 2021* (Vols. 2021–10, pp. 1–72).
- López, E. (2014). “*Factores De Riesgos Ergonómicos Asociados A Lumbalgias En Trabajadores De Las Centrales Hidroeléctricas De La Empresa Nicaragüense De Electricidad En Matagalpa Y Jinotega, Nicaragua, Año 2012*” (Vol. 4, Issue Abril). Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua Centro De Investigaciones Y Estudios De La Salud Escuela De Salud Pública.
- Manuel, B. (2008). *Ergonomía* (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (ed.); Quinta).
- Morales. (2021). Evaluación del riesgo ergonómico por posturas forzadas en fisioterapeutas. *Revista Medica Cientifica CAMbios*, 20(1), 67–73.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.36015/cambios.v20.n1.2021.000>
- MRL. (2024). Anexo 3 Norma Técnica En Seguridad E Higiene Del Trabajo. In *Ministerio de trabajo, Republica del Ecuador* (pp. 1–102). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3\\_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-](https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-)

signed-signed-signed-signed.pdf

- Nieto, D. (2023). Evaluación ergonómica de los trabajadores mineros aplicando el método de Owass en el distrito de Llocllapampa, Jauja 2021 [Universidad Continental]. In *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14152>
- Nogareda, S. (2001). Ntp 601: Evaluacion De Las Condiciones De Trabaja: Carga Postural. Medoto Reba (Rapid Entire Body Assessment). In *INSHT* (p. 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)
- Nogareda, S., & Canosa, M. (2019). NTP 477 (INSHT): Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. In *INSHT* (p. 10).  
[https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp\\_477.pdf/ac6514ab-a43f-4fe4-bb93-ac1a65d9c19d](https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_477.pdf/ac6514ab-a43f-4fe4-bb93-ac1a65d9c19d)
- Normalización, A. española de. (2018). *Gestión del riesgo UNE-ISO 31000* (p. 26).  
[www.une.org](http://www.une.org)
- OIT. (2025). *Ergonomía*. Organización Internacional Del Trabajo.  
<https://www.ilo.org/es/ergonomia>
- Orellana. (2022). *Riesgos ergonómicos en trabajadores de una Planta Purificadora de Agua en Durán*. UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO.
- Paniza, G. M. (2014). *ERGONOMÍA AMBIENTAL : Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. 1*, 55–78.
- Quezada, N. (2010). Metodología De La Investigación. In E. E. Macro (Ed.), *Metodología De Investigación* (Primera ed, Issue 1).
- Toro, L. (2017). *Identificación y evaluación de riesgos ergonómicos en el personal de*



*mantenimiento y servicios auxiliares de la UN ACH: PLAN DE PREVENCIÓN”.*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

Wagner Allan. (2008). *Reglamento del Instrumento Andino de SST 12032008* (pp. 1–6).








<https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/RESO957.pdf>








# 11. ANEXOS

## Evaluación Owas








POSTURA	TIEMPO	TRONCO	BRAZOS	PIERNAS	FUERZA/CARGA	NIVEL DE RIESGO	FASE TRABAJO
	0:00	1	1	2	1	1	1
	0:10	1	1	7	1	1	2
	0:20	1	1	2	1	1	3
	0:30	1	1	7	1	1	4
	0:40	1	1	2	1	1	5
	0:50	2	2	5	2	4	6







	1:00	2	1	5	2	2	7
	1:10	1	2	7	1	1	8
	1:20	2	1	2	1	2	9
	1:30	1	1	2	1	1	10
	1:40	1	1	7	1	1	11
	1:50	1	3	3	2	1	12
	2:00	1	2	3	2	1	13
	2:10	1	2	3	2	1	14
	2:20	1	2	3	2	1	15

	2:30	1	1	7	2	1	16
	2:40	1	1	2	1	1	17
	2:50	1	1	2	1	1	18
	3:00	1	1	2	1	1	19
	3:10	1	1	2	1	1	20
	3:20	2	1	2	2	2	21
	3:30	3	3	4	2	4	22

	3:40	1	1	7	2	1	23
	3:50	1	1	2	1	1	24
	4:00	2	1	4	2	3	25
	4:10	1	3	2	2	1	26
	4:20	1	2	7	2	1	27
	4:30	1	2	2	2	1	28
	4:40	1	2	2	2	1	29

	4:50	1	3	3	2	1	30
	5:00	1	2	3	2	1	31
	5:10	2	2	3	2	3	32
	5:20	2	2	3	2	3	33
	5:30	2	2	4	2	4	34
	5:40	1	1	7	2	1	35
	5:50	1	3	3	2	1	36







	6:00	1	1	7	1	1	37
	6:10	1	1	7	1	1	38
	6:20	2	1	4	1	3	39
	6:30	2	1	3	1	2	40
	6:40	2	1	4	1	3	41
	6:50	2	1	4	1	3	42
	7:00	2	1	3	1	2	43






	7:10	1	1	3	1	1	44
	7:20	2	1	4	1	3	45
	7:30	2	1	4	1	3	46
	7:40	1	1	7	1	1	47
	7:50	1	1	7	1	1	48
	8:00	1	1	3	1	1	49



Zona Corporal		Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Espalda	1	Recta	33	67%	1
	2	Flexionada	15	31%	2
	3	Torsionada	1	2%	1
	4	Flexionada y torsionada	0	0%	0
			49	100%	
Brazos	1	Los dos bajos	32	65%	1
	2	Uno bajo y otro elevado	12	24%	1
	3	Los dos elevados	5	10%	1
			49	100%	
Piernas	1	Sentado	0	0%	0
	2	De pie	14	29%	1
	3	De pie sobre una pierna	13	27%	1
	4	Rodillas flexionadas	8	16%	2
	5	Una Rodilla flexionada	2	4%	2
	6	Arrodillado o en cunclillas	0	0%	0
	7	Andando	12	24%	1
			49	100%	
Fuerza / Cargo	1	<10 kg	27	55%	1
	2	Entre 10 y 20 kg	22	45%	2
	3	>20kg	0	0%	
			49	100%	

POSTURA	TIEMPO	TRONCO	BRAZOS	PIERNAS	FUERZA/CARGA	NIVEL DE RIESGO	FASE TRABAJO
	0:00	2	2	7	2	3	1
	0:10	2	3	3	2	3	2
	0:20	1	1	2	2	1	3
	0:30	2	2	3	2	3	4
	0:40	3	1	3	2	1	5
	0:50	3	2	3	2	1	6

	1:00	2	1	7	2	3	7
	1:10	2	1	4	2	3	8
	1:20	1	2	4	2	2	9
	1:30	1	2	3	2	1	10
	1:40	2	3	3	2	3	11
	1:50	1	1	4	2	2	12
	2:00	1	1	3	2	1	13








	2:10	1	2	3	2	1	14
	2:20	1	1	3	2	1	15
	2:30	3	2	3	2	1	16
	2:40	3	2	3	2	1	17
	2:50	3	2	3	2	1	18
	3:00	4	2	4	2	4	19

	3:10	2	1	7	1	2	20
	3:20	1	1	7	1	1	21
	3:30	1	2	7	2	1	22
	3:40	4	1	4	2	4	23
	3:50	3	2	4	2	1	24
	4:00	1	1	3	2	1	25
	4:10	1	1	3	2	1	26






	4:20	2	3	3	2	3	27
	4:30	4	1	4	2	4	28
	4:40	3	1	3	2	1	29
	4:50	2	3	3	2	3	30
	5:00	2	1	3	2	2	31
	5:10	2	2	3	2	3	32
	5:20	2	3	3	2	3	33


	5:30	1	1	7	1	1	34
	5:40	1	1	2	2	1	35
	5:50	1	1	2	2	1	36
	6:00	4	2	3	2	3	37
	6:10	2	1	3	2	2	38
	6:20	2	2	3	2	3	39
	6:30	3	2	3	2	1	40









	6:40	2	2	3	2	3	41
	6:50	4	2	3	2	3	42
	7:00	1	1	2	1	1	43
	7:10	1	1	2	1	1	44
	7:20	1	3	3	2	1	45
	7:30	2	1	5	2	3	46
	7:40	2	1	4	2	3	47
















	7:50	4	2	3	2	3	48
	8:00	4	1	3	2	2	49
	8:10	4	2	3	2	3	50
	8:20	4	3	3	2	3	51
	8:30	4	2	3	2	3	52
	8:40	4	2	3	2	3	53
	8:50	4	2	4	2	4	54

	9:00	4	2	3	2	3	55
	9:10	4	2	3	2	3	56
	9:20	2	1	3	2	2	57
	9:30	1	1	7	1	1	58
	9:40	2	1	4	1	3	59
	9:50	2	1	5	1	3	60
	10:00	2	1	5	1	3	61

	10:10	1	1	7	1	1	62
	10:20	2	1	5	1	3	63
	10:30	1	1	2	1	1	64
	10:40	1	1	7	1	1	65
	10:50	1	1	7	1	1	66
	11:00	4	1	7	1	2	67

Zona Corporal		Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Espalda	1	Recta	22	33%	1
	2	Flexionada	22	33%	2
	3	Torsionada	8	12%	1
	4	Flexionada y torsionada	15	22%	2
			67	100%	
Brazos	1	Los dos bajos	35	52%	1
	2	Uno bajo y otro elevado	25	37%	2
	3	Los dos elevados	7	10%	1
			67	100%	
Piernas	1	Sentado	0	0%	0
	2	De pie	6	9%	1
	3	De pie sobre una pierna	36	54%	2
	4	Rodillas flexionadas	10	15%	2
	5	Una Rodilla flexionada	4	6%	2
	6	Arrodillado o en cunclil	0	0%	0
	7	Andando	11	16%	1
			67	100%	
Fuerza / Cargo	1	<10 kg	15	22%	
	2	Entre 10 y 20 kg	52	78%	
	3	>20kg	0	0%	
			67	100%	

POSTURA	TIEMPO	TRONCO	BRAZOS	PIERNAS	FUERZA/CARGA	NIVEL DE RIESGO	FASE TRABAJO
	0:00	2	1	3	2	2	1
	0:10	2	2	3	2	3	2
	0:20	3	3	3	2	3	3
	0:30	3	2	3	2	1	4
	0:40	2	2	3	2	3	5
	0:50	3	3	3	2	3	6

	1:00	4	2	3	2	3	7
	1:10	3	2	3	2	1	8
	1:20	4	2	3	2	3	9
	1:30	1	1	2	1	2	10
	1:40	3	2	3	2	1	11
	1:50	3	2	3	2	1	12
	2:00	4	2	3	2	2	13

Zona Corporal		Clasificación	Frecuencia encontrada	% Tiempo Trabajo	Nivel de riesgo
Espalda	1	Recta	1	8%	1
	2	Flexionada	3	23%	1
	3	Torsionada	6	46%	2
	4	Flexionada y torsionada	3	23%	2
			13	100%	
Brazos	1	Los dos bajos	2	15%	1
	2	Uno bajo y otro elevado	9	69%	2
	3	Los dos elevados	2	15%	1
			13	100%	
Piernas	1	Sentado	0	0%	0
	2	De pie	1	8%	1
	3	De pie sobre una pierna	12	92%	3
	4	Rodillas flexionadas	0	0%	0
	5	Una Rodilla flexionada	0	0%	0
	6	Arrodillado o en cunclillo	0	0%	0
	7	Andando	0	0%	0
			13	100%	
Fuerza / Cargo	1	<10 kg	1	8%	
	2	Entre 10 y 20 kg	12	92%	
	3	>20kg	0	0%	
			13	100%	