



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL

**PREVALENCIA BIOMECÁNICA POSTURAL DE ORIGEN LABORAL EN LOS
OPERADORES DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Higiene y
Salud Ocupacional**

AUTOR:

ING. SARAGURO OLALLA FRANCISCO JAVIER

DIRECTOR:

ING. SALAS MONTEROS JOSÉ MAURICIO, M.Sc

IBARRA - ECUADOR

2023

I. DEDICATORIA

A mi familia, amigos, mentores y personas que han sido un pilar fundamental en mi desarrollo académico. Su presencia ha hecho una diferencia significativa en mi vida y estoy verdaderamente agradecido por ello.

II. AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a las autoridades de la empresa de producción de azúcar y a las autoridades de la Universidad Técnica del Norte, así como a todos los docentes que han sido parte de mi formación profesional. Me gustaría destacar de manera especial el apoyo y la guía invaluable de mi tutor, el Ing. Mauricio Salas, y de mi asesora, la Dra. Cristina Almeida. Su experiencia, conocimiento y dedicación han sido fundamentales en mi proceso de aprendizaje y crecimiento.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

III. AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

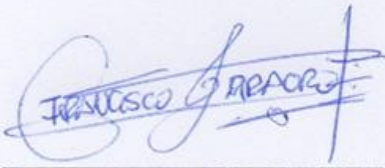
En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago entrega del presente Trabajo de Grado a la Universidad Técnica del Norte, para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de Identidad:	1721813903		
Apellidos y Nombres:	Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier		
Dirección:	Los Galeanos y Manuela Cañizares		
Email Institucional:	fjsaraguroo@utn.edu.ec		
Teléfono Fijo:	(06) 2610050	Teléfono Móvil:	+593987362990
DATOS DE LA OBRA			
Título:	Prevalencia biomecánica postural de origen laboral en los operadores de una empresa de producción de azúcar		
Autores (es):	Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier		
Fecha: DD/MM/AA	10/07/2023		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	Maestría en Higiene y Salud Ocupacional		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Magister en Higiene y Salud Ocupacional		
DIRECTOR/A:	Ing. Salas Monteros José Mauricio, M.Sc.		

2. CONSTANCIAS

El autor, Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros. Por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de septiembre del 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Francisco Saraguro Olalla", written over a horizontal line.

Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier
C.C.:1721813903

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Resolucion No.001-073 CEAACES- 2013-13
INSTITUTO DE POSGRADO

Ibarra, 10 de julio del 2023



Dra. Lucia Yépez V.
DIRECTORA DEL INSTITUTO DE POSGRADO
Facultad de Postgrado

ASUNTO: Conformidad del trabajo final de grado

Señora Directora:

Nos permitimos informar a usted que en calidad de tutor y asesor hemos podido revisar el trabajo final de grado “PREVALENCIA BIOMECÁNICA POSTURAL DE ORIGEN LABORAL EN LOS OPERADORES DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR” del maestrante Saraguro Olalla Francisco Javier, de la Maestría de Higiene y Salud Ocupacional, certificamos que han sido acogidas y satisfechas todas las observaciones realizadas.

Atentamente,

	Apellidos y Nombres	Firma
Tutor	Ing. Salas Monteros José Mauricio, MSc	 Firmado digitalmente por: JOSE MAURICIO SALAS MONTEROS
Asesora	Almeida Naranjo Cristina Elizabeth, Ph.D	CRISTINA ELIZABETH ALMEIDA NARANJO  Firmado digitalmente por CRISTINA ELIZABETH ALMEIDA NARANJO Fecha: 2023.07.14 11:38:18 -05'00'

IV. CONTENIDOS

I. DEDICATORIA	I
II. AGRADECIMIENTO	II
III. AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	III
IV. CONTENIDOS	VI
V. ÍNDICE DE TABLAS	XII
VI. ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1 Problema de investigación.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	6
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	6
1.4 Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO REFERENCIAL	8
2.1 Marco Teórico	8
2.1.1 <i>Ergonomía</i>	8
2.1.1.1 Aspectos Físicos	9
2.1.1.1.1 Antropometría.....	9
2.1.1.1.2 Carga física	11
2.1.1.1.3 Postura en el trabajo	12
2.1.1.1.4 Carga de trabajo.....	13
2.1.1.1.5 Fatiga	14

2.1.1.1.6 Posturas Forzadas	15
2.1.1.1.7 Movimientos repetitivos	16
2.1.1.1.8 Manipulación manual de cargas	17
2.1.1.2 Métodos de evaluación ergonómica	18
2.1.1.2.1 Métodos Directos.....	19
2.1.1.2.2 Métodos Semidirectos	20
2.1.1.2.3 Métodos Indirectos	20
2.1.2 <i>Biomecánica</i>	21
2.1.2.1 Biomecánica de los huesos, articulaciones y músculos.....	23
2.1.2.1.1 Biomecánica básica de los huesos	23
2.1.2.1.2 Biomecánica básica de los músculos.....	26
2.1.2.1.3 Biomecánica básica de las articulaciones.....	28
2.1.2.2 Soporte Ergonómico para Biomecánica Ocupacional	29
2.1.2.2.1 Tolerancia de carga.....	29
2.1.2.2.2 Trauma agudo y acumulativo	30
2.1.2.2.3 Momentos y palancas	30
2.1.2.2.4 Carga externa e interna	31
2.1.3 <i>Enfermedad Ocupacional</i>	32
2.1.3.1 Trastornos Musculoesqueléticos	32
2.1.3.1.1 Trastornos de la espalda (Dolor lumbar crónico)	33
2.1.3.1.2 Osteoartritis (Cadera, rodilla, muñeca y mano).....	34
2.1.3.1.3 Otras artropatías (Artritis reumatoide y Artritis psoriásica).....	35
2.1.3.2 Factores de Riesgo Biomecánicos	36
2.2 Marco Legal.....	37
2.2.1 <i>Constitución de la República del Ecuador 2008</i>	37
2.2.2 <i>Decisión 584</i>	37
2.2.3 <i>Código del Trabajo del Ecuador</i>	38

2.2.4	<i>Decreto Ejecutivo 2393</i>	39
2.2.5	<i>Acuerdo Ministerial 135</i>	39
2.2.6	<i>Resolución C.D. 513</i>	39
2.2.7	<i>Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas</i> 40	
CAPÍTULO III		41
3.	MARCO METODOLÓGICO	41
3.1	Descripción del área de estudio	41
3.1.1	<i>Datos generales</i>	41
3.1.2	<i>Población y Muestra</i>	42
3.1.3	<i>Criterios de Selección</i>	44
3.1.3.1	Criterio de inclusión	44
3.1.3.2	Criterio de exclusión	44
3.1.3.3	Criterio de eliminación	44
3.2	Enfoque y tipo de investigación	44
3.2.1	<i>Enfoque</i>	44
3.2.1.1	Cuantitativo	44
3.2.2	<i>Modalidad de la investigación</i>	44
3.2.2.1	Modalidad bibliográfica	44
3.2.2.2	Modalidad de campo	45
3.2.3	<i>Tipo de investigación</i>	45
3.2.4	<i>Identificación y operacionalización de las variables</i>	46
3.2.4.1	Operacionalización de la variable independiente	46
3.2.4.2	Operacionalización de la variable dependiente	47
3.3	Procedimientos	48
3.3.1	<i>Instrumentos y Técnicas</i>	48
3.3.1.1	Registros históricos y documentos	48

3.3.1.2 Observación Investigativa Abierta	49
3.3.1.3 Análisis Biomecánico	49
3.3.1.4 Software ErgoSoft PRO-5.0	49
3.3.2 <i>Cuestionario Nórdico Estandarizado</i>	50
3.3.2.1 Estructura del cuestionario	50
3.3.3 <i>Método ISO/TR 12295:2014</i>	51
3.3.4 <i>Norma Técnica ISO 11226:2000: Evaluación de Posturas de Trabajo Estáticas</i>	52
3.3.5 <i>Norma Técnica ISO 11228-1:2003: Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y Transporte</i>	52
3.3.6 <i>Norma Técnica ISO 11228-2:2007: Ergonomía. Manejo manual. Parte 2: Empujar y Halar</i>	53
3.3.7 <i>Norma Técnica ISO 11228-3:2007: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia</i>	54
3.4 Procesamiento de datos e Hipótesis	54
3.5 Consideraciones bioéticas	55
CAPÍTULO IV	56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1 Situación Actual de la Empresa.....	56
4.1.1 <i>Datos sociodemográficos</i>	56
4.1.2 <i>Datos históricos de morbilidad</i>	57
4.2 Cuestionario Nórdico.....	59
4.3 Evaluación de riesgos ergonómicos mediante ISO TR 12295:2014	61
4.4 Métodos de Evaluación por puestos de trabajo	65
4.4.1 <i>Norma Técnica ISO 11226:2000: Evaluación de Posturas de Trabajo Estáticas</i>	65
4.4.2 <i>Norma Técnica ISO 11228-1:2003: Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y Transporte</i>	68

4.4.3	Norma Técnica ISO 11228-3:2007: Ergonomía. Manejo manual. Parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia	71
4.5	Procesamiento de datos	73
4.6	Discusión	76
CAPÍTULO V		78
5.	PROPUESTA	78
5.1	Introducción.....	78
5.2	Objetivos.....	79
5.3	Alcance	79
5.4	Definiciones.....	79
5.5	Responsables	81
5.6	Evaluación de riesgos ergonómicos	81
5.7	Prevención y control de riesgos.....	82
5.7.1	<i>Descripción de actividades</i>	82
5.7.2	Controles de ingeniería.....	83
5.7.2.1	Plataformas con ruedas	84
5.7.2.2	Plataformas de trabajo portátil.....	84
5.7.3	Controles administrativos	85
5.7.3.1	Correcciones del movimiento.....	85
5.7.3.1.1	Posturas forzadas	86
5.7.3.1.2	Manejo manual de cargas	88
5.7.3.2	Pausas activas	92
5.7.3.3	Capacitación continua e incentivos	93
5.7.4	Equipos de protección personal.....	94
5.7.4.1	Hombreras industriales	94
5.7.4.2	Protección manual	95
5.8	Monitoreo, seguimiento y mejora continua.....	96

5.9	Cronograma de aplicación	97
CAPÍTULO VI		99
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1	Conclusiones.....	99
6.2	Recomendaciones	100
7.	BIBLIOGRAFÍA	101
8.	ANEXOS	113
8.1	Cuestionario nórdico estandarizado.....	113
8.2	Formato ISO/TR 12295	114
8.3	Formato ISO 11226	119
8.4	Formato ISO 11228-1	121
8.5	Formato ISO 11228-3.....	122

V. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Traumatismos específicos causados por posturas forzadas.....	16
Tabla 2	Traumatismos específicos por movimientos repetitivos	17
Tabla 3	Factores de riesgo asociados a la manipulación manual de cargas	18
Tabla 4	Clasificación de los métodos semidirectos de evaluación ergonómica.....	20
Tabla 5	Tipos de movimiento con respecto a las articulaciones	22
Tabla 6	Propiedades biomecánicas que determinan la resistencia ósea	24
Tabla 7	Clasificación de las articulaciones según las capacidades y arquitectura anatómica.....	28
Tabla 8	Osteoartritis principales causantes de deterioro musculoesquelético.....	35
Tabla 9	Otras afecciones que producen inflamación en las articulaciones.	35
Tabla 10	Factores que contribuyen al riesgo de trastornos musculoesqueléticos.	36
Tabla 11	Diferentes turnos en el personal de la empresa	42
Tabla 12	Identificación de los puestos de trabajo en la empresa de producción de azúcar.	43
Tabla 13	Operacionalización de la variable independiente: Factores de riesgo biomecánico.....	46
Tabla 14	Operacionalización de la variable dependiente: Aparición de TME.....	48
Tabla 15	Características personales de los trabajadores en el estudio (n=35).....	56
Tabla 16	Frecuencia de la sintomatología de TME durante el año 2022	57
Tabla 17	Relación de las variables sociodemográficas y sintomatología de trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores de la empresa (n=35).....	58
Tabla 18	Trabajadores con problemas (dolor, molestia, disconfort) durante los últimos 12 meses	59
Tabla 19	Relación de las variables sociodemográficas y sintomatología de trastornos musculoesqueléticos, percibida entre los trabajadores de la empresa (n=35).....	60
Tabla 20	Resultados generales de la evaluación de riesgos ergonómicos mediante ISO TR 12295:2014.....	61
Tabla 21	Identificación de factores de riesgo ergonómico por el método ISO TR 12295 para el área de producción.....	64
Tabla 22	Metodologías de evaluación de riesgo ergonómico según la ISO TR 12295	65

Tabla 23	Valoración de la postura de los trabajadores de la empresa de producción de azúcar.....	66
Tabla 24	Resumen de valoración de la postura según la norma ISO 11226:2000	68
Tabla 25	Resultados de la evaluación mediante la norma ISO 11228-1	69
Tabla 26	Resultados del método de evaluación según la norma ISO 11228-3:2007 ..	71
Tabla 27	Distribución de los trabajadores expuestos a factores de riesgo ergonómicos	74
Tabla 28	Estadística inferencial por la prueba exacta de Fisher.....	75
Tabla 29	Posturas naturales e incómodas	86

VI. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dimensiones de la Ergonomía	9
Figura 2	Principales variables antropométricas.....	10
Figura 3	Trabajo muscular en las actividades laborales.....	12
Figura 4	Disciplinas de la biomecánica.....	22
Figura 5	Curva de estrés-deformación para el tejido óseo	25
Figura 6	Curva de carga-desplazamiento proveniente de pruebas biomecánicas de hueso completo	25
Figura 7	Clasificación de la contracción muscular según la velocidad y longitud del músculo.....	27
Figura 8	Desarrollo de un patrón de carga sobre una estructura corporal.....	30
Figura 9	Sistemas de palancas	31
Figura 10	Trastornos musculoesqueléticos comunes	33
Figura 11	Procesos en la elaboración de azúcar a base de caña.....	42
Figura 12	Diseño de la investigación para la intervención ergonómica en la empresa de producción de azúcar	45
Figura 13	Molestias de los trabajadores para realizar el trabajo normal	60
Figura 14	Análisis de los segmentos corporales definidos en la norma ISO 11226 ...	66
Figura 15	Variables utilizadas en la norma ISO 11228-1	69
Figura 16	Factores multiplicadores de la ecuación NIOSH en la norma ISO 11228-1	71
Figura 17	Criterios de evaluación final del índice OCRA	72
Figura 18	Multiplicadores según los distintos factores de riesgo estipulados en la ISO 11228-3.....	73
Figura 19	Imagen representativa de una plataforma con ruedas	84
Figura 20	Imagen representativa de una plataforma de trabajo portátil.....	85
Figura 21	Aumento de momento debido a la distancia del trabajador y el objeto	89
Figura 22	Efecto del peso de la carga y la distancia horizontal en la fuerza de compresión en el disco	89
Figura 23	Técnica efectiva cuando las cargas son pequeñas y no se interponen con las rodillas	91
Figura 24	Técnica efectiva para cargas grandes y pesadas	91
Figura 25	Levantamiento por equipos.....	92

Figura 26	Imagen representativa de una hombrera industrial	95
Figura 27	Imagen representativa de equipo de protección manual	95

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL
**“PREVALENCIA BIOMECÁNICA POSTURAL DE ORIGEN LABORAL EN
LOS OPERADORES DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR”**

Autor: Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier

Tutor: Ing. Salas Monteros José Mauricio, M.Sc.

Año:2023

RESUMEN

La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo definen a los trastornos musculoesqueléticos (TME) como las alteraciones de estructuras corporales (músculos, ligamentos, tendones, articulaciones, huesos), causadas por el trabajo y el entorno en el que se desarrolla. La evaluación biomecánica ayuda a comprender la respuesta del cuerpo humano frente a los diversos efectos asociados con la exposición a los factores o su combinación, que aumentan el riesgo de TME. Con base en base los datos históricos de morbilidad de 35 trabajadores del área de producción y a la aplicación de normas técnicas como la ISO/TR 12295, ISO 11226, ISO 11228-1 e ISO 11228-3. Se determinó que más de la mitad de los trabajadores presentaron sintomatología de trastornos musculoesqueléticos durante el año 2022, siendo el dolor en la zona lumbar el más común. Además, se encontró que los trabajadores que reportaron síntomas tenían una antigüedad laboral 2,42 veces mayor que aquellos que no presentaron síntomas. El cuestionario utilizado reveló que el dolor en la zona lumbar y en las rodillas fue la sintomatología más prevalente en los últimos 12 meses. La identificación de factores de riesgo ergonómico mostró que los trabajadores estuvieron expuestos a factores de riesgo por posturas estáticas, levantamiento y transporte de cargas y movimientos repetitivos de la extremidad superior. Finalmente, se desarrolló un plan de acción basado en la evaluación ergonómica por biometría postural para reducir el riesgo de trastornos musculoesqueléticos, que incluyó controles de ingeniería, medidas administrativas y el uso de equipo de protección personal.

Palabras clave: Trastornos musculoesqueléticos, dolor lumbar, factores de riesgo ergonómico, intervención ergonómica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL
“PREVALENCIA BIOMECÁNICA POSTURAL DE ORIGEN LABORAL EN
LOS OPERADORES DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR”

Autor: Ing. Saraguro Olalla Francisco Javier

Tutor: Ing. Salas Monteros José Mauricio, M.Sc.

Año: 2023

ABSTRACT

The European Agency for Safety and Health at Work defines musculoskeletal disorders (MSDs) as alterations in body structures (muscles, ligaments, tendons, joints, bones) caused by work and the environment in which it occurs. Biomechanical evaluation helps understand the human body's response to several effects associated with exposure to factors or their combination, which increase the risk of MSDs. Based on historical morbidity data from 35 workers of the production area and the application of technical standards such as ISO/TR 12295, ISO 11226, ISO 11228-1, and ISO 11228-3. It was determined that more than half of the workers presented symptoms of musculoskeletal disorders during 2022, being the lower back pain the most common. Additionally, it was found that workers who reported symptoms have more years of service in the company (2,42 times higher) than those who did not present symptoms. The questionnaire used revealed that lower back pain and knee pain were the most prevalent symptoms in the last 12 months. The identification of the ergonomic risk factors showed that workers were exposed to them due to static postures, lifting and carrying loads, and repetitive movements of the upper limb. Finally, an action plan based on ergonomic evaluation through postural biometrics was developed to reduce the risk of musculoskeletal disorders, including engineering controls, administrative measures, and the use of personal protective equipment.

Key words: Musculoskeletal disorders, lower back pain, ergonomic risk factors, ergonomic intervention.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 Problema de investigación

Las deficiencias musculoesqueléticas comprenden alrededor de 150 enfermedades o condiciones que afectan al desempeño del sistema locomotor y representan un tercio de todas las ausencias del trabajo. Según un análisis realizado a 204 países por Cieza y otros (2020), se determinó que 1,71 mil millones de personas presentaron afecciones musculoesqueléticas. Siendo el dolor en la zona lumbar la principal condición que contribuye a la carga general, seguido de las lesiones en el cuello y extremidades superiores (Cieza et al., 2020; Yamalik, 2006).

Asimismo, el deterioro de la salud de los trabajadores, producto del trabajo o accidentes, provocan graves repercusiones sociales (ej. 2,78 millones de muertes laborales en todo el mundo) (Takala et al., 2014) y económicas (en promedio 4% del Producto Interno Bruto, PIB).

En general, la Organización Mundial de la Salud (2017) estima que un 70% de los trabajadores no son indemnizados en caso de traumatismos o enfermedades ocupacionales. Adicionalmente, se ha definido que del 1 al 5% de las enfermedades profesionales son reportadas debido a la desactualización de los sistemas de información, vigilancia y registro de los servicios de salud (World Health Organization, 2015).

A nivel internacional, se estima que el coste de los accidentes y enfermedades laborales representa entre el 1,8 y el 6,0 % del PIB (Takala et al., 2014). En Ecuador está entre el 4 al 10% del PIB. Según el Departamento de Salud del Reino Unido, el 58% de las personas mayores de 60 años presentan una afección a largo plazo y el 25% tienen dos o más problemas de salud, siendo las enfermedades musculoesqueléticas una de las cargas globales más altas para los individuos (Age UK, 2019).

Alrededor de un tercio de la población mundial se ve afectada por desórdenes musculoesqueléticos. Por lo tanto, los convierte en la causa más importante de discapacidad crónica que a menudo da como resultado la incapacidad del trabajador, aumento de ausentismo, calidad y productividad reducida del trabajo, disminución de la satisfacción laboral y mayor incidencia de lesiones relacionadas con el trabajo (Aljanakh et al., 2015). Un estudio comparativo realizado por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social entre el 2015 y 2017, determinó que el 87% de la carga de morbilidad laboral se debe a desórdenes musculoesqueléticos, con énfasis en problemas de columna y extremidades superiores (lumbalgia crónica, hernia de disco, síndrome del túnel carpiano, hombro doloroso y tendinitis). Por lo tanto, para mejorar las condiciones del lugar de trabajo, los factores de riesgo de estas regiones deben ser considerados con prioridad. Asimismo, del total de 932 enfermedades reportadas a la Dirección General de Riesgos del Trabajo del IESS en 2018, el 79,8% fueron asociadas a los riesgos ergonómicos (Garzón, 2021).

El Boletín Estadístico N°6 emitido por el Seguro General de Riesgos del Trabajo 2016-2018, deja en evidencia el desconocimiento del origen de las patologías debido a un bajo reporte de enfermedades profesionales. Así como un desfase del 99,80% (26 enfermedades reportadas de 13 555 esperadas). Estas cifras hacen indispensables la implementación de medicina preventiva, actualización de conocimientos, evaluación de la política nacional de salud en el trabajo y constantes monitoreos, con la finalidad de mejorar de forma continua las condiciones de trabajo para todos los colaboradores y prevenir accidentes/enfermedades profesionales (Ministerio de Salud Pública, 2021).

A nivel mundial, la industria azucarera contribuye significativamente al desarrollo socioeconómico de las poblaciones rurales generando más de 300 millones de empleos. Según el Banco Central del Ecuador y el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en el Ecuador (CINCAE) la industria azucarera genera más de 30 000 empleos directos y 80 000 indirectos (Sanchez et al., 2019). Además de incrementarse en 19% la producción nacional de caña de azúcar en 2020, la producción de azúcar registró \$124,45 millones de valor agregado bruto (0,19% del PIB) (Corporación Financiera Nacional, 2021).

La identificación de peligros y posibles consecuencias adversas de una amenaza en estas instalaciones resulta un gran desafío. Con frecuencia se desempeñan distintas actividades con sus propios procesos y gestión, que genera una combinación de peligrosidad cruzada con agentes físicos, químicos, mecánicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos.

1.2 Antecedentes

Idealmente, la gestión de riesgos de Salud y Seguridad en el trabajo identifica los peligros ergonómicos, físicos, psicosociales y químicos. Sin embargo, con la intención de reducir el error humano se incluyen los factores laborales, individuales y organizativos, así como las medidas para gestionarlos (Lewis et al., 2019).

Los estados miembros de la Organización Panamericana de Salud han demostrado que las actividades como: i) El desarrollo de metodologías estandarizadas de investigación, ii) El desarrollo de materiales educativos y capacitaciones para difundir información, iii) La sensibilización de los ministros sobre perfiles regionales de morbilidad y mortalidad ocupacional, permitió tener un panorama claro de la salud y bienestar de los trabajadores y la promoción del diálogo con los ministerios de salud (World Health Organization, 2015).

La encuesta de las condiciones de trabajo y salud 2021-2022 aplicada a 4290 trabajadores de diversas actividades económicas (agricultura, construcción, minería, pesca, informales y salud), determinó que los síntomas osteomusculares con mayor frecuencia fueron dolor/molestia/discomfort en: columna lumbar, cuello, hombros, rodillas, caderas/piernas y tobillos/pie (Ministerio de Salud Pública, 2021).

Tal como establecen las líneas estratégicas y de acción de la Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019-2025, se plantea: fortalecer la responsabilidad del Estado, empleadores y trabajadores para generar herramientas y normativas. Además, promover mecanismos de promoción de la salud (ej., programas, herramientas técnicas, acciones de prevención, mejorar el acceso a los servicios de salud, desarrollo de sistemas de información y vigilancia); fomentar la investigación, oferta académica y capacitación continua (Ministerio de Salud Pública, 2019).

Como parte del primer objetivo del Plan Decenal de Salud 2022-2031, se plantea la promoción y cumplimiento de los derechos laborales. A su vez, la implementación de estrategias y mecanismos para mejorar las condiciones laborales y reducir el porcentaje de enfermedades y accidentes, así como reducir las prevalencias (Ministerio de Salud Pública, 2019). En concordancia con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que busca proteger los derechos laborales y promover un entorno seguro (Naciones Unidas, 2018).

Dados los impactos económicos, condiciones de salud (salud pública, atención social, salud mental, entre otras) y alta prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos, se requieren mejoras efectivas, duraderas y significativas en las condiciones de trabajo. Esto ha sido reconocido por distintos trabajos publicados en diferentes campos del conocimiento, aplicado desde industrias manufactureras hasta actividades administrativas y de servicios auxiliares en los cuales han prevalecido las afecciones por posturas forzadas (Gómez-Galán et al., 2017; Marano y di Nicolantonio, 2015; Naeini, 2015).

Con base en los resultados obtenidos por Choobineh et al. (2016), se determinó que las tasas de prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos fueron más altas en los trabajadores con actividades dinámicas en comparación con los trabajadores con actividades estáticas. Por otra parte, el estudio señala que las industrias proveedoras de atención médica y las industrias manufactureras presentan las tasas de prevalencia más altas.

Mientras que en la revisión bibliométrica realizada por Gómez-Galán (2020), se determinó que el mayor número de publicaciones se encontraban en los campos de la industria, salud y asistencia social (coincidiendo con estudios paralelos). Específicamente en la industria alimentaria, se determinó que los trabajadores adoptaron posturas que podrían conducir a trastornos musculoesqueléticos, obteniendo una evaluación (RULA) de nivel de alto riesgo y siendo los principales factores de riesgo el sobrepeso y mal manejo de cargas (Ziaei et al., 2017).

En el estudio realizado por Choobineh et al. (2009) en una planta azucarera, determinó que el 22,75% de las enfermedades estaban relacionadas con el sistema musculoesquelético, especialmente los síntomas se presentaron en las rodillas, espalda y hombros. Además, se reveló que estos síntomas causaron la tasa más alta de bajas por enfermedad. Finalmente, los resultados de la evaluación de riesgos musculoesqueléticos indicaron que el 99,1% de los trabajadores estaban expuestos a un nivel alto y muy alto. Por consiguiente, es necesario identificar y evaluar factores de riesgo con el fin de aplicar programas de intervención centrados en reducir el riesgo a niveles aceptables de exposición para el trabajador.

La investigación actual sobre enfermedades musculoesqueléticas está centrada en comprender los mecanismos en los que se manifiesta la enfermedad para un diagnóstico más preciso y temprano. También, permite desarrollar tratamientos (reducir dolor y discapacidad) y nuevas terapias para los trastornos más comunes y establecer recomendaciones para la gestión de la salud (Lewis et al., 2019).

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo General*

- Determinar la prevalencia de las afecciones en la salud por efectos biomecánicos disergonómicos posturales en los operadores de la empresa de producción de azúcar.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Evaluar el riesgo ergonómico en los puestos de trabajo de una empresa de producción de azúcar;
- Verificar la relación estadística entre los riesgos ergonómicos y los trastornos musculoesqueléticos de los trabajadores;
- Diseñar un plan en salud ocupacional enfocado en los riesgos ergonómicos por biometría postural para la prevención de enfermedades profesionales.

1.4 Justificación

En América Latina y específicamente en Ecuador, no existe suficiente información epidemiológica precisa sobre la carga de enfermedades musculoesqueléticas. Por lo que es muy probable que este parámetro se encuentre subestimado a nivel mundial (Lewis et al., 2019). De esta forma, los estudios ergonómicos en los sectores industriales permitirán mejores condiciones para el trabajador y reducirá los costos económicos asociados.

La prevención de los trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo requiere la debida identificación de sintomatologías. Sin embargo, en Ecuador se evidencia la falta de formación en el ámbito de la Salud en el Trabajo (1656 títulos de cuarto nivel hasta septiembre 2018) lo que limita la recopilación de información y la generación de nuevas políticas públicas que se ajusten a la realidad (SENECYT, 2017).

Ciertos sectores/actividades laborales (ej., agricultura, fabricación, construcción, sanidad) resultan más susceptibles a una mayor prevalencia de desórdenes musculoesqueléticos que otras (ej., actividades administrativas, artísticas y técnicas), debido a las diferentes habilidades requeridas y la naturaleza del puesto de trabajo. A su vez, las actividades que implican formas de movimiento que se repiten con frecuencia, altas demandas físicas, posturas incómodas o estáticas, exposición a vibraciones entre otras, son un peligro importante para la salud ocupacional (Hita-Gutiérrez et al., 2020). Por lo tanto, resulta importante abordar la etiología y el curso clínico de los trastornos musculoesqueléticos.

Se ha descrito que en la industria azucarera las actividades físicas como el manejo manual de materiales, tiempos prolongados de pie y distintas posturas de trabajo incómodas son muy comunes. Generando una alta tasa de trastornos musculoesqueléticos y hernias inguinales y umbilicales. De esta forma, la presente investigación permitirá implementar un plan de ergonomía correctiva que se adapte a las capacidades de los trabajadores que participan en el proceso de producción y almacenamiento de azúcar. Asimismo, mejorar la eficiencia, eficacia, productividad y calidad de vida (Yamalík, 2006).

Adicional a los efectos sobre la salud de los trabajadores, este tipo de trastornos también aumentan los costos para las empresas y la sociedad. Por lo tanto, se vuelve fundamental mantener un enfoque de identificación, evaluación y prevención constante que permita recopilar información, crear políticas organizacionales y definir acciones correctivas. La cultura de seguridad requiere un compromiso de la organización o de las instalaciones gubernamentales, en el que se evalúan las percepciones de seguridad compartidas por los trabajadores y los empresarios.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Ergonomía*

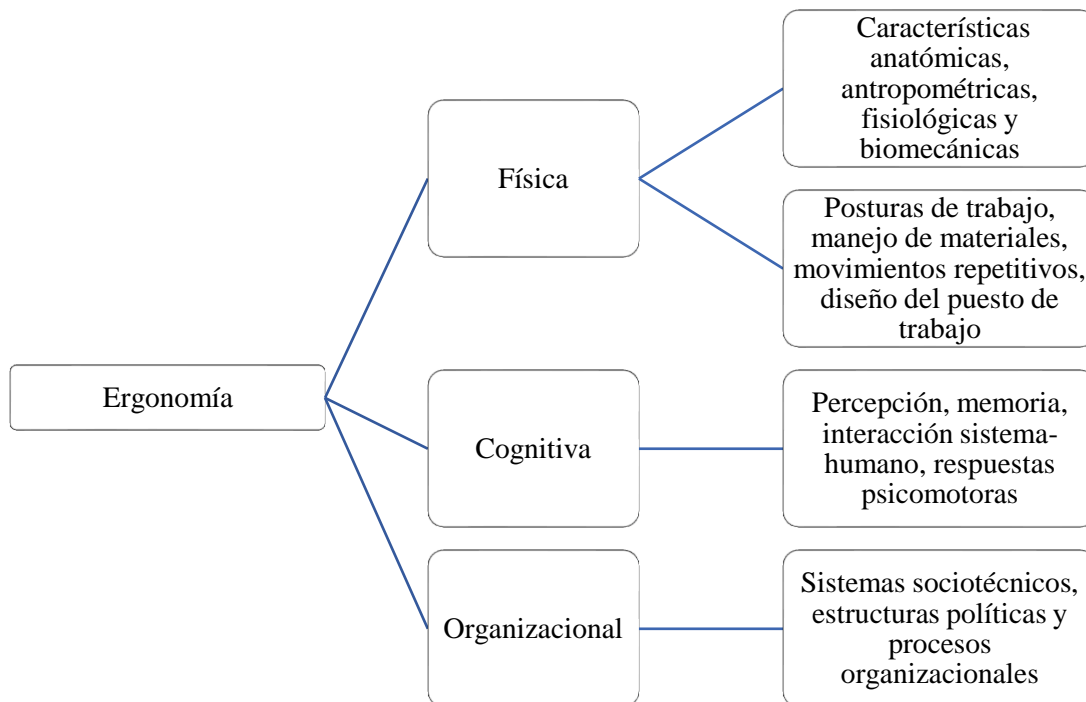
El costo de manejar las lesiones relacionadas con el trabajo ha sido un factor importante para alentar la exploración de medidas creativas para prevenir y minimizar el impacto de las lesiones en el trabajador y el lugar de trabajo. La ergonomía se ocupa de la comprensión teórica y fundamental de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema sociotécnico que interactúan con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema (International Ergonomics Association, 2017; Wilson, 2000).

La aplicación correcta de la ergonomía puede reducir la posibilidad de enfermedades y lesiones, mejorar la satisfacción en el lugar de trabajo y mejorar la productividad de los trabajadores. De forma general, las principales razones para aplicar la ergonomía están relacionadas con: 1) Imperativo moral: mejoras en la comodidad y calidad de vida en el trabajo; 2) Progreso en el conocimiento y la tecnología: desarrollo y aplicación de nuevas teorías y prácticas; y 3) Ventajas económicas: reducción del costo en los sistemas de trabajo (K. E. Kroemer et al., 2018). De esta forma, se establece que el reemplazo, la actualización y el rediseño son importantes para reducir lesiones y remediar la ineficiencia.

La persona necesita tener las habilidades físicas, cognitivas y emocionales para realizar con éxito el trabajo. La ergonomía promueve un enfoque holístico en la que se toman en cuenta consideraciones de factores físicos, sociales, organizacionales, cognitivos, ambientales y otros factores relevantes. Según la Asociación Internacional de Ergonomía (2017), existen tres dominios ergonómicos como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Dimensiones de la Ergonomía



Nota. Adaptado de *What is Ergonomics (HFE)?*, por International Ergonomics Association, 2017, IEA (<https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/#top>).

2.1.1.1 Aspectos Físicos

El diseño del trabajo físico aborda los requisitos específicos del diseño de tareas y estaciones de trabajo con el fin de reducir la carga física sobre el sistema musculoesquelético, sin reducir su rendimiento (Dennerlein, 2017). Los temas relevantes incluyen:

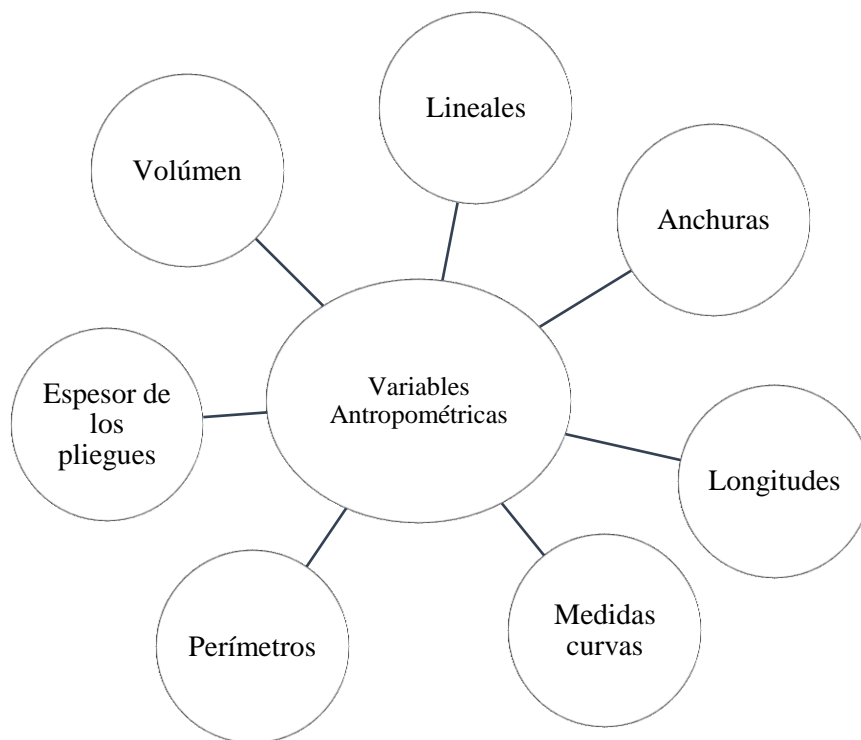
2.1.1.1.1 Antropometría

Hace referencia a la medición sistemática de las características físicas del cuerpo humano. Se consideran el peso/constitución corporal, tamaño, composición y su relación con las dimensiones establecidas en el puesto de trabajo (Tur y Bibiloni, 2019). La antropometría incluye técnicas que reflejan el estado nutricional, de salud, estilo de vida, y que permiten predecir el desarrollo de enfermedades no transmisibles (Bawadi et al., 2019).

Las mediciones antropométricas, generalmente medidas como distancias lineales o circunferencias en unidades estándar, resultan necesarias para desarrollar estrategias para la identificación temprana de la disminución de la capacidad física. Además, permite la promoción de la calidad de vida (Tur & Bibiloni, 2019). Las variables antropométricas pueden ser usadas para definir la variabilidad poblacional/individual y tienen componentes genéticos, así como medioambientales. Las principales variables se presentan en la Figura 2:

Figura 2

Principales variables antropométricas



Nota. Adaptado de *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* por Organización Internacional del Trabajo, 2012, OIT

<https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+29.+Ergonom%C3%ADa>

Un enfoque simplificado contribuye a la implementación de modelos más manejables. Marshall & Summerskill (2019), manifiestan para trabajar con datos antropométricos se debe tomar en consideración:

- Percentiles
- Correlación
- Medidas estandarizadas
- Características de la base de datos a usarse.

2.1.1.1.2 Carga física

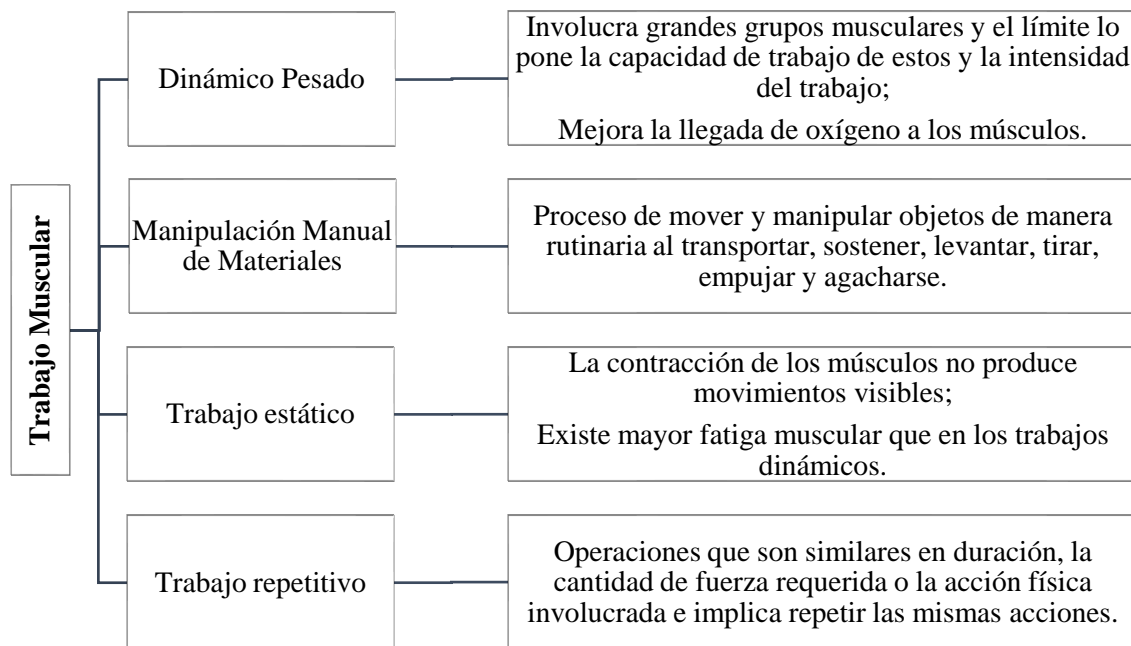
La carga física se define como los factores relacionados con las fuerzas biomecánicas en el cuerpo (movimiento de las regiones corporales, transporte o movimiento de objetos y postura del cuerpo) (Wahlström, 2003). En general, la exposición física se evalúa mediante juicios subjetivos, observaciones sistemáticas y mediciones directas. Del mismo modo, se consideran tres dimensiones principales:

- Nivel (amplitud): se refiere a la magnitud o intensidad de la carga física;
- Repetición (frecuencia): la variación temporal de los cambios entre niveles de carga física;
- Duración: extensión temporal de la carga física (Wahlström, 2003).

El trabajo que requiere esfuerzo puede ser activamente exigente o arduo y es considerado como la percepción subjetiva del estrés fisiológico producido por una carga de trabajo. El trabajo muscular en el ámbito laboral puede dividirse en cuatro grupos (Figura 3):

Figura 3

Trabajo muscular en las actividades laborales



Nota. Adaptado de *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* por Organización Internacional del Trabajo, 2012, OIT

(<https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+29.+Ergonom%C3%ADa>).

2.1.1.1.3 Postura en el trabajo

La postura es la forma que sostiene el cuerpo en un momento dado, ya sea sentado, de pie, agachado, girando, cargando o levantando. A su vez, se ha identificado como uno de los factores más importantes al considerar el diseño del puesto de trabajo. Debido a que se ha observado que la variación regular entre sentarse, pararse y caminar es vital para el manejo y la prevención de lesiones de espalda (Chinyere, 2014). Varios estudios han mostrado una relación entre el malestar físico en diversos lugares del cuerpo y el diseño de una situación hombre-máquina o puesto de trabajo. Esto desencadena la aparición de trastornos musculoesqueléticos (Ansari et al., 2013; Lafond et al., 2009).

Es posible registrar y medir objetivamente estas posturas mediante observación, con técnicas estandarizadas y esquemas de autovaloración. Como principales métodos de evaluación se tiene:

- Cuestionarios de autoevaluación: proporciona datos acerca de la monotonía laboral mediante la autoevaluación (percepción del propio sujeto);
- Observación visual: registro sistemático de las posturas (catálogo de acciones), diagramas y entrevistas;
- Análisis asistido por ordenador: permite un análisis rápido de las posturas (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

El diseño de los espacios de trabajo y la disposición de los equipos tiene un efecto significativo en el desempeño y productividad de los trabajadores. Estas características definen las posturas y un buen diseño brindará al empleado la más amplia gama de movimientos cómodos manteniendo una postura adecuada (Ogedengbe et al., 2023).

2.1.1.1.4 Carga de trabajo

La carga de trabajo se define como “el conjunto de requerimientos psico-físicos a los que el trabajador se ve sometido a lo largo de la jornada laboral” (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, 1986). Wickens y Tsang (2015) se refieren a la carga de trabajo como la relación entre los recursos que dispone el operador y los recursos necesarios para completar una tarea.

La carga de trabajo se ha considerado como un factor importante en el rendimiento individual de los sistemas complejos. Se divide en dos grupos: carga de trabajo física y carga de trabajo mental (Hwang et al., 2008). Del mismo modo, consta de varios elementos como la motivación, entorno y otros factores que afectan las capacidades de los operadores para cumplir con la tarea. Así, la carga de trabajo aumenta cuando la frecuencia o dificultad de las tareas requeridas para lograr un objetivo es mayor (Jame Chenarboo et al., 2022).

En general, existen varios métodos para evaluar, subjetivamente, la carga de trabajo:

- La escala de Borg: se utiliza para evaluar subjetivamente la dificultad percibida de la carga de trabajo física. Este método contiene subescalas como: demanda mental, física y de tiempo, así como rendimiento, esfuerzo y frustración. Relacionadas con las necesidades de los trabajadores y la interacción con la tarea (Reid & Nygren, 1988).
- Índice de carga de tareas de la NASA (TLX): es una herramienta para medir la carga de trabajo mental del operador sobre tareas cognitivas (Jame Chenarboo et al., 2022).

2.1.1.1.5 Fatiga

En general, la fatiga es una condición del individuo caracterizada por la disminución de la capacidad para realizar actividades debido al agotamiento físico o mental (Techera et al., 2016). En la literatura se han introducido diferentes taxonomías de fatiga. Dentro de estas, se distinguen:

- Fatiga muscular: se refiere a una reducción en la fuerza muscular voluntaria máxima, debido a cambios metabólicos a nivel del músculo periférico y a alteraciones del sistema nervioso central (Chmura & Nazar, 2010).
- Fatiga mental: es un estado psicobiológico causado por actividad cognitiva exigente durante periodos prolongados y se refleja como sentimientos subjetivos de cansancio (Boksem & Tops, 2008).

Se han identificado varias causas de la fatiga ocupacional, estos incluyen la recuperación insuficiente (apnea del sueño), esfuerzo mental y muscular, largas jornadas de trabajo, factores ambientales y sociales. De estas causas, el trabajo que representa la carga de trabajo muscular, especialmente las contracciones repetidas de músculos (movimientos dinámicos) y la contracción muscular prolongada (estático), normalmente conducirá a la fatiga por degradación metabólica (Techera et al., 2016).

2.1.1.1.6 Posturas Forzadas

La postura se define como la alineación de los segmentos corporales mientras se mantiene una posición determinada (Colombini & Occhipinti, 2002). Las posturas forzadas corresponden a las posiciones que dejan de mantenerse en posición natural de confort para pasar a una posición que genera hiperflexiones, hiperrotaciones, hiperextenciones osteoarticulares. Los riesgos de lesiones aumentan cuando el trabajo requiere que una persona realice tareas con segmentos del cuerpo fuera de su rango neutral en una postura desviada, provocando un estrés biomecánico en articulaciones y tejidos blandos (Cilveti & Idoate, 2001).

Las posturas asumidas por los diversos segmentos y los movimientos ejecutados durante las tareas repetitivas se encuentran entre los elementos que contribuyen al riesgo de aparición de los trastornos musculoesqueléticos (TME). Las posturas incómodas incluyen estirarse, torcerse, doblarse, arrodillarse, trabajar por encima de la cabeza con las manos o los brazos de forma repetida o prolongada, o mantener posiciones fijas (Colombini & Occhipinti, 2002). Se definen tres etapas en la aparición de TME por posturas forzadas:

- Primera: cansancio y dolor hasta finalizar la jornada laboral, puede durar meses o años y se puede controlar mediante acciones ergonómicas;
- Segunda: síntomas prevalecen durante y después de la jornada laboral, provocando apnea del sueño y disminuye la capacidad del trabajador;
- Tercera: los síntomas persisten en todo momento, haciendo difícil realizar tareas (Cilveti & Idoate, 2001).

Adicionalmente en la Tabla 1 se definen los traumatismos específicos en distintas regiones corporales (Cilveti & Idoate, 2001):

Tabla 1*Traumatismos específicos causados por posturas forzadas*

Región corporal	Traumatismo específico
Hombros y cuello	Tendinitis del manguito rotador
	Síndrome de estrecho torácico o costoclavicular
	Síndrome cervical por tensión
Mano y muñeca	Tendinitis
	Tenosinovitis
	Dedo en gatillo
	Síndrome del canal de Guyon
	Síndrome del túnel carpiano
Brazo y codo	Epicondilitis y epitrocleitis
	Síndrome pronador redondo
	Síndrome del túnel cubital

Nota. Adaptado de *Posturas Forzadas*, por Cilveti e Idoate, 2001.

2.1.1.1.7 Movimientos repetitivos

La repetición se define como la realización excesiva del mismo movimiento o grupo de movimientos que utiliza los mismos conjuntos osteomusculares con pocas posibilidades de recuperación. Esto provoca dolor, fatiga muscular, sobrecarga y lesiones (Cilveti & Idoate, 2000).

Los síntomas a menudo se relacionan con los grupos de músculos y tendones antagonistas o estabilizadores, usados para posicionar y estabilizar las extremidades. El riesgo de lesiones aumenta cuando están presentes otros factores de riesgo como las posturas incómodas o el uso excesivo de la fuerza (Jaffar et al., 2011).

Existen diversos factores que desencadenan los TME por movimientos repetitivos, entre los cuales se incluyen:

- Efectos biomecánicos: como movimientos repetidos contra resistencia, repetidas extensiones/flexiones y desviaciones cubitales;
- Factores predisponentes: anomalías anatómicas y en calidad del líquido sinovial;

- Factores desencadenantes: organizacionales y traumatológicos (Cilveti & Idoate, 2000).

Las lesiones que se producen por movimientos repetidos se dan en mayor medida en los tendones, músculos, nervios de la muñeca, mano, antebrazo y hombro (Cilveti & Idoate, 2000). Entre los traumatismos acumulativos específicos se incluyen (Tabla 2):

Tabla 2

Traumatismos específicos por movimientos repetitivos

Región Corporal	Traumatismo específico
Mano y muñeca	Tendinitis
	Tenosinovitis
	Síndrome del túnel carpiano
	Síndrome del canal de Guyon
Brazo y codo	Epicondilitis epitrocleitis
	Síndrome del pronador redondo
	Síndrome del túnel radial
Hombros	Tendinitis del manguito rotador

Nota. Tomado de *Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores*, por Cilveti e Idoate, 2000.

2.1.1.1.8 Manipulación manual de cargas

La manipulación manual se define como el movimiento de una carga (objeto susceptible de ser movido) por un esfuerzo humano directo o indirecto. A su vez, implica el transporte o soporte directo de la carga (levantar, empujar, tracción o mover) mediante la fuerza corporal (Hughes & Ferrett, 2008).

El área principal de interés fisiológico y biomecánico para la manipulación de una carga es la zona dorsolumbar (discos de la columna lumbar). Por lo tanto, la manipulación de materiales se encuentra entre las causas más frecuentes de distensiones en la zona lumbar y la causa común de discapacidad relacionada con el trabajo y ausentismo (K. Kroemer et al., 2018).

A efectos del Real Decreto 487/1997 se establece lo siguiente:

- Evitar la manipulación manual de cargas (MMC): mediante aplicación de medidas técnicas, organizativas y la automatización de procesos;
- Reducir los riesgos de la MMC: rediseños de carga, ayudas mecánicas y mejoras laborales;
- Evaluación de riesgos: cuando la MMC no pueda evitarse y tomando los factores de riesgo presentados en la Tabla 3;
- Formación de los trabajadores: uso de maquinarias y equipo de protección individual, manipulación y factores asociados a las cargas.
- Consulta y participación;
- Vigilancia de la salud: evaluaciones iniciales y específicas (por ausentismos), exámenes periódicos (Ruiz, 2011).

Tabla 3

Factores de riesgo asociados a la manipulación manual de cargas

Factor de riesgo	Características
Características de la carga	Carga pesada, grande, difícil de sujetar, inestabilidad del contenido o requiera posturas forzadas
Esfuerzo físico necesario	Tipos de movimiento limitados, inestables o bruscos
Características del medio	Espacio insuficiente, superficies irregulares o inestables
Exigencias de la actividad	Esfuerzo físico prolongado con periodos de recuperación insuficientes
Factores individuales	Falta de aptitud física e intelectual, inadecuado equipo de protección personal y patologías previas

Nota. Adaptado de *Manipulación Manual de Cargas Guía Técnica del INSHT*, por Ruiz Laura, 2011.

2.1.1.2 Métodos de evaluación ergonómica

En el rápido cambio tecnológico actual, la salud ocupacional juega un papel importante en el mantenimiento de la competitividad y la productividad en la industria.

Los métodos de evaluación ocupacional son comúnmente utilizados para estimar el riesgo de lesiones ocupacionales. Mientras que una evaluación de la exposición de buena calidad es esencial para detectar y caracterizar asociaciones relevantes entre la exposición y la enfermedad. El análisis de riesgos laborales se enfoca en identificar y controlar aquellos peligros y riesgos inherentes integrados en los pasos y tareas requeridas para un trabajo. Se revisan las actividades y tareas que utilizan herramientas, materiales y equipos específicos, y se toman medidas para eliminar, reducir o controlar los peligros o riesgos a un nivel aceptable (Roughton et al., 2019).

La evaluación desarrolla un inventario inicial y enumera todos los trabajos que se realizan para lograr las metas de la organización. Cada actividad o trabajo se analiza más a fondo para identificar posibles peligros inherentes o incorporados y el riesgo asociado. Se utiliza una herramienta o método de evaluación de riesgos, como la tarjeta de orientación sobre riesgos o una matriz de riesgos similar. El inventario final consiste en clasificar y ordenar los trabajos desde el riesgo más alto hasta el más bajo, de modo que las soluciones identificadas apunten al riesgo potencial más alto. La evaluación considera la gravedad potencial y la frecuencia de la exposición existente y el impacto potencial en la organización (Dempsey, 2019).

Los métodos para analizar el trabajo varían según los medios disponibles en cada empresa, desde listas de verificación hasta métodos de análisis de movimiento (infrarrojos, ultrasonidos, etc.). Para el estudio y evaluación ergonómica es posible utilizar diferentes métodos en los que se incluyen:

2.1.1.2.1 Métodos Directos

Consisten en el uso de dispositivos electrónicos sobre el cuerpo humano, registrando los ángulos, distancias y velocidades de los elementos. Como ventajas se destacan la precisión, exactitud y la recolección automática de los datos durante un tiempo determinado. Como desventajas se destaca el alto coste económico, el nivel de capacitación y la dificultad de aplicación en tiempo real en espacios reducidos (Gómez et al., 2017).

2.1.1.2.2 Métodos Semidirectos

Estos requieren el uso combinado de exámenes previos de posturas adoptadas por los trabajadores (videos o registro fotográfico) y programas informáticos que permiten la evaluación de posturas y riesgos musculoesqueléticos. Como ventaja se destaca el menor costo comparado con los métodos directos, aunque constituye mayor tiempo de evaluación e interpretación. La clasificación según el tipo de causa del trastorno musculoesquelético se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4

Clasificación de los métodos semidirectos de evaluación ergonómica

Métodos Semidirectos		
Movimientos repetitivos	Posturas forzadas	Manejo de cargas
Método OCRA	Método REBA	Método INSHT
Método PLIBEL	Método OWAS	Ecuación NIOSH
Método RULA	Método Corlett	Tablas Snook y Ciriello
Método “Índice de tensión laboral”	Método Vira	Método MAC
Método IBV	Método PATH	Tablas Liberty Mutual
Índice de factores de riesgo de postura y repetición (PRRI)		Método KIM

Nota. Tomado de *Musculoskeletal disorders: OWAS review* (p. 315), por Gómez et. al, 2014.

2.1.1.2.3 Métodos Indirectos

Estos se basan en el uso de preguntas en forma de cuestionarios que son complementadas por el evaluador o trabajador. Como ventajas se menciona el bajo costo de aplicación y fiabilidad contrastada. Algunos de los cuestionarios más conocidos son:

- Cuestionario de Michigan
- Cuestionario Nórdico Estandarizado
- Cuestionario de Keyserling

- Cuestionario Brouwer y Silverstein
- Cuestionario de Keyserling (Gómez et al., 2017).

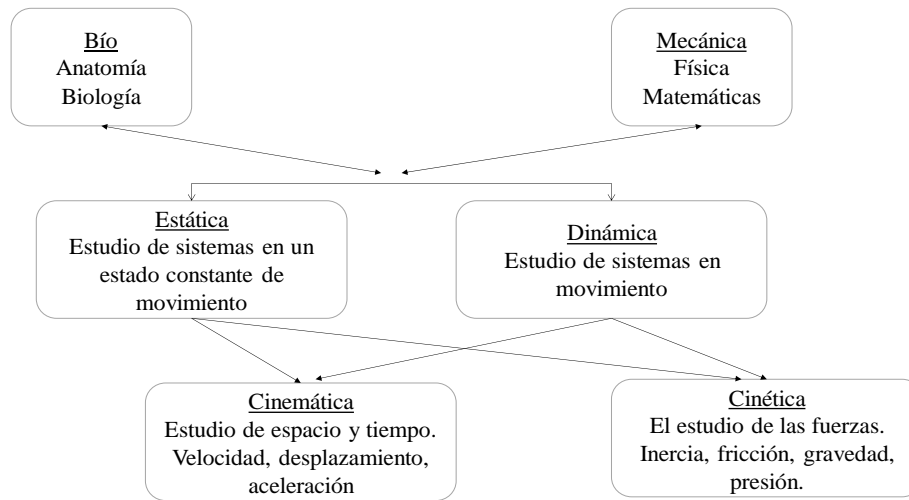
2.1.2 Biomecánica

Se define a la biomecánica como el estudio de las fuerzas que actúan sobre una estructura biológica, Además, se encarga de evaluar los patrones de movimiento esenciales sumados con los efectos producidos por tales fuerzas (Stergiou, 2020). Hay tres tipos principales de músculos que se encuentran en el cuerpo humano: músculo esquelético, cardíaco y liso. Cada tipo de músculo tiene componentes celulares únicos, fisiología, funciones específicas y patología (Noto et al., 2022).

La biomecánica ocupacional se enfoca en: proporcionar un entorno óptimo y seguro para los trabajadores mediante el análisis de percepciones, desempeño laboral y expectativas humanas. Además, de desarrollar mejores equipos de seguridad, herramientas mecánicamente más eficientes; y disminución de las lesiones laborales (Stergiou, 2020). Esta disciplina es una intersección entre la anatomía, matemáticas, física, biología y química; con disciplinas afines como la antropometría, fisiología y cinemática (Figura 4).

Figura 4

Disciplinas de la biomecánica



Nota. Tomado de *Biomechanics and Gait Analysis*, por Bates Barry, 2020.

En el análisis de movimiento se pretende: describir, manipular, observar y conceptualizar el movimiento. Asimismo, describe cuantitativamente la carga musculoesquelética que sucede durante el trabajo con el objetivo de apreciar el grado de riesgo asociado.

En la Tabla 5 se definen los movimientos con respecto a las articulaciones, posición de referencia anatómica y los planos anatómicos (Likens & Stergiou, 2020).

Tabla 5

Tipos de movimiento con respecto a las articulaciones

Planos anatómicos	Movimientos	Descripción
Plano Sagital	Flexión	Segmento se aleja de la posición de referencia anatómica
	Extensión	Segmento regresa a la posición de referencia anatómica
	Dorsiflexión	El pie se mueve hacia la pierna
	Flexión plantar	El pie se mueve hacia el suelo
Plano Frontal	Abducción	Segmento se aleja de la línea media
	Aducción	Segmento regresa a la línea media
	Flexión Lateral	Rotación lateral del tronco
	Elevación	Movimiento superior de la cintura escapular

	Depresión	Movimiento inferior de la cintura escapular
	Desviación cubital	Rotación de muñeca hacia el radio
	Desviación Radial	Rotación de muñeca hacia el cúbito
	Eversión	Movimiento hacia cara medial cuando el pie rueda adentro
	Inversión	Movimiento hacia el aspecto lateral cuando el pie rueda afuera
	Pronación del pie	combinación de eversión, abducción y dorsiflexión
	Supinación	Combina inversión, aducción y flexión plantar
Plano Transversal	Rotación izquierda y derecha	Aplica a la cabeza, cuello y tronco
	Rotación medial y lateral	Aplica a la cadera
	Pronación	Movimiento de mano para girar la palma hacia atrás
	Supinación	Movimiento de mano para girar la palma hacia delante
	Abducción y aducción horizontal	Aplica al brazo o muslo a 90° de flexión

Nota. Adaptado de *Biomechanics and Gait Analysis*, por Bates Barry, 2020.

2.1.2.1 Biomecánica de los huesos, articulaciones y músculos

Se describen los elementos básicos (componentes anatómicos) relacionados del sistema musculoesqueléticos que interactúan para producir movimiento.

2.1.2.1.1 Biomecánica básica de los huesos

Los huesos están diseñados para cumplir funciones de protección (órganos vitales, cerebro y pulmones), proporcionan un marco rígido, y otorgan la capacidad de utilizar palancas para realizar movimientos. De esta forma, el hueso debe ser rígido para soportar la deformación y absorción de energía durante la carga y también mantenerse flexible (Currey, 2001).

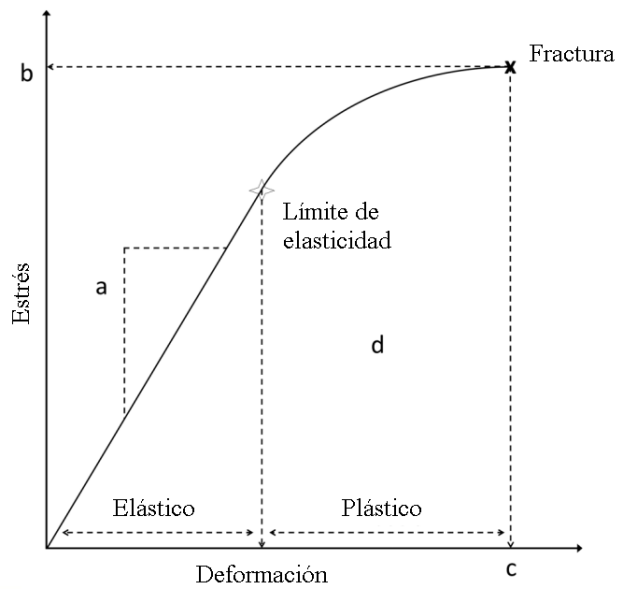
Las propiedades biomecánicas que determinarán la resistencia ósea se pueden dividir en propiedades intrínsecas (comportamiento del tejido, composición ósea, microestructura, microdaño) y propiedades extrínsecas (comportamiento del hueso completo, tamaño, masa ósea, macroestructura, forma), descrito en la Tabla 6 e ilustrado en la Figura 5 y 6 (Turner, 2002).

Tabla 6*Propiedades biomecánicas que determinan la resistencia ósea*

Propiedad	Biomecánica	Característica	Fuente
	Rigidez intrínseca del hueso (a-Figura 5)	Mineralización de la matriz de colágeno resiste la deformación elástica.	(Currey, 2001)
	Último esfuerzo (Resistencia) (b-Figura 5)	Fuerza máxima antes de fracturarse.	(Turner, 2002)
Intrínseca	Ductilidad (c-Figura 5)	Capacidad para deformarse (elástica o plásticamente) y adaptarse para evitar una fractura.	(Myers & Wilson, 1997)
	Tenacidad (d-Figura 5)	Cantidad de energía antes de fallar por microfisuras y microdaños fisiológicos.	(Currey, 2001)
	Rigidez (a-Figura 6)	Rigidez del hueso dependiente de la masa y rigidez intrínseca.	(Turner, 2006)
Extrínseca	Carga Máxima (Resistencia) (b-Figura 6)	Carga antes de la fractura, resistencia a la flexión, corte, tracción y compresión.	(Morgan & Bouxsein, 2008)
	Dureza (c-Figura 6)	Cantidad de energía necesaria para provocar una fractura.	(Turner, 2006)
	Ductilidad (d-Figura 6)	Deformación máxima que sufre el hueso completo antes de la fractura.	(Turner, 2006)

Figura 5

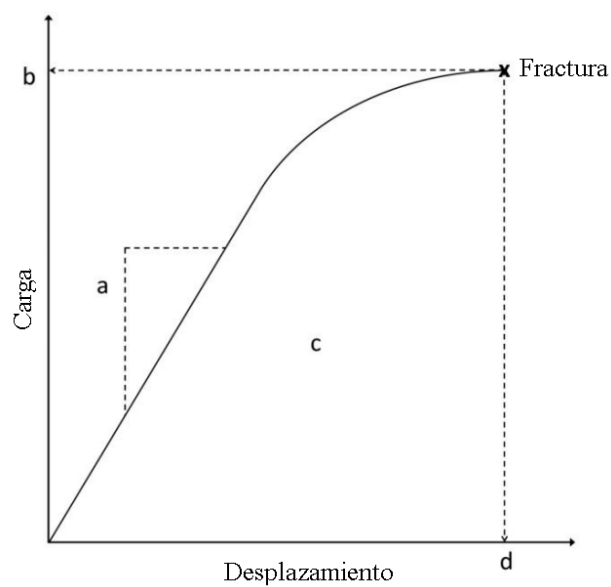
Curva de estrés-deformación para el tejido óseo



Nota. Tomado de *Bone strength in children: understanding basic bone biomechanics*, por Forestier Lydia, 2015.

Figura 6

Curva de carga-desplazamiento proveniente de pruebas biomecánicas de hueso completo



Nota. Tomado de *Bone strength in children: understanding basic bone biomechanics*, por Forestier Lydia, 2015.

2.1.2.1.2 Biomecánica básica de los músculos

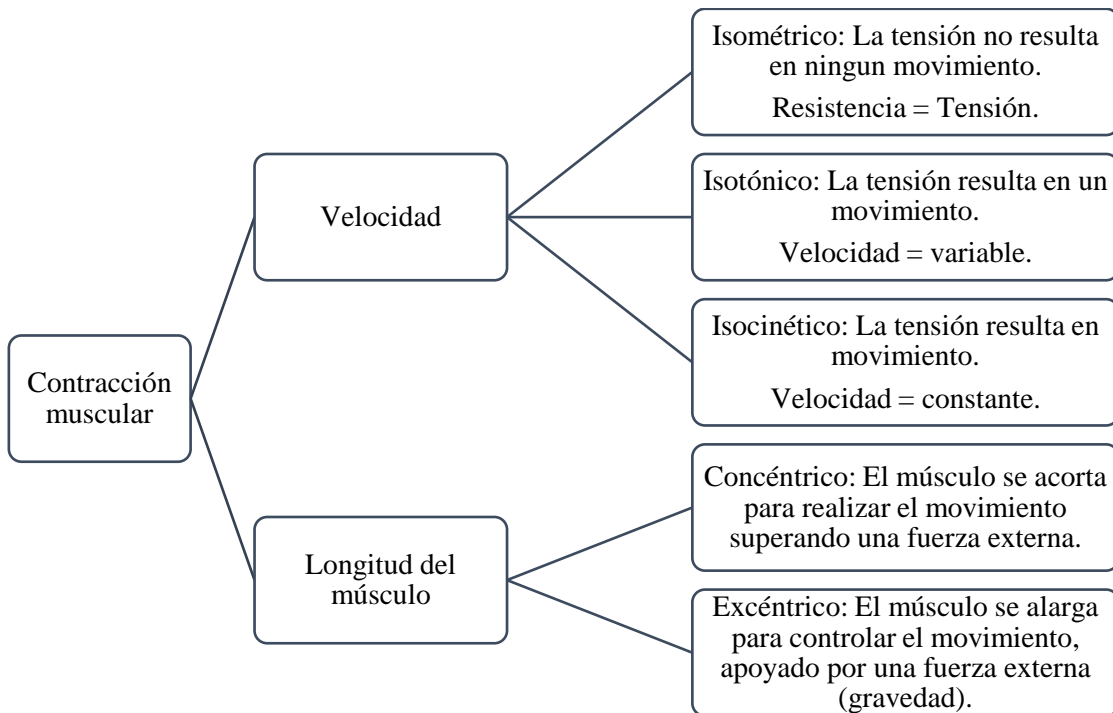
Los músculos producen fuerzas para mover los huesos mediante las articulaciones. Algunos músculos (75 pares) son responsables del movimiento y postura a través de la transferencia de tensión por su unión al sistema esquelético mediante los tendones. Para los tejidos musculares esquelético, cardíaco y liso se presentan cuatro propiedades conductuales:

- Contractilidad: capacidad del músculo para acortarse;
- Extensibilidad: capacidad del músculo para estirarse o aumentar su longitud;
- Elasticidad: capacidad del músculo para volver a su longitud normal de reposo después de un estiramiento;
- Irritabilidad: capacidad para responder a un estímulo (Likens & Stergiou, 2020).

La cantidad de tensión de un músculo activado es constante en toda su longitud, así como en los sitios de unión al hueso y tendones. La respuesta de desarrollo de tensión de un músculo a un estímulo se denomina contracción muscular y se las clasifica a continuación (Figura 7):

Figura 7

Clasificación de la contracción muscular según la velocidad y longitud del músculo



Nota. Adaptado de *Biomecánica Básica*, por Likens Aaron, 2020.

Los músculos pueden resistir o controlar las acciones excéntricas rápidas al producir el doble de fuerza isométrica máxima. Concéntricamente, a medida que la velocidad disminuye se produce más fuerza y el movimiento se vuelve más difícil. En contraste, excéntricamente, a medida que la velocidad aumenta se produce más fuerza. Esto produce cargas de trabajo altas a niveles de consumo de oxígeno más bajos que las mismas cargas producidas concéntricamente (Alexander, 2013). Las funciones de los músculos también dependen de la participación en el movimiento articular, pudiendo clasificarse de acuerdo con los roles durante el movimiento de la siguiente forma:

- Agonista: músculo(s) primario(s) que causan el movimiento;
- Antagonista: músculo(s) que actúan de forma opuesta al agonista al detener el movimiento;
- Estabilizador: músculos estabilizadores de las articulaciones;
- Neutralizador: Músculos que restringen la articulación para realizar el movimiento (Likens & Stergiou, 2020).

2.1.2.1.3 Biomecánica básica de las articulaciones

Las articulaciones controlan las capacidades de movimiento direccional de los segmentos del cuerpo. De esta forma, las diferencias en la rigidez, laxitudes relativas de los tejidos blandos circundantes y la composición anatómica otorgan las diferencias en los rangos de movimiento de las articulaciones (Hall, 2012). Por lo tanto, las articulaciones se pueden clasificar según las capacidades de movimiento y arquitectura anatómica de los huesos articulados:

Tabla 7

Clasificación de las articulaciones según las capacidades y arquitectura anatómica

Clasificación	Tipo	Subtipo
Articulaciones Inamovibles	<i>Sinartrosis:</i> mejor absorción del impacto.	<i>Suturas:</i> Las láminas óseas se unen de forma estrecha (p. ej. cráneo).
		<i>Sindesmosis:</i> El tejido fibroso denso une los huesos (p. ej. articulaciones entre la tibia y peroné).
Articulaciones Ligeramente Móviles	<i>Anfiartrosis:</i> Otorga más movimiento de los huesos adyacentes.	<i>Sincondrosis:</i> Huesos articulados se mantienen unidos por una capa de cartílago hialino (p. ej. placas epifisarias).
		<i>Sínfisis:</i> Delgadas placas de cartílago hialino separan un disco de fibrocartílago de los huesos.
Articulaciones móviles libremente	<i>Diartrrosis:</i> Las superficies óseas están cubiertas	<i>Deslizamiento:</i> Las superficies óseas articuladas permiten el movimiento en un plano (deslizamiento no axial).
		<i>Bisagra:</i> Una superficie ósea articulada permiten el movimiento en el plano sagital y alrededor del eje mediolateral (p. ej. tobillo).
		<i>Pivote:</i> Permiten el movimiento en un plano y alrededor del eje longitudinal (p. ej. articulación radiocubital).
		<i>Condiloide:</i> Permiten el movimiento biaxial, la

flexión/extensión y la
circunducción.

Silla de montar: Articulaciones
biaxiales con un mayor
movimiento (p. ej. articulación
carpometacarpiana del pulgar).

Bola y casquillo: Articulaciones
triaxiales que permiten el máximo
movimiento en los tres planos (p.
ej. articulación de la cadera).

Nota. Adaptado de *Basic Biomechanics*, por Hall Susan, 2012; y *Basic Biomechanics*, por Linkens Aaron, 2020.

2.1.2.2 Soporte Ergonómico para Biomecánica Ocupacional

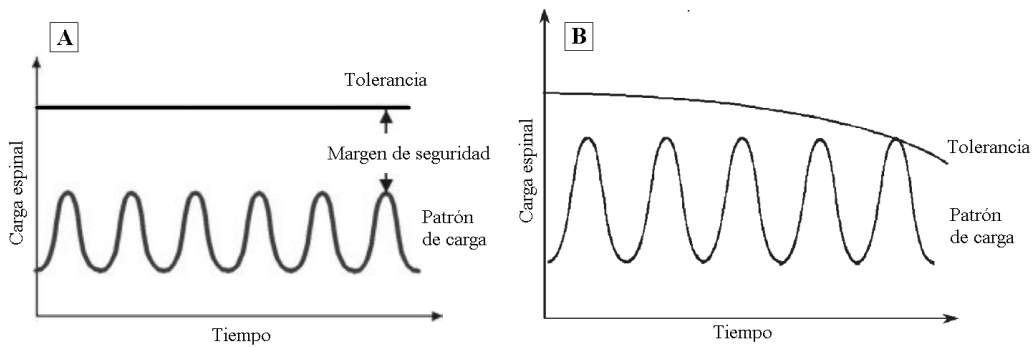
Resulta difícil acoplar todas las estructuras del cuerpo en un entorno biomecánico ideal, debido a que al mejorar las condiciones de un segmento suele comprometer las cosas para otra parte del cuerpo. Considerar las compensaciones biomecánicas asociadas con los requisitos de trabajo y restricciones de diseño del puesto de trabajo, permitirá predecir el riesgo en el lugar de trabajo durante la etapa de diseño (Marras, 2012). A continuación, se definen varios conceptos biomecánicos que se consideran durante la adecuación del puesto de trabajo en condiciones realistas:

2.1.2.2.1 Tolerancia de carga

Durante la aplicación de la biomecánica en la ergonomía se plantea adecuar los puestos de trabajo de tal forma que la carga impuesta no exceda la tolerancia de la estructura. Como se representa en la Figura 8A, el enfoque tradicional del riesgo biomecánico manifiesta que cuando la magnitud de la carga impuesta sobre una estructura es menor que la tolerancia del tejido. Entonces la tarea se considera segura y se tiene un margen de seguridad (McGill, 1997). No obstante, los ergonomistas amplían el concepto al incluir el punto en el que el tejido presenta una reacción inflamatoria, es decir, la tolerancia del tejido disminuye con el tiempo (Figura 8B) (Marras, 2012).

Figura 8

Desarrollo de un patrón de carga sobre una estructura corporal



Nota. Tomado de *Biomechanics and Workstation Design*, por Marras William, 2012.

2.1.2.2.2 Trauma agudo y acumulativo

Durante las actividades laborales existen dos tipos de traumatismos que afectan al cuerpo humano. Los traumas agudos ocurren cuando una sola aplicación de fuerza excede la tolerancia de carga de una estructura corporal durante una actividad (p. ej., levantamiento de cargas pesadas). Mientras que, los traumas acumulativos ocurren cuando se produce una reducción del límite de tolerancia debido al desgaste de la estructura por aplicación repetida o prolongada de la fuerza (King et al., 2021). Estos procesos producen dolores articulares crónicos, fuerza reducida, movimiento y movilidad reducida de los tendones (Marras, 2012).

2.1.2.2.3 Momentos y palancas

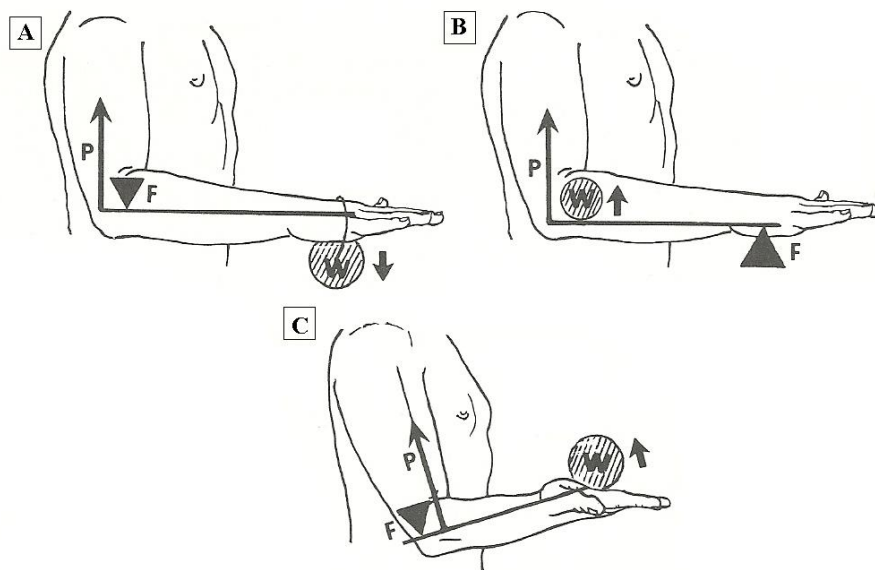
La carga impuesta sobre el cuerpo se define según la posición del peso en relación con el eje de rotación de la articulación y se denomina momento. De este modo, la carga articular es una función de dónde se sostiene la carga en relación con el eje articular y la masa del peso sostenido (Marras, 2012). Los momentos resultan ser una función de los sistemas de palancas del cuerpo, los más comunes son tres (Figura 9):

- Palancas de primera clase: tienen el punto de apoyo entre la carga impuesta en un extremo del sistema y una fuerza en el extremo opuesto del sistema;

- Palancas de segunda clase: el punto de apoyo se encuentra ubicado en un extremo de la palanca. Mientras que la fuerza opuesta está ubicada en el otro extremo del sistema, manteniendo la carga aplicada entre estos dos;
- Palancas de tercera clase: el punto de apoyo de la palanca se encuentra en un extremo del sistema. La carga aplicada actúa en el otro extremo y la fuerza opuesta actúa entre ambas.

Figura 9

Sistemas de palancas



Nota. Disposición mecánica de los huesos como palancas y músculos como fuentes de fuerza; Fuerza (P); Peso (W); punto de apoyo (F). A) Palancas de primera clase; B) segunda clase; y C) tercera clase.

2.1.2.2.4 Carga externa e interna

Las cargas externas son fuerzas que se imponen al cuerpo como resultado directo de la gravedad. La resistencia a las fuerzas de las estructuras musculoesqueléticas y las articulaciones se deriva de la elasticidad, factores de fricción, gravedad, resistencia de la estructura fija, resistencia manual y factores ambientales (NRCIM, 2001).

Con la finalidad de mantener el equilibrio, esta fuerza externa es contrarrestada por una fuerza interna generada por músculos del cuerpo. Por lo tanto, esta fuerza interna se debe suministrar con una desventaja biomecánica y debe ser mucho mayor que la carga externa para mantener el sistema musculoesquelético en equilibrio (Marras, 2012). La clave para un diseño ergonómico adecuado se basa en el principio de diseñar los lugares de trabajo de modo que se minimicen las cargas internas

2.1.3 *Enfermedad Ocupacional*

Actualmente, el desarrollo de seguridad, salud y bienestar en el trabajo está entrelazado con la globalización y el mundo laboral cambiante. En términos más generales, las organizaciones y las naciones requieren comprender la relación entre la salud y el bienestar de la fuerza laboral; y los demás factores que afectan el crecimiento económico nacional para mantener la productividad de los trabajadores. La investigación y las intervenciones para abordar la salud y el bienestar deben centrarse en los factores a nivel de la organización y la sociedad, ya que el bienestar individual no existe por sí solo o en un lugar de trabajo, sino dentro de un contexto social (Schulte & Vainio, 2010).

Los avances alcanzados por la Salud Pública a nivel internacional han traído consigo el desarrollo de la vigilancia epidemiológica, introduciendo nuevos enfoques y dirigiendo su trabajo hacia una vigilancia más amplia e integral. En consecuencia, un sistema de vigilancia debe tener capacidad funcional para la recopilación análisis y difusión de datos, vinculados a los programas o intervenciones de salud pública (Oyola, 2018).

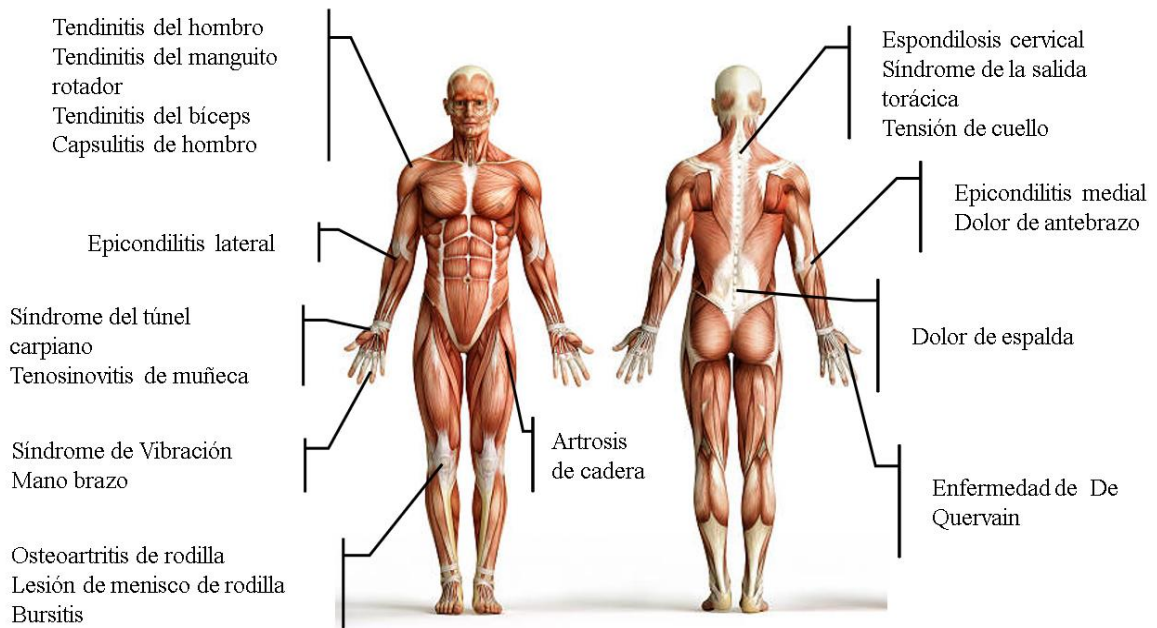
2.1.3.1 Trastornos Musculoesqueléticos

Los Trastornos Musculoesqueléticos (TME) se presentan en casi todas las ocupaciones y sectores productivos, con consecuencias físicas y económicas para quienes las padecen. La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo definen a los TME como las alteraciones de estructuras corporales (músculos, ligamentos, tendones, articulaciones, huesos), causadas por el trabajo y el entorno en el que se desarrolla. Estos trastornos pueden provocar dolor crónico y pérdida de la

función y son el mecanismo a través del cual los TME conducen a la discapacidad (Figura 10) (National Academies of Sciences, 2020).

Figura 10

Trastornos musculoesqueléticos comunes



Nota. Adaptado de *National Academies of Sciences, 2020.*

Se considera que la mayor parte de estos son acumulativos, producto de exposiciones prolongadas y repetidas a cargas más o menos pesadas durante un periodo de tiempo. Además, es producto de traumatismos agudos (fracturas) (EU-OSHA, 2007). La Administración del Seguro Social de los EE. UU señaló tres categorías de trastornos musculoesqueléticos que resultan ser las más incapacitantes:

2.1.3.1.1 Trastornos de la espalda (Dolor lumbar crónico)

El dolor lumbar crónico involucra diversos factores fisiopatológicos, cognitivos, emocionales y sociales que contribuyen a su aparición, mantenimiento y deterioro relacionado. Se definen como la persistencia del dolor, asociado con angustia emocional o deterioro funcional, durante al menos 3 meses en la zona lumbar (entre el margen inferior de las costillas y los pliegues de los glúteos). El dolor lumbar crónico progresa en el tiempo, implicando cambios anatómicos y funcionales persistentes en el sistema

nervioso central, así como modificaciones estructurales en la espalda como cambios espinales degenerativos, atrofas o asimetrías de músculos (Deyo et al., 2014). Del mismo modo, se asocia con anomalías neurológicas asociadas con la raíz del nervio espinal, causando dolor radicular a la extremidad inferior (ciática) y una peor severidad del dolor lumbar crónico (National Academies of Sciences, 2020).

2.1.3.1.2 Osteoartritis (Cadera, rodilla, muñeca y mano)

Comprende una familia de trastornos articulares degenerativos, como resultado de una combinación compleja de cambios articulares genéticos, metabólicos, biomecánicos y bioquímicos que pueden afectar a toda la articulación y tejidos circundantes. Además, es una enfermedad que destruye la estructura articular sinovial de forma progresiva, así como el cartílago articular en respuesta al estrés, lesiones, sobrecarga mecánica y edad (Y. Zhang & Jordan, 2010).

Los síntomas incluyen: movimiento reducido, aumento progresivo de dolor, rigidez/hinchazón/sensibilidad/inestabilidad de las articulaciones, uso excesivo de grupos musculares y crepitación con el movimiento (Frontera et al., 2020). La susceptibilidad a osteoartritis tiene una etiología multifactorial y puede considerarse el producto de una interacción entre factores sistémicos y locales:

- Factores sistémicos: edad, género (hormonas), raza, genética, condiciones congénitas, dieta, densidad ósea;
- Factores locales: obesidad, lesiones o cirugías, ocupación, actividad física, factores mecánicos, alineación, laxitud (Y. Zhang & Jordan, 2010).

Según Yelin et al. (2016), las articulaciones más comúnmente afectadas son las que soportan peso (caderas y rodillas) y las que no soportan peso (manos y muñecas) (Tabla 8).

Tabla 8*Osteoartritis principales causantes de deterioro musculoesquelético*

Patologías	Efectos
Artrosis de rodilla	Afecta los comportamientos medial y lateral de la rodilla, pérdida progresiva del cartílago articular, esclerosis del hueso subcondral y formación de osteofitos. Provocando dolor, deterioro de funciones, deformidad y contractura de articulaciones.
Artrosis de cadera	Provoca dolor en la ingle y glúteos, rigidez y limitaciones funcionales (aumentando con la actividad).
Artrosis de mano	Los síntomas incluyen dolor, limitación en la función, fuerza de agarre reducida, cambios hipertróficos en articulaciones, sensibilidad sobre articulación carpometacarpiana de pulgar.
Artrosis de muñeca	Degeneración de las superficies articulares entre el radio distal y la fila proximal de huesos del carpo. Los síntomas se presentan en forma de dolor, hinchazón, rigidez y crepitaciones.

Nota. Adaptado de *Essentials of physical medicine and rehabilitation: musculoskeletal disorders, pain, and rehabilitation*, por Frontera et al., 2020.

2.1.3.1.3 Otras artropatías (Artritis reumatoide y Artritis psoriásica)

Son afecciones que se caracterizan por inflamación de articulaciones, en las que se incluyen la artritis reumatoide, artritis psoriásica, espondilitis anquilosante, artritis idiopática juvenil, lupus eritematoso sistémico, entre otros (Tabla 5) (Sangha, 2000).

Tabla 9*Otras afecciones que producen inflamación en las articulaciones.*

Patología	Descripción	Fuente
Artritis reumatoide	Afecta a pequeñas articulaciones de las manos y pies, corazón, ojos y pulmones. Causa rigidez, inflamación en articulaciones sinoviales, erosión del cartílago y hueso, dolor y deformidades que causarán limitaciones funcionales.	(National Institute for Health and Care Excellence, 2018)

Artritis psoriásica	Enfermedad inflamatoria crónica de articulaciones, columna vertebral y las entesis. Existen cinco subtipos reconocidos: oligoartritis; poliartritis; enfermedad predominante de la articulación interfalángica distal; sacroilitis; y artritis mutilante.	(Coates & Helliwell, 2017)
---------------------	---	----------------------------

2.1.3.2 Factores de Riesgo Biomecánicos

La biomecánica ocupacional implica un análisis detallado de las secciones estructurales del cuerpo utilizadas para realizar las habilidades laborales obligatorias. La evaluación biomecánica tiene como enfoque, caracterizar la situación del sistema hombre-trabajo mediante una representación o modelo matemático que represente los conceptos biomecánicos. Esto ayuda a comprender la respuesta del cuerpo humano frente a los diversos efectos asociados con la exposición a los factores o su combinación, que aumentan el riesgo de TME (Tabla 10):

Tabla 10

Factores que contribuyen al riesgo de trastornos musculoesqueléticos.

Factores de Riesgo	Descripción
Físicos	Aplicación de fuerza
	Movimientos repetitivos
	Posturas forzadas y estáticas
	Vibraciones
	Factores dinámicos
	Compresión mecánica
	Temperatura
	Iluminación
	Ruido
Organizativos y psicosociales	Alta exigencia en el trabajo
	Nivel de satisfacción
	Monotonía y repetitividad en el trabajo
	Falta de apoyo
Factores individuales	Historial médico
	Edad
	Tipo de dieta
	Alcohol y tabaquismo
	Capacidad física

Nota. Tomado de *Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral*, por Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2007.

Un análisis completo de un trabajo requiere la identificación de la mayoría de los factores de riesgo presentes, así como la caracterización de factores modificadores importantes, que pertenecen al ambiente de trabajo como:

- Intensidad o magnitud, correspondiente a la fuerza de la exposición;
- Duración de la exposición a lo largo del ciclo de trabajo según los objetivos del análisis;
- Perfil temporal según el patrón en el que la exposición se distribuye en el ciclo de trabajo;
- Temperaturas frías que exacerbaban los efectos de otros factores de riesgo (Shaw, 2005; Warren & Sanders, 2004).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

La constitución de la Republica del Ecuador en su artículo 326, literal 5 determina que: “(...) Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar” (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, Artículo 326).

2.2.2 Decisión 584

En su artículo 1, literal e define al Riesgo Laboral como “(...) Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión (...)” (Instrumento Andino de Seguridad y Salud En El Trabajo, 2004, Artículo 1).

En su artículo 4 define que: “(...) los Países Miembros deberán propiciar el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, a fin de prevenir daños en la integridad física y mental de los trabajadores que sean consecuencia,

guarden relación o sobrevengan durante el trabajo (...)” (Instrumento Andino de Seguridad y Salud En El Trabajo, 2004, Artículo 4).

En su artículo 18 establece que: “Todos los trabajadores tienen derecho a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar (...)” (Instrumento Andino de Seguridad y Salud En El Trabajo, 2004).

2.2.3 *Código del Trabajo del Ecuador*

En el artículo 42 numeral 2, establece que: “Instalar las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares de trabajo, sujetándose a las medidas de prevención, seguridad e higiene del trabajo y demás disposiciones legales y reglamentarias, tomando en consideración, además, las normas que precautelan el adecuado desplazamiento de las personas con discapacidad” (Código Del Trabajo, 2012, Artículo 42).

El artículo 139 se establecen: “Límites máximos de carga para mujeres y adolescentes de quince años” (Código Del Trabajo, 2012, Artículo 139).

En su artículo 172 numeral 7 establece que el empleador puede dar por terminado el contrato (previo visto bueno) cuando: “Por no acatar las medidas de seguridad, prevención e higiene exigidas por la ley, por sus reglamentos o por la autoridad competente; o por contrariar, sin debida justificación, las prescripciones y dictámenes médicos” (Código Del Trabajo, 2012, Artículo 172).

El artículo 347 define a los riesgos del trabajo como: “Riesgos del trabajo son las eventualidades dañosas a que está sujeto el trabajador, con ocasión o por consecuencia de su actividad. Para los efectos de la responsabilidad del empleador se consideran riesgos del trabajo las enfermedades profesionales y los accidentes” (Código Del Trabajo, 2012, Artículo 347).

El artículo 349 define a las enfermedades profesionales como: “Enfermedades profesionales son las afecciones agudas o crónicas causadas de una manera directa por

el ejercicio de la profesión o labor que realiza el trabajador y que producen incapacidad” (Código Del Trabajo, 2012, Artículo 349).

El artículo 424 establece que: “En todo medio colectivo y permanente de trabajo que cuente con más de diez trabajadores, los empleadores están obligados a elaborar y someter a la aprobación del Ministerio de Trabajo y Empleo por medio de la Dirección Regional del Trabajo, un reglamento de higiene y seguridad, el mismo que será renovado cada dos años” (Código Del Trabajo, 2012).

2.2.4 Decreto Ejecutivo 2393

En su Artículo 11 literal 3, establece que es obligación de los empleadores: “Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.” (Reglamento de Seguridad y Salud de Los Trabajadores, 2003, Artículo 11).

2.2.5 Acuerdo Ministerial 135

En el Artículo 10 define que: “El empleador deberá efectuar el registro, aprobación, notificación y/o reporte de obligaciones laborales en materia de seguridad y salud en el trabajo (...), literal r “Medidas de seguridad, higiene y prevención” (Instructivo Sobre Los Requerimientos de Documentación Para El Ingreso y Desvinculación Del Personal Del Sector Público, 2020).

2.2.6 Resolución C.D. 513

El Artículo 14, establece que: “se tomarán como referencia las metodologías aceptadas y reconocidas internacionalmente por la Organización Internacional del Trabajo, OIT; la normativa nacional; o las señaladas en instrumentos técnicos y legales de organismos internacionales de los cuales el Ecuador sea parte.” (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2017, Artículo 14).

El Primer Anexo considera las siguientes enfermedades profesionales: “Enfermedades causadas por otros agentes físicos en el trabajo no mencionados en los

puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes físicos que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador” (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2017).

Del mismo modo, se establecen las enfermedades del sistema osteomuscular como: tenosinovitis y bursitis específicas, epicondilitis, lesiones de menisco, síndrome del túnel carpiano y otros trastornos que tengan vínculo directo con las actividades laborales. Así como un cuadro valorativo de incapacidades parciales permanentes por pérdida o disminución de los movimientos (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2017).

2.2.7 Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas

El Artículo 1 define a la ergonomía como “la técnica que se ocupa de adaptar el trabajo al hombre, teniendo en cuenta sus características anatómicas, fisiológicas, psicológicas y sociológicas con el fin de conseguir una óptima productividad con un mínimo esfuerzo y sin perjudicar la salud.” (Reglamento de Seguridad y Salud Para La Construcción y Obras Públicas, 2008).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 *Datos generales*

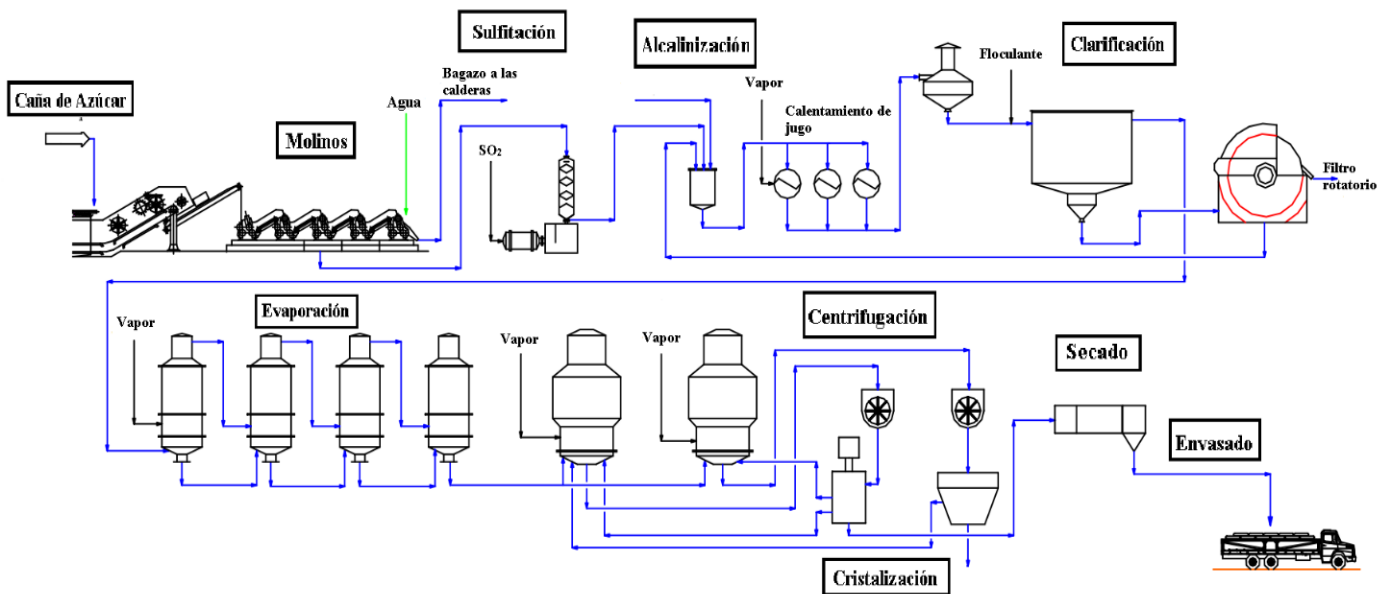
La industria azucarera es una de las principales industrias agrícolas que juega un importante papel en el desarrollo de nuestro país (4 752 plazas de empleo). Para el 2019, en Ecuador existieron 47 empresas dedicadas al cultivo de caña de azúcar y 8 empresas a la elaboración y refinado de azúcar de caña. En el mismo año (Corporación Financiera Nacional, 2021), se determinó que la superficie total cosechada fue de 121 812 hectáreas, con una producción de 9 257 700 toneladas métricas. Guayas abarcó la mayor producción (82%) y un rendimiento de 76,1 Tm/ha, mientras que, Imbabura abarcó el 3% con un rendimiento de 120,8 Tm/ha (Corporación Financiera Nacional, 2021).

La empresa de producción de azúcar posee una superficie industrial de 6 hectáreas, distribuidas en diversas áreas como son: área de preparación, extracción, recepción, administración y centro médico. En cuanto a la obtención de materia prima e insumos, el ingenio azucarero cuenta con aproximadamente 450 productores de caña de azúcar, 50 proveedores de insumos para producción, maquinaria, instrumentos, entre otros, así como 200 proveedores de diferentes servicios.

El azúcar de caña es producido a partir de la caña triturada e involucra dos operaciones distintas: el procesamiento de caña en azúcar sin refinar y el procesamiento del azúcar sin refinar en azúcar refinada. Como principales procesos de producción de azúcar se incluyen: recepción y almacenamiento, preparación y extracción, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación, secado, envase, almacenamiento y despacho (Figura 11).

Figura 11

Procesos en la elaboración de azúcar a base de caña.



Nota. Adaptado de *Biofuels for Transport*, por Brito Carlos y otros, 2014.

3.1.2 Población y Muestra

La empresa cuenta con 300 trabajadores en planta, distribuidos en el área de logística, producción, laboratorios, almacenamiento y despacho de materiales, agricultura, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, administración y finanzas, talento humano, auditor interno y gerencia general, quienes laboran en turnos diferentes (Tabla 11).

Tabla 11

Diferentes turnos en el personal de la empresa

Tipo de turno	Horario		
A		7:15-15:10	
B	6:00-14:00	14:00-22:00	22:00-6:00
C		8:15-16:30	

Fuente: propia.

Para el presente estudio se ha delimitado la población al área de producción de azúcar (aproximadamente 106 trabajadores). Mediante criterios de inclusión y selección se ha determinado el tamaño de la muestra aleatoria de 35 trabajadores. Además, se ha

tomado en cuenta a los trabajadores por puestos de trabajo, como se indica en la siguiente tabla 12:

Tabla 12

Identificación de los puestos de trabajo en la empresa de producción de azúcar.

Área	Puesto de trabajo	Muestra	Turno	Total
Recepción y almacenamiento	Operador grúa	1	C	1
	Recogedor de patio	1		1
	Operador de payloader	1		1
Preparación y extracción	Operario alimento. Conducción CA	1	B	4
	Operador de automatismo de molinos	1		4
	Asistente de molinos	1		4
	Operador mecánico de molinos	1		4
	Operario conducción jugos y bagazo	1		4
Clarificación	Operador de alcalización y filtros	1	B	4
	Operador pre evaporador / clarificador	1		4
Evaporación	Operador de evaporadores	1	B	4
Cristalización	Tachero de primera	1	B	4
	Tachero de segunda	1		4
	Operador cristalizadores	1		3
Centrifugación	Centrifugero	1	B	4
	Operador centrifugas de primera	1		4
Secado	Operador secadora y clarificación-meladura	1	B	3
Almacenamiento y despacho	Ayudante de bodega de materiales	11	B	17
Adicional	Operador bombas de agua	1	P	4
	Mecánico de fábrica	1	B	4
	Lubricador ayudante mecánico	1	B	4
	Operador de caldero	1	B	4
	Ayudante de operador de caldero	1	B	4
	Bagacero	2	B	12
Total		35	Total	106

Fuente: propia.

3.1.3 Criterios de Selección

3.1.3.1 Criterio de inclusión

- Trabajadores del área de producción sin distinción de edad, género o raza, que operan con el horario de 6:00-15:10.

3.1.3.2 Criterio de exclusión

- Trabajadores que se ausentaron del área de producción durante el desarrollo del estudio;
- Trabajadores que no realizan las actividades en el área de producción.

3.1.3.3 Criterio de eliminación

- Trabajadores con reposo médico;
- Trabajadores que no completaron el cuestionario administrado;
- Trabajadores que se negaron a finalizar el estudio.

3.2 Enfoque y tipo de investigación

3.2.1 Enfoque

3.2.1.1 Cuantitativo

Se aplicó un enfoque cuantitativo debido a que la recolección de datos se fundamentó en procedimientos estandarizados, con base en la medición numérica, y que permitió establecer un patrón de comportamiento y descripción del fenómeno o problema de investigación (Hernández, 2014).

3.2.2 Modalidad de la investigación

3.2.2.1 Modalidad bibliográfica

Es una herramienta fundamental en la investigación científica, utilizada para recopilar y analizar información relevante a través de fuentes bibliográficas y documentales. Según Hernández (2014), la investigación documental "consiste en la búsqueda, selección, clasificación, análisis y síntesis de la información contenida en diferentes tipos de documentos, con el fin de responder a una problemática específica" (p. 120). Algunas de las aplicaciones incluyen:

- Identificación y análisis de antecedentes;
- Fundamentación teórica;
- Revisión de literatura;
- Análisis comparativo.

3.2.2.2 Modalidad de campo

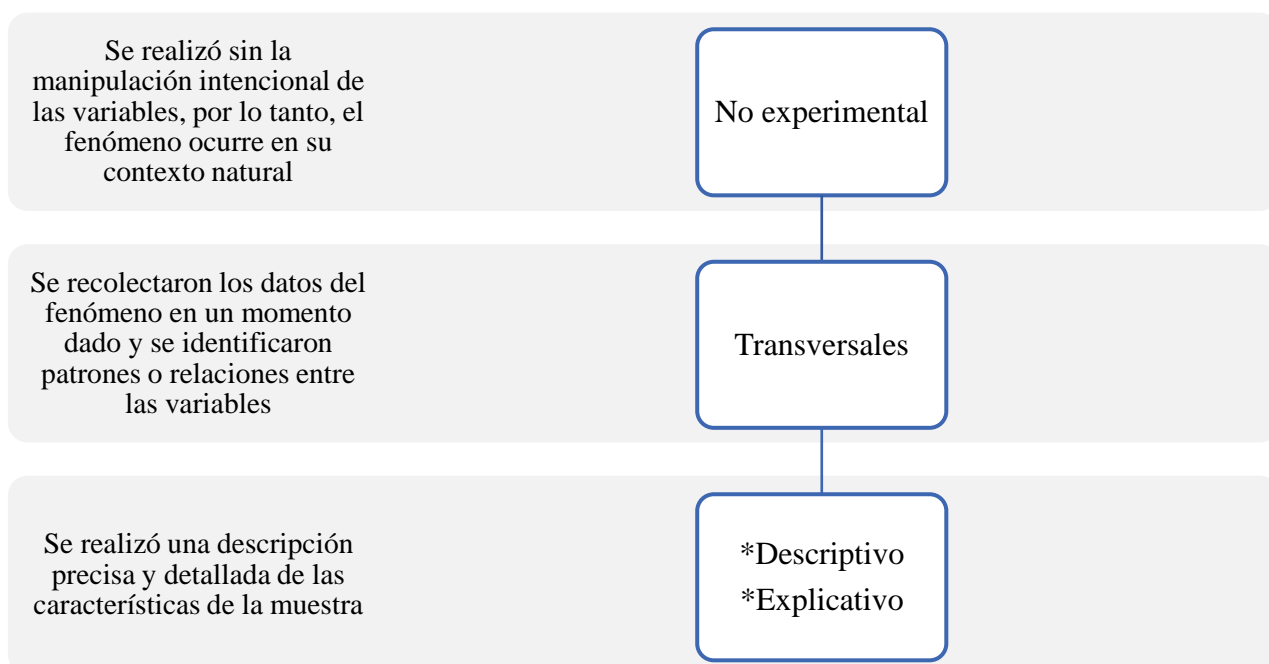
Implica la recopilación de datos a través de la observación directa y la interacción con personas, objetos o fenómenos proporcionando una representación más precisa de los fenómenos en estudio. Según Bryman (2016), la investigación de campo brinda la oportunidad de recopilar datos profundos, ricos y contextualizados que no se pueden obtener a través de otros métodos. Los datos del tema de investigación se obtuvieron del área de producción de azúcar, por medio de recorridos guiados, observación de actividades y registros fotográficos.

3.2.3 Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente estudio se aplicó el siguiente tipo de investigación (Figura 12):

Figura 12

Diseño de la investigación para la intervención ergonómica en la empresa de producción de azúcar



Fuente: propia.

3.2.4 Identificación y operacionalización de las variables

La variable independiente para el presente estudio fue definida como los factores de riesgo biomecánico, mientras que la variable dependiente fue la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

3.2.4.1 Operacionalización de la variable independiente

Tabla 13

Operacionalización de la variable independiente: Factores de riesgo biomecánico

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumento
Factores de riesgo biomecánico	Conjunto de condiciones propias del puesto de trabajo, que determinan las exigencias físicas	Métodos de evaluación e identificación de factores de riesgo	Posturas estáticas	Ángulo de flexión Ángulo de inclinación lateral/anterior/posterior	Técnica: Evaluación Instrumento: ISO 11226

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumento
	impuestas al trabajador y que inciden en la probabilidad de desarrollar una lesión			<p>Ángulo de rotación</p> <hr/> <p>Relación mano/hombro</p> <hr/> <p>Distancias corporales</p> <hr/> <p>Tiempos de permanencia</p>	
			Movimientos repetitivos	<p>Frecuencia de movimiento</p> <hr/> <p>Amplitud de movimiento</p> <hr/> <p>Esfuerzo muscular</p> <hr/> <p>Postura del cuerpo</p> <hr/> <p>Duración de la tarea</p>	<p>Técnica: Evaluación</p> <p>Instrumento: ISO 11228-3</p>
			Manejo manual de cargas	<p>Características de la carga</p> <hr/> <p>Distancia horizontal/vertical</p> <hr/> <p>Frecuencia de levantamiento</p> <hr/> <p>Duración de la tarea</p> <hr/> <p>Posturas adoptadas durante el levantamiento</p> <hr/> <p>Tipo de agarre</p>	<p>Técnica: Evaluación</p> <p>Instrumento: ISO 11228-1</p>

Fuente: propia.

3.2.4.2 Operacionalización de la variable dependiente

Tabla 14*Operacionalización de la variable dependiente: Aparición de TME*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumento
Aparición de TME	Es una lesión relacionada con el trabajo de huesos, músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios o vasos sanguíneos.	Cuestionario estandarizado para la detección y análisis de síntomas musculoesquelético.	Factores contribuyentes	Edad, peso, talla, años de servicio, horas de trabajo semanales	Técnica: Evaluación Instrumento: Cuestionario nórdico estandarizado de Kuorinka
			Problemas del aparato locomotor	Puntuación por dolor, molestias, disconfort en: cuello, hombro espalda, cadera, extremidades superiores e inferiores. Impedimento para realizar el trabajo normal en los últimos 12 meses	
				Problemas en los últimos 7 días	

Fuente: propia.

3.3 Procedimientos

Para el desarrollo de la investigación se examinó el alcance del problema de los peligros biomecánicos durante la producción de azúcar a base de caña, mediante la recopilación de información empresarial, determinación de las regiones corporales de interés, evaluación de riesgos y análisis de resultados. Como se describe a continuación:

3.3.1 Instrumentos y Técnicas

3.3.1.1 Registros históricos y documentos

Mediante este método de indagación se analizaron las experiencias pasadas (periodo 2022) y las condiciones médicas preexistentes (lesiones, enfermedades o accidentes) de la muestra de estudio que pudieran tener un efecto en la situación de

salud actual de los trabajadores. Estos registros proporcionaron información relevante para la comprensión de las necesidades ergonómicas en el lugar de trabajo. Así como la susceptibilidad a ciertos riesgos ergonómicos.

3.3.1.2 Observación Investigativa Abierta

Mediante la observación abierta, los trabajadores reconocen la presencia del investigador (participación pasiva) y se establecen métodos inclusivos para registrar las múltiples visiones de la población objeto de estudio, sin inducir respuestas o comportamientos ajenos a los que se producirían de manera natural. A modo que no interfieran en la recolección de datos. De esta forma, se logró:

- Analizar los procesos de trabajo y la interacción entre los trabajadores del área de producción de azúcar, máquinas y sistemas;
- Obtener información adicional de los puestos de trabajo, condiciones de trabajo, posturas, herramientas utilizadas, movimientos y otros factores relacionados.

3.3.1.3 Análisis Biomecánico

Para el análisis biomecánico se recopilaron datos antropométricos necesarios para caracterizar la morfología de los trabajadores. Del mismo modo, se identificaron los segmentos corporales y articulaciones involucradas en la tarea o actividad. Para la determinación de los segmentos corporales que se presuponen no deformables (tronco, muslos, piernas, pies, brazos, antebrazos, manos, cabeza y cuello), se establecieron dos puntos que definieron su eje longitudinal, correspondientes al punto proximal (inicio) y punto distal (final) (Diego, 2015). Mediante el anexo A de la norma ISO 11226:2000, se definieron los datos biomecánicos específicos para cada segmento corporal y articulación, como ángulos articulares y los rangos de movimiento, basado en el uso de medidas bidimensionales.

3.3.1.4 Software ErgoSoft PRO-5.0

Es una plataforma de servicios que brinda 19 metodologías diferentes de evaluación de riesgos y, de esta manera, recopilar datos de forma rápida, generar informes de riesgos, gestión de tareas y las correspondientes medidas correctivas.

Mediante esta herramienta se evaluaron y clasificaron los puestos de trabajo del área de producción de azúcar, analizando factores como la postura, movimiento, manejo de cargas, entre otros aspectos relacionados con la ergonomía laboral. Del mismo modo, se generaron informes detallados sobre los análisis realizados para documentar y dar seguimiento a las medidas preventivas en relación con la salud ocupacional.

3.3.2 Cuestionario Nórdico Estandarizado

La primera herramienta aplicada fue el Cuestionario Nórdico Estandarizado de lesiones, desarrollado por Kuorinka (1987) para servir como instrumento en la detección de Trastornos Musculoesqueléticos bajo un contexto ergonómico; recopilación de datos epidemiológicos; y para ayudar a definir el fenómeno y su relación con los factores laborales en tiempo y espacio (Kuorinka et al., 1987).

El cuestionario nórdico se centra en los síntomas más comunes que experimentan los trabajadores expuestos a demandas físicas, especialmente aquellas relacionadas con aspectos biomecánicos. Al utilizar este cuestionario, es importante considerar los objetivos para los cuales fue creado, los cuales son los siguientes (Ibacache, 2017):

- Permite la detección temprana de síntomas musculoesqueléticos y su relación con el trabajo, así como la localización de las áreas corporales más afectadas;
- Facilita el procesamiento de datos para la comparación de resultados entre diferentes estudios, seguimiento de las correcciones implementadas en los puestos de trabajo y evaluar la evolución de la salud de los trabajadores con TME (Ibacache, 2017).

3.3.2.1 Estructura del cuestionario

El cuestionario general abordó los problemas musculoesqueléticos según las nueve regiones corporales, que manifiestan la presencia de molestias o dolor del encuestado. El cuestionario general fue administrado en forma de entrevista, aplicado por un encuestador y estuvo constituido por dos secciones:

- La primera sección, consta de datos generales como el sexo, año de nacimiento, estatura, permanencia en el puesto de trabajo y horas de trabajo semanales. A su vez, se identifican los problemas en el aparato locomotor durante los últimos 12 meses;
- La segunda sección, se relaciona con el impacto de los síntomas, reportados en la primera sección, durante el cumplimiento de las tareas o actividades (Ibacache, 2017).

3.3.3 Método ISO/TR 12295:2014

El informe técnico ISO/TR 12295 ofrece una metodología de evaluación en función de los riesgos específicos presentes para pequeñas y medianas empresas, así como para actividades no profesionales. Del mismo modo, tiene como alcance proporcionar al investigador criterios de evaluación rápida y procedimientos para identificar las situaciones que requieran la aplicación de las Normas Internacionales sobre manipulación manual ISO 11228 e ISO 11226. Este documento de aplicación reconoce las actividades aceptables o críticas de acuerdo con dos niveles de aproximación:

- Primer nivel: diseñado con preguntas clave sobre: levantamiento y transporte de cargas, empuje y tracción de cargas, movimientos repetitivos de la extremidad superior y posturas estáticas. De esta forma, permiten evaluar si existe relevancia de las condiciones y direccionar al evaluador a la norma apropiada en caso de existir peligros potenciales.
- Segundo nivel: uso de escenarios predefinidos que evalúan de forma rápida la presencia o ausencia de riesgo significativo y las respectivas condiciones críticas. En caso afirmativo se utiliza el estándar específico: ISO 11228 1-3 e

ISO 11226, que brinda un análisis más detallado (Organización Internacional de Normalización, 2014).

Los resultados obtenidos de la evaluación rápida permiten discriminar los casos fácilmente observables, mediante el uso de tres criterios de identificación de factores de riesgo:

- Código verde: no hay factores de riesgo presentes;
- Código rojo: hay presencia de factores de riesgo que requieren un nivel de acción;
- Nivel indeterminado: no se puede determinar con facilidad los factores de riesgo, es necesaria la evaluación específica.

3.3.4 Norma Técnica ISO 11226:2000: Evaluación de Posturas de Trabajo Estáticas

Esta norma internacional evalúa las posturas de trabajo estáticas, especifica los límites recomendados para posturas que requieran fuerzas externas mínimas considerando los ángulos corporales (basado en el riesgo de sobrecarga de estructuras pasivas) y el tiempo de mantenimiento. Del mismo modo, recomienda que el trabajo tenga suficiente variación o combinación de tareas, tanto físicas como mentales. La norma propone un procedimiento que analiza de forma individual varios segmentos corporales y articulaciones en los siguientes pasos:

- Determinación de la postura del tronco
- Determinación de la postura de la cabeza
- Determinación de la postura del hombro y del brazo
- Determinación de la postura del antebrazo y de la mano
- Determinación de la postura de las extremidades inferiores.

3.3.5 Norma Técnica ISO 11228-1:2003: Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y Transporte

Se especifican los lineamientos de peso recomendados durante el levantamiento y manejo manual de cargas, considerando la frecuencia, intensidad, duración y la zona de importancia. Del mismo modo, establece la metodología para evaluar los límites recomendados de peso transportado al día. La evaluación del riesgo en las actividades de transportar, bajar o levantar se realiza siguiendo 5 pasos:

- Paso 1: se requiere determinar la masa del objeto y comparar con la masa de referencia (masa máxima de 25 kg);
- Paso 2: comparar la masa del objeto y la frecuencia con los límites recomendados de masa en función de la frecuencia (frecuencia máxima de 15 movimientos por minuto), en actividades de hasta una hora;
- Paso 3: determinar si la masa del objeto está por debajo de los límites recomendados, aplicando el método de evaluación de NIOSH;
- Paso 4: comparar el peso diario acumulado con los valores límites;
- Paso 5: determinar si la masa diaria acumulada y distancia de transporte permanecen debajo de los valores límite (Becker, 2009).

3.3.6 Norma Técnica ISO 11228-2:2007: Ergonomía. Manejo manual. Parte 2: Empujar y Halar

Esta norma proporciona los valores límite recomendados para las actividades que involucren empujar y halar. Para la identificación del riesgo se determinan los parámetros de fuerza, frecuencia, duración, postura, distancia, características ambientales e individuales. A su vez, se examinan las capacidades biomecánicas, fisiológicas y psicofísicas. El procedimiento de evaluación considera dos métodos:

- Método 1: evaluación simple mediante listas de verificación y tablas psicofísicas que evalúan de forma rápida una tarea determinada;
- Método 2: adopta un procedimiento dividido en cuatro partes (Límites de fuerza muscular, límites de fuerza esquelética, fuerzas máximas permitidas y límites de seguridad) que determinan el nivel de riesgo. Los datos obtenidos son clasificados en riesgos aceptables (zona verde), aceptables condicionados (zona amarilla) e inaceptables (zona roja) (Becker, 2009).

3.3.7 Norma Técnica ISO 11228-3:2007: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia

Es un criterio experimental que determina la exposición al riesgo de trastornos musculoesqueléticos asociados a las extremidades superiores. Este método de evaluación es aplicado en puestos de trabajo con movimientos repetidos con ciclos definidos y tiene como objetivo identificar, descartar, agrupar y clasificar situaciones que constituyan un riesgo en función de su gravedad. El método considera factores de origen físico o mecánico, como son:

- Recuperación
- Repetitividad
- Frecuencia
- Fuerza
- Postura
- Factores adicionales.

El respectivo Índice de Exposición (IE) está dado por la relación entre la suma de acciones técnicas realizadas por cada extremidad superior en las tareas caracterizadas por movimientos repetidos a lo largo del turno (A_e), y el número recomendado para esa tarea (A_r). Se considera que el nivel de exposición comienza a significar riesgo de lesión musculoesquelética cuando el IE es mayor a 2,2.

3.4 Procesamiento de datos e Hipótesis

La información obtenida de los registros históricos del dispensario médico, Cuestionario Nórdico y la aplicación de las normativas antes mencionadas fueron analizadas por estadística descriptiva. Por otra parte, se aplicará estadística inferencial para validar la siguiente hipótesis de investigación:

La magnitud de los riesgos presentes en los puestos de trabajo, juntamente con la situación actual de las condiciones sociodemográficas y laborales de los trabajadores, no favorece la situación actual de la empresa en cuanto a Salud e Higiene Ocupacional (SHO).

3.5 Consideraciones bioéticas

La presente investigación fue desarrollada con la aprobación del Gerente General y bajo la supervisión del Auxiliar de Seguridad e Higiene en el Trabajo de la empresa de producción de azúcar. Adicionalmente, el registro de datos se lo realizó con el consentimiento de los trabajadores previo a la explicación del proyecto de investigación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los últimos años, la reducción de los riesgos ergonómicos en la industria se ha vuelto crucial para las empresas, demostrando que las sobrecargas relacionadas con las posturas de trabajo incómodas, las tareas o acciones repetitivas y el exceso de esfuerzo físico pueden causar trastornos musculoesqueléticos. En el siguiente estudio, se realizó una evaluación ergonómica y la recopilación de datos específicos a los trabajadores del área de producción de azúcar, mediante el uso del Cuestionario Nórdico Estandarizado y la guía de aplicación de las metodologías para la evaluación de riesgos ergonómicos (ISO TR 12295:2014).

4.1 Situación Actual de la Empresa

4.1.1 Datos sociodemográficos

En total, se recolectó información de 35 trabajadores que pertenecen al área de producción. En la Tabla 15, se observa que el 50% de los trabajadores tienen entre 30 y 48 años, con una media (M) de 38,54 años y una desviación estándar (D.E.) de 10,86.

Tabla 15

Características personales de los trabajadores en el estudio (n=35)

Características	M (D.E.)	Rango
Edad (años)	38,54 (10,86)	21-59
Estatura (metros)	1,70 (0,08)	1,55-1,89
Peso (kg)	75,77 (13,44)	47-107
Antigüedad (años)	6,54 (5,92)	0,17-17
IMC	26,29 (4,41)	18,20-34,50

Fuente: propia.

En promedio, los trabajadores han sido parte de la empresa entre 0,17 a 17 años con una antigüedad en el puesto de trabajo de 6,54 años. En este estudio se evidenció que el 77,14% de los trabajadores realizan algún tipo de actividad al menos una vez por

semana. Sin embargo, el 57,14% de los trabajadores se encuentran en estado de sobrepeso u obesidad (IMC >24,9).

En cuanto a las condiciones del trabajo, se definió que el 11,43% de los trabajadores realizan sus actividades en posición sentada por más de cuatro horas. Adicionalmente, se ha determinado que el 77,14% las realiza de pie por más de cuatro horas y 11,43% de dos a cuatro horas, sin exceder las ocho horas de jornada laboral.

Varios estudios señalan que las características del lugar de trabajo y la naturaleza de este, requiere que más de dos tercios de los trabajadores estén de pie por mucho tiempo durante la jornada de 6 a 8 horas (Bonsa et al., 2019; Waheed Mohamed et al., 2022).

4.1.2 Datos históricos de morbilidad

La evaluación efectiva de la salud se refuerza por la descripción del estado de salud actual de la comunidad, la capacidad para la detección de cambios y la predicción de tendencias. Mediante la recolección de información del dispensario médico de la empresa, se evidenció que durante el 2022 el 51,43% de los trabajadores presentaban algún tipo de sintomatología de trastornos musculoesqueléticos, siendo el dolor en la zona lumbar el que presentó mayor porcentaje con el 34,29%, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Frecuencia de la sintomatología de TME durante el año 2022

Región del cuerpo	Porcentaje
Codo izdo.	2,86
Zona lumbar	34,29
Cadera	2,86
Rodilla izda.	0,00
Rodilla dcha.	5,71
Pierna dcha	2,86
Pie / tobillo izdo.	5,71

Región del cuerpo	Porcentaje
Sin dolor	48,57
Total (n)	35,00

Fuente: propia.

La Tabla 17 presenta la relación entre algunas variables sociodemográficas obtenidas y la presencia de sintomatología de TME registrada por el dispensario médico de la empresa. Se determinó que la media (M) de antigüedad en el trabajo entre los trabajadores que reportaron algún síntoma (9,15 años) fue significativamente más alta (P valor $\leq 0,05$) que los trabajadores que no reportaron síntomas.

Tabla 17

Relación de las variables sociodemográficas y sintomatología de trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores de la empresa (n=35)

Variables	Síntomas TME				P valor
	Presente		Ausente		
	M	D.E.	M	D.E.	
Edad (años)	41,56	10,02	35,35	11,09	0,0916
Estatura (metros)	1,68	0,08	1,72	0,08	0,209
Peso (kg)	76,17	14,36	75,35	12,83	0,861
Antigüedad (años)	9,15	6,01	3,78	4,5	0,0153*

Nota. Datos obtenidos mediante una prueba t para muestras independientes y chi cuadrado.

Media (M); D.E. (Desviación estándar)

Del mismo modo, el 22,86% de los trabajadores reportaron algún tipo de lesión realizando actividad física o fuera del trabajo, siendo en su mayoría lesiones a los miembros inferiores (20%).

De acuerdo con los datos recolectados, el 85,71% de los trabajadores no han sufrido algún tipo de lesión realizando sus actividades. Asimismo, el 14,29% registró haber sufrido un esguince que requirió tratamiento (farmacológico o cirugía) e incapacidad laboral de más de 15 días.

4.2 Cuestionario Nórdico

Se utilizó el Cuestionario Nórdico Estandarizado, en forma de entrevista abierta, como herramienta para analizar el entorno de trabajo, puesto de trabajo y proporcionar una base para el diagnóstico clínico, analizando las regiones corporales donde los síntomas tienden a acumularse.

Los trabajadores de los sectores industriales y agrícolas enfrentan distintos tipos de trastornos, dolor, estrés, lesiones, entre otros. La sintomatología de mayor prevalencia durante los últimos 12 meses, encontrada con el cuestionario Nórdico, fue dolor en la zona lumbar (11,43%) y en una o ambas rodillas (11,43%). Mientras que, el 62,86% de los trabajadores no presentaron dolor (Tabla 18).

Tabla 18

Trabajadores con problemas (dolor, molestia, discomfort) durante los últimos 12 meses

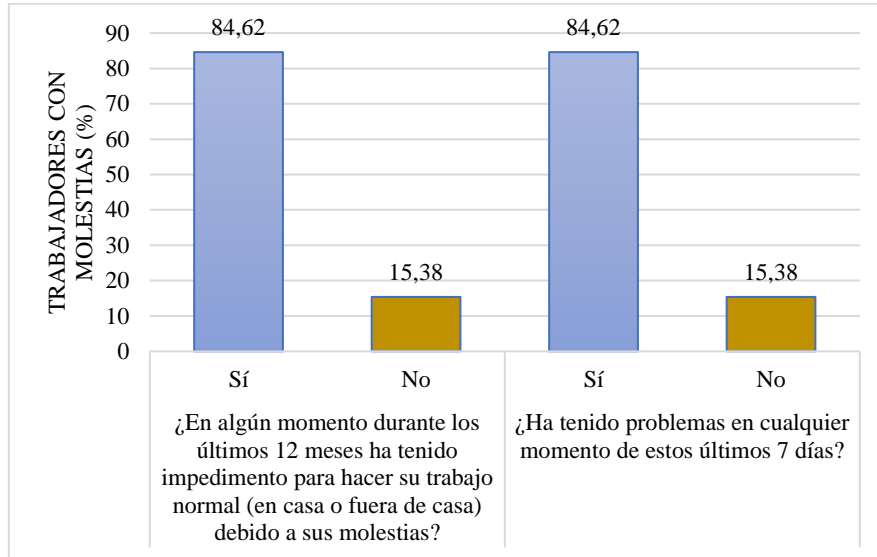
Región del cuerpo	n	Porcentaje	% Sentado	% De pie
Cuello	1	2,86	0,00	2,86
Codo Izquierdo	1	2,86	0,00	2,86
Espalda baja	4	11,43	2,86	8,57
Una o ambas caderas/piernas	1	2,86	0,00	2,86
Una o ambas rodillas	4	11,43	0,00	11,43
Uno o ambos tobillos/pies	3	8,57	0,00	8,57
Sin dolor	22	62,86	5,71	57,14
Total (n)		35		35

Fuente: propia.

Del mismo modo, el 84,62% de los trabajadores que presentaron síntomas tuvieron impedimento para hacer su trabajo normal y, a su vez, han tenido problemas de cualquier tipo los últimos siete días, como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Molestias de los trabajadores para realizar el trabajo normal



Fuente: propia.

En contraste con los datos obtenidos por el dispensario médico, se observa que la media de la edad, peso y antigüedad de los trabajadores que informaron síntomas de TME no mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$), como se indica en la Tabla 19.

Tabla 19

Relación de las variables sociodemográficas y sintomatología de trastornos musculoesqueléticos, percibida entre los trabajadores de la empresa (n=35)

Variables	Síntomas TME				P valor
	Presente		Ausente		
	M	D.E.	M	D.E.	
Edad (años)	42,15	12,14	36,41	9,69	0,1326
Estatura (metros)	1,66	0,08	1,72	0,07	0,0261
Peso (kg)	75,46	17,45	77,05	14,05	0,7702
Antigüedad (años)	17,20	11,79	11,44	10,45	0,1149

Nota. Datos obtenidos mediante una prueba t para muestras independientes y chi cuadrado. Media (M); D.E. (Desviación estándar)

4.3 Evaluación de riesgos ergonómicos mediante ISO TR 12295:2014

Se realizó la identificación de los factores de riesgo ergonómico mediante el método ISO TR 12295:2014 para cada puesto de trabajo en el área de producción de azúcar, almacenamiento y despacho. En general, se identificó que los trabajadores estaban expuestos a factores de riesgo ergonómicos por: levantamiento de cargas, movimientos repetitivos de la extremidad superior, posturas estáticas y transporte de cargas, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Resultados generales de la evaluación de riesgos ergonómicos mediante ISO TR 12295:2014

Subproceso	Tarea	Resultados ISO/TR 12295	Nivel
Operador grúa	Manejo de grúas	Posturas estáticas	Indeterminado
Recogedor de patio	Recolectar caña de azúcar	Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
Operador de payloader	Recolección de caña	Posturas estáticas	Indeterminado
Operario alimento. Conducción CA	Limpieza y mantenimiento de los molinos.	Posturas estáticas	Indeterminado
Operador de automatismo de molinos	Limpieza y mantenimiento de los molinos	Posturas estáticas	Indeterminado
Asistente de molinos	Monitoreo del funcionamiento de los molinos.	Posturas estáticas	Indeterminado
Operador mecánico de molinos	Control de los molinos	Posturas estáticas	Indeterminado
Operario conducción jugos y bagazo	Limpieza y mantenimiento de molinos	Posturas estáticas	Indeterminado
Operador de alcalización y filtros	Recuperación de azúcar en el filtro rotatorio	Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Indeterminado
		Posturas estáticas	Indeterminado

Subproceso	Tarea	Resultados ISO/TR 12295	Nivel
Operador pre evaporador / clarificador	Control del proceso de clarificación	Posturas estáticas	Aceptable
Operador de evaporadores	Control operativo de los evaporadores	Posturas estáticas	Aceptable
Tachero de primera	Control de los tachos durante la cristalización	Posturas estáticas	Aceptable
Tachero de segunda	Control de los tachos durante la cristalización	Posturas estáticas	Aceptable
Operador cristalizadores	Control operativo del proceso de cristalización	Posturas estáticas	Aceptable
Centrifugero	Control de las centrífugas	Posturas estáticas	Aceptable
Operador centrifugas de primera	Control operativo de las centrífugas automáticas	Posturas estáticas	Aceptable
Operador secadora y clarificación-meladura	Recirculación de azúcar a la producción	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Transporte de cargas	Condición crítica
Estibador 1	Cargar sacos de azúcar en la bodega	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Indeterminado
Estibador 2	Cargar sacos de azúcar al medio de transporte	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Indeterminado
Estibador 3	Manipulación de sacos de azúcar	Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
Estibador 4	Manipulación de sacos de azúcar	Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado

Subproceso	Tarea	Resultados ISO/TR 12295	Nivel
Estibador 5	Cargar sacos de azúcar	Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Levantamiento de cargas	Condición crítica
Estibador 6	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
Estibador 7	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
Estibador 8	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
Estibador 9	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Transporte de cargas	Condición crítica
Estibador 10	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
Estibador 11	Manipulación de sacos de azúcar	Levantamiento de cargas	Condición crítica
		Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
Operador bombas de agua	Control operativo del suministro de agua	Posturas estáticas	Aceptable
Mecánico de fábrica	Mantenimiento área de producción	Posturas estáticas	Aceptable
Lubricador ayudante mecánico	Mantenimiento del área de producción	Posturas estáticas	Indeterminado
Operador de caldero	Control operativo del caldero	Posturas estáticas	Indeterminado

Subproceso	Tarea	Resultados ISO/TR 12295	Nivel
Ayudante de operador de caldero	Asistencia en el control operativo del caldero	Posturas estáticas	Indeterminado
Bagacero 1	Alimentación de bagazo al caldero	Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica
Bagacero 2	Alimentación de bagazo al caldero	Posturas estáticas	Indeterminado
		Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Condición crítica

Fuente: propia.

Según los resultados obtenidos, el 100% de los trabajadores en el área de producción (n=35) presentaron factores de riesgo ergonómico por posturas estáticas, seguido del 37,14% para movimientos repetitivos de la extremidad superior. Del mismo modo, se determinó que los trabajadores se encontraban en condición crítica o presentaban condiciones de riesgo al realizar sus tareas, como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Identificación de factores de riesgo ergonómico por el método ISO TR 12295 para el área de producción

Factor de riesgo ergonómico	Porcentaje (n)	Nivel		
		Aceptable	Condición crítica	Indeterminado
Levantamiento de cargas	28,57 (10)	0,00	28,57	0,00
Movimientos repetitivos de la extremidad superior	37,14 (13)	0,00	28,57	8,57
Posturas estáticas	100,00 (35)	25,71	0,00	74,29
Transporte de cargas	5,71 (2)	0,00	5,71	0,00

Fuente: propia.

Para los puestos de trabajo que no son fácilmente reconocibles los factores de riesgo ergonómico (nivel indeterminado) y los que presentan un alto nivel de riesgo, se

propuso la evaluación analítica del riesgo según los parámetros recomendados por la normativa, como se muestra en la siguiente Tabla 22:

Tabla 22

Metodologías de evaluación de riesgo ergonómico según la ISO TR 12295

Factor de riesgo ergonómico	Método de Evaluación
Levantamiento de cargas	Norma ISO 11228-1
Transporte de cargas	Norma ISO 11228-1
Movimientos repetitivos de la extremidad superior	Norma ISO 11228-3
Posturas estáticas	Norma ISO 11226

Fuente: propia.

4.4 Métodos de Evaluación por puestos de trabajo

4.4.1 Norma Técnica ISO 11226:2000: Evaluación de Posturas de Trabajo Estáticas

Se evaluó la posición ergonómica de los trabajadores de la empresa de producción de azúcar. El procedimiento de evaluación consideró varios segmentos corporales y articulaciones de manera independiente, tomando en cuenta los ángulos del cuerpo y, según el caso, la duración de la postura de trabajo. Las variables del análisis geométrico, con valores expresados en grados, fueron: ángulo de inclinación de la cabeza y tronco, flexión/extensión de cuello, ángulo de elevación del brazo, posición de los hombros, postura del antebrazo y codo, postura de las extremidades inferiores (Figura 14).

Figura 14

Análisis de los segmentos corporales definidos en la norma ISO 11226



Fuente: propia.

De esta forma, la norma especifica los límites recomendados para las posturas de trabajo estáticas basados principalmente en los riesgos de sobrecargar las estructuras corporales pasivas (Delleman & Dul, 2007). En la Tabla 23, se muestra la distribución de los trabajadores según la valoración de la postura obtenida por la ISO 11226:2000.

Tabla 23

Valoración de la postura de los trabajadores de la empresa de producción de azúcar

Subproceso	Valoración de la postura				
	Tronco	Cabeza	Hombro y del antebrazo	Antebrazo y la mano	Extremidad inferior
Operador grúa	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Recogedor de patio	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable
Operador de payloader	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Operario alimento. Conducción CA	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Subproceso	Valoración de la postura				
	Tronco	Cabeza	Hombro y del antebrazo	Antebrazo y la mano	Extremidad inferior
Operador de automatismo de molinos	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Asistente de molinos	No Recomendado	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Recomendado
Operador mecánico de molinos	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Operario conducción jugos y bagazo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Operador de alcalización y filtros	Aceptable	Aceptable	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Operador secadora y clarificación-meladura	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 1	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable
Estibador 2	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 3	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable
Estibador 4	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado	Aceptable	Aceptable
Estibador 5	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 6	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado	Aceptable
Estibador 7	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 8	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 9	No Recomendado	Aceptable	Aceptable	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 10	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Estibador 11	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Lubricador ayudante mecánico	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Recomendado
Operador de Caldero	No Recomendado	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Recomendado

Subproceso	Valoración de la postura				
	Tronco	Cabeza	Hombro y del antebrazo	Antebrazo y la mano	Extremidad inferior
Ayudante de operador de caldero	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	No Recomendado
Bagacero 1	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado
Bagacero 2	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado

Fuente: propia.

Se observó que más de la mitad de los trabajadores presentaba una postura perjudicial del tronco (84,62%), cabeza (65,39%), hombro y antebrazo (65,39%), antebrazo y mano (53,85%) y extremidades inferiores (53,85%), como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

Resumen de valoración de la postura según la norma ISO 11226:2000

Resultado	Porcentaje de valoración de la postura				
	Tronco	Cabeza	Hombro y del antebrazo	Antebrazo y la mano	Extremidad inferior
Aceptable	15,385	34,615	34,615	46,154	46,154
No Recomendado	84,615	65,385	65,385	53,846	53,846
Total	100	100	100	100	100

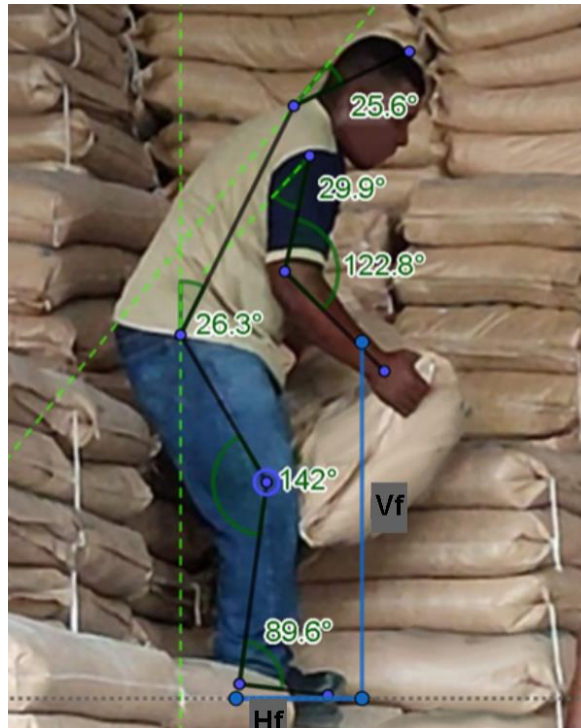
Fuente: propia.

4.4.2 Norma Técnica ISO 11228-1:2003: Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y Transporte

Se evaluó la magnitud, frecuencia y duración específicas de las demandas laborales durante las actividades significativas de los trabajadores. La norma ISO 11228-1 permitió expresar, en términos cuantitativos, el efecto combinado de todas las variables que pueden presentar un riesgo de daño (peso del objeto, distancia horizontal, desplazamiento vertical de la carga, ángulo de asimetría, entre otros) durante el levantamiento físico relacionados con el trabajo (Figura 15).

Figura 15

Variables utilizadas en la norma ISO 11228-1



Nota. Variables de la ecuación de levantamiento: distancia vertical en el destino (V_f), distancia horizontal en el destino (H_f).

Se observó que los trabajadores evaluados presentaron un índice de levantamiento >3 y un nivel de riesgo muy importante. A su vez, se determinó que el peso y desplazamiento vertical de carga máximo del objeto manipulado fue de 50 kg y 119 cm, respectivamente (Tabla 25). La organización Internacional de Normalización (ISO) 11228-1 y la guía del Ejecutivo de Salud y Seguridad han establecido un límite de peso de 25 kg (Becker, 2009).

Tabla 25

Resultados de la evaluación mediante la norma ISO 11228-1

Subproceso	Peso del objeto manipulado (kg)	Frecuencia (lev/min)	Desplazamiento vertical de carga (cm)	Índice de levantamiento	Transporte carga	Nivel de riesgo
Operador secadora y	40	1	99	5	Incorrecto. Excede los	Muy Importante

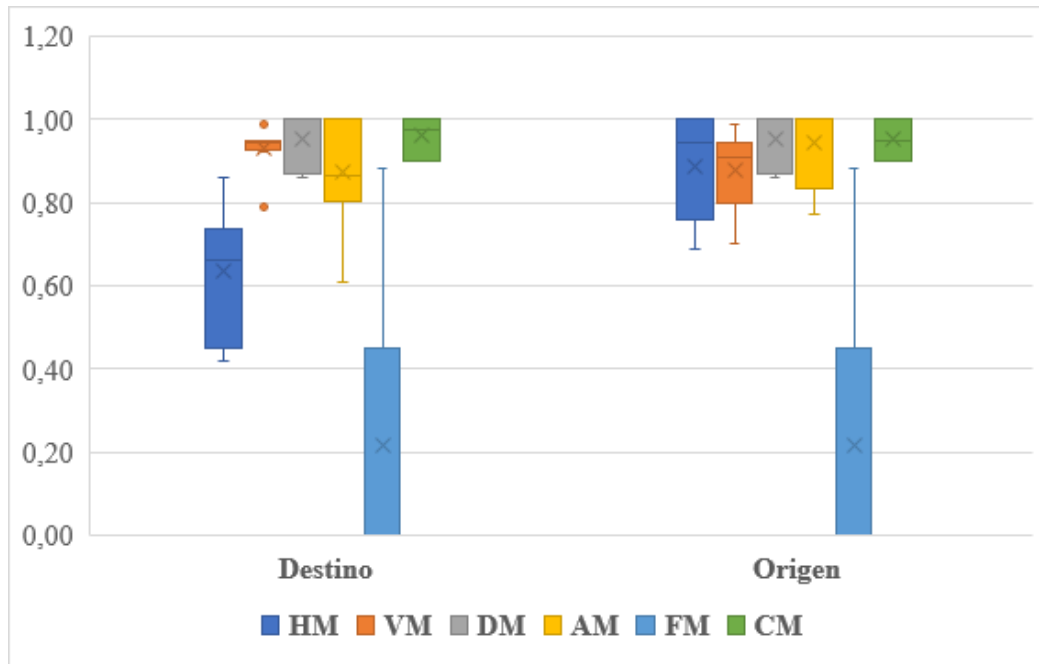
Subproceso	Peso del objeto manipulado (kg)	Frecuencia (lev/min)	Desplazamiento vertical de carga (cm)	Índice de levantamiento	Transporte carga	Nivel de riesgo
clarificación-meladura					límites recomendados	
Estibador 1	25	26	9	4	Incorrecto. Excede los límites recomendados	Muy Importante
Estibador 2	25	26	8	4	Incorrecto. Excede los límites recomendados	Muy Importante
Estibador 5	50	10	5	5	Correcto	Muy Importante
Estibador 6	50	12	38	5	Correcto	Muy Importante
Estibador 7	25	12	8	5	Correcto	Muy Importante
Estibador 8	25	12	10	5	Correcto	Muy Importante
Estibador 9	50	4	119	4	Incorrecto. Excede los límites recomendados	Muy Importante
Estibador 10	50	4	119	4	Incorrecto. Excede los límites recomendados	Muy Importante
Estibador 11	25	20	6	5	Correcto	Muy Importante

Fuente: propia.

Del mismo modo, los resultados indican que los multiplicadores más pequeños (las sanciones más altas) correspondieron a la frecuencia de levantamiento (FM) y el desplazamiento horizontal (HM) con una media de 0,22 y 0,63, respectivamente (Figura 16). Lo que sugiere modificaciones de trabajo en el origen y destino de la carga. Según Babatunde y otros (2023), los trabajadores relacionados con levantamiento de cargas juntamente con posturas antinaturales tienen 2,166 más probabilidades de desarrollar trastornos musculoesqueléticos.

Figura 16

Factores multiplicadores de la ecuación NIOSH en la norma ISO 11228-1



Nota. Los multiplicadores se definen como: horizontal (HM), vertical (VM), desplazamiento (DM), ángulo (AM), frecuencia (FM) y agarre (CM).

4.4.3 Norma Técnica ISO 11228-3:2007: Ergonomía. Manejo manual. Parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia

Como se muestra en la Tabla 26, el 71,43% (n=10) de los 14 trabajadores evaluados presentaron un nivel de exposición alta con un índice de exposición OCRA (IE) mayor a 9. A su vez, se determinó que 14,29% (n=2) de los trabajadores tenían un nivel de exposición ligero y 7,14% presentaron un nivel muy bajo y medio.

Tabla 26

Resultados del método de evaluación según la norma ISO 11228-3:2007

Subproceso	Índice de exposición OCRA (IE)		Nivel de Exposición	
	Brazo izquierdo	Brazo derecho	Brazo izquierdo	Brazo derecho
Recogedor de patio	16,15	10,66	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Operador de alcalización y filtros	4,07	4,07	Riesgo ligero	Riesgo ligero

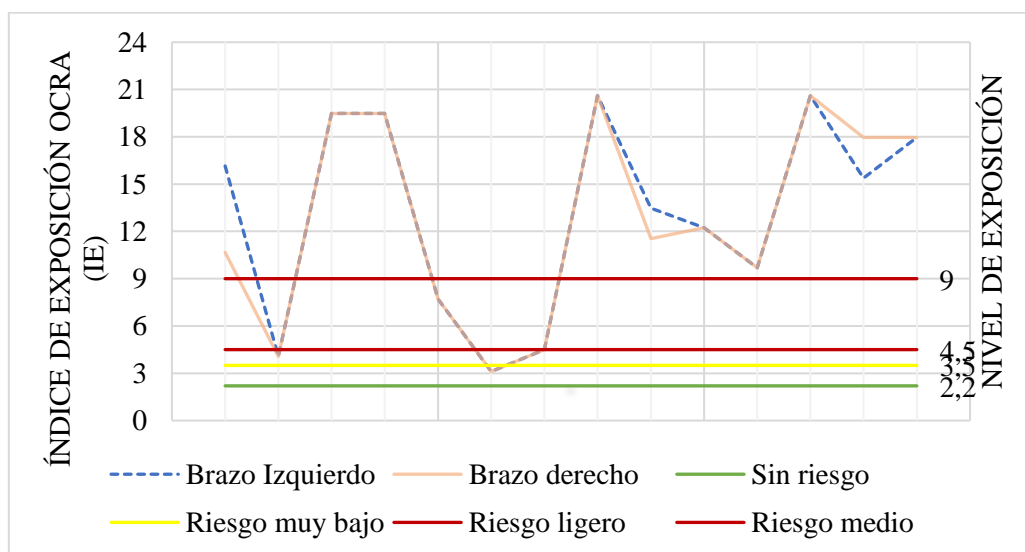
Estibador 1	19,48	19,48	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 2	19,48	19,48	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 3	7,7	7,7	Riesgo medio	Riesgo medio
Estibador 4	3,11	3,11	Riesgo muy bajo	Riesgo muy bajo
Estibador 5	4,49	4,49	Riesgo ligero	Riesgo ligero
Estibador 6	20,61	20,61	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 7	13,47	11,55	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 8	12,23	12,23	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 10	9,7	9,7	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Estibador 11	20,61	20,61	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Bagacero 1	15,39	17,96	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
Bagacero 2	17,96	17,96	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto

Fuente: propia.

Adicionalmente, como se muestra en la Figura 17 se evidenció un índice de exposición mayor para el brazo izquierdo, con un valor máximo de 20,61 y un mínimo de 3,11.

Figura 17

Criterios de evaluación final del índice OCRA

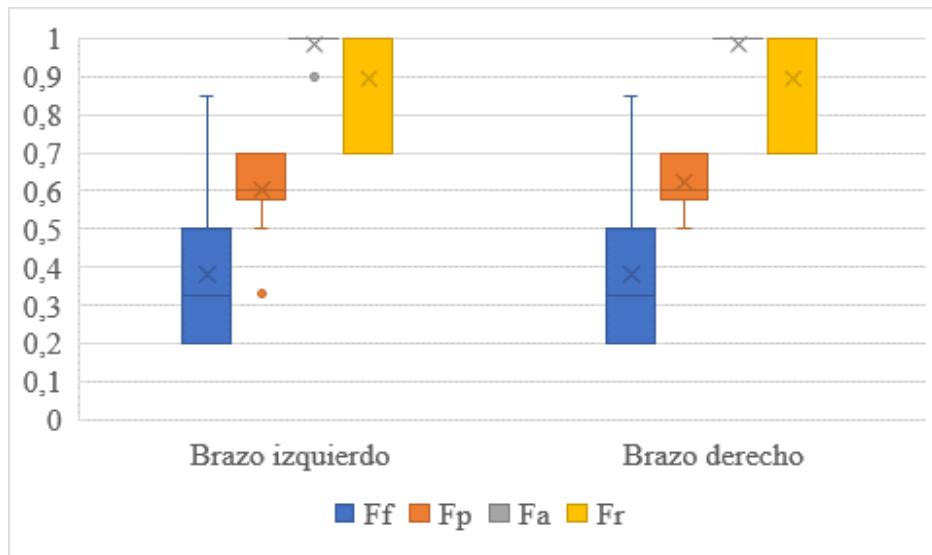


Fuente: propia.

Para la valoración y estimación de riesgo por movimientos repetitivos mediante la norma ISO 11228-3, se tomó en cuenta la presencia y grado de los factores de riesgo: fuerza o esfuerzo percibido (Ff), postural (Fp), repetitividad (Fr), factores adicionales (Fa). Así como los periodos de recuperación (Fr) y de duración de la tarea repetitiva (Fd). Como se observa en la Figura 18, los multiplicadores de fuerza (Ff) y postura (Fp) mostraron los valores más bajos (mayor penalización) para el brazo izquierdo y derecho. Mediante la observación de las expresiones de los trabajadores, se determinó una intensidad de esfuerzo entre muy leve y más bien duro.

Figura 18

Multiplicadores según los distintos factores de riesgo estipulados en la ISO 11228-3



Nota. Los multiplicadores se definen como: fuerza o esfuerzo percibido (Ff), postural (Fp), repetitividad (Fr), factores adicionales (Fa), periodo de recuperación (Fr).

4.5 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos se incluyó un análisis descriptivo y prueba de hipótesis. En el análisis descriptivo, los datos ordinales, como los sociodemográficos (edad, peso, antigüedad en el cargo), se expresaron como una distribución de frecuencias. La prueba de asociación utilizada fue la prueba exacta de Fisher, debido al tamaño de la muestra, la selección aleatoria de los trabajadores y cuando no se cumplieron las condiciones para la aplicación de la prueba chi-cuadrado. El intervalo de

confianza establece la magnitud de la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente, y el valor de p se considera significativo si el valor de p es <0,05.

En este estudio se utilizó para determinar si la asociación de los indicadores presentes en el cuestionario nórdico fue significativa respecto a la exposición a factores de riesgo evaluados en la norma ISO 12295, mediante la siguiente hipótesis:

- H_0 : los indicadores presentes en el cuestionario nórdico son independientes de la exposición a factores de riesgo.
- H_1 : los indicadores presentes en el cuestionario nórdico son dependientes de la exposición a factores de riesgo.

Como se muestra en la Tabla 27 los trabajadores que estuvieron expuestos a factores de riesgo presentaron una media de 37,32 años, un peso de 76 kg y han trabajado en la empresa por al menos 11,09 años.

Tabla 27

Distribución de los trabajadores expuestos a factores de riesgo ergonómicos

Exposición a factores de riesgo	VARIABLES sociodemográficas	n	Media	D.E.	Min	Max	Mediana
No expuestos	Edad (años)	10	41,6	8,5	30	55	41
	Estatura (m)	10	1,68	0,08	1,56	1,78	1,7
	Peso (Kg)	10	77,6	15,12	58	107	77,5
	Antigüedad (años)	10	19,8	10,13	6	33	21
Expuestos	Edad (años)	25	37,32	11,6	21	59	38
	Estatura (m)	25	1,71	0,08	1,55	1,89	1,7
	Peso (Kg)	25	76	15,47	47	123	72
	Antigüedad (años)	25	11,09	10,74	0,5	31	9

Fuente: propia.

En cuanto a los resultados de la prueba de hipótesis, se observó que las regiones corporales (espalda baja, rodillas, tobillos, cuello, codo izquierdo, caderas/piernas) presentaron un valor $p > 0,05$. Por lo tanto, se concluyó que no hay suficiente evidencia

para no aceptar la hipótesis nula de no asociación (los resultados no sugirieron una asociación significativa entre la exposición a factores de riesgo y la presencia de dolor en las regiones corporales en los últimos 12 meses).

Por otra parte, se determinó una asociación significativa entre la exposición a factores de riesgo y a la presencia de dolor en las regiones corporales durante los últimos 12 meses. Dado que el valor p (0,015) es menor al nivel de significancia (0,05) establecido, se puede concluir que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de no asociación. Además, el valor Gamma indica una correlación positiva entre las variables. En cuanto al Odds ratio (OR), se observó que una persona expuesta a factores de riesgo ergonómico tiene 1,929% más probabilidades de presentar un tipo de dolor en las regiones corporales. A su vez, el coeficiente de Phi indica que existe una asociación moderada entre las variables.

Tabla 28

Estadística inferencial por la prueba exacta de Fisher

Variab les	p	Gamma	OR	inferior	superior	Pearson	Phi	Coficiente de contingencia
Presencia de dolor (últimos 12 meses)	0,015	1,000	1,929	1,341	2,774	0,013	0,418	0,860
Problemas para realizar el trabajo	0,073	1,000	1,588	1,189	2,121	0,042	0,344	0,326
Presencia de dolor (últimos 7 días)	0,073	1,000	1,588	1,189	2,121	0,042	0,344	0,326
Presencia de TME	0,121	0,627	4,36	0,74	26,744	0,089	0,288	0,277
Espalda baja	0,553	1,174	1,174	1,003	1,374	0,247	0,196	0,192
Rodillas	0,553	1,174	1,174	1,003	1,374	0,247	0,196	0,192
Tobillos	0,553	1,174	1,174	1,003	1,374	0,247	0,196	0,192
Cuello	1,000	1,000	1,038	0,964	1,118	0,581	0,093	0,093
Codo izquierdo	1,000	1,000	1,038	0,964	1,118	0,581	0,093	0,093
Caderas/piernas	1,000	1,000	1,038	0,964	1,118	0,581	0,093	0,093

Fuente: propia.

4.6 Discusión

Los datos sociodemográficos determinaron que el 57,14% de los trabajadores presentaban un IMC superior a 24,9 (obesidad). Según lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el aumento de la actividad física y optimización del ejercicio es una forma de mejorar la salud musculoesquelética y aptitud cardiorrespiratoria, a su vez, disminuir enfermedades relacionadas con la obesidad (OMS, 2022). Según (Eymard et al., 2015; Hardcastle et al., 2011), se ha demostrado que la diabetes es un predictor importante de formas de artritis y un factor de riesgo para la progresión de osteoartritis en hombres lo cual es una realidad con los resultados del presente estudio.

Los resultados de este estudio mostraron un promedio de 6,54 años y un máximo de 17 años de antigüedad en el puesto de trabajo. Mediante la relación entre la antigüedad de años y la presencia de sintomatología de TME, se observó que los trabajadores presentaron síntomas a partir de los 9,15 años (P valor < 0,05). Lo que se contrasta con el estudio realizado por Choobineh y otros (2009), obteniendo una alta prevalencia de TME en trabajadores con una media de antigüedad de 9,74 años. Asimismo, Karkousha y Haytham (2017) observaron diferencias estadísticas significativas entre el aumento del porcentaje de trastornos musculoesqueléticos para la parte superior de la espalda con el aumento de años de servicio. Esto puede explicarse por: los cambios inflamatorios, que aumentan el área de sección transversal de los tendones, afectando sus propiedades mecánicas. A esto se le suman las altas exigencias de trabajo físico (estar mucho tiempo de pie, movimientos monótonos o repetitivos, posturas incómodas, entre otras), una reducción del tiempo de resistencia de los músculos de la espalda debido a una carga de trabajo estática, y la acumulación de microtraumatismos (Kumar et al., 2013; Larsson et al., 2000; Soslowsky et al., 2000).

Según Steffens y otros (2016), existen muchos factores de riesgo ambientales como estilo de vida, dieta, lesiones previas y otras acciones individuales que juegan un papel importante en el inicio, propagación y mantenimiento de los trastornos musculoesqueléticos. En este estudio se determinó que la sintomatología de mayor prevalencia fue en la zona lumbar y rodillas. Los resultados presentados concuerdan con los reportados por Choobineh y otros (2009), obteniendo que las rodillas (58,6%) y

espalda baja (54,3%) fueron las regiones más afectadas. Bónsa y otros (2019), determinaron que el 69,2% de los trabajadores de un ingenio azucarero percibían a su ambiente de trabajo como inseguro. Según el perfil epidemiológico realizado por Coronel, Álvarez y Vargas (2020), se observó que los trabajadores de la industria de la caña de azúcar presentaban problemas musculoesqueléticos como cefalea, lumbalgia, fatiga, dolor en miembros inferiores, trastornos del manguito rotador y dolor en miembros superiores.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

5.1 Introducción

Según los estudios previos, los trastornos musculoesqueléticos asociados al trabajo son uno de los problemas de salud laboral más recurrentes que impactan a los trabajadores. Fung y otros (2008) reportaron que los síntomas musculoesqueléticos son frecuentes en las extremidades superiores y la región lumbar del cuerpo humano. Estos trastornos relacionados con el trabajo no solo afectan la salud de los trabajadores, sino que también resultan en una disminución de la productividad y pérdidas financieras. Por lo tanto, es crucial identificar los factores de riesgo asociados con los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, a fin de desarrollar intervenciones ergonómicas efectivas que prevengan dichos trastornos en los trabajadores mientras se mantiene cierto desempeño laboral como la productividad (Chen et al., 2017).

Además de la investigación en el ámbito de la evaluación del riesgo ergonómico, también se han llevado a cabo diversos estudios referentes a las estrategias de mitigación de estos. Dichas estrategias de control abarcan tanto las medidas de ingeniería, tales como la reconfiguración de herramientas y estaciones de trabajo, las medidas gerenciales, la planificación de horarios y períodos de descanso para los trabajadores, la implementación de esquemas de rotación y turnos laborales, y la adaptación del tamaño de la fuerza laboral (H. Zhang & Lin, 2023).

Complementar la evaluación cuantitativa de los riesgos ergonómicos con los impactos de las medidas de control en cada etapa de los procesos de producción, permitirá evitar una gran cantidad de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo a través de intervenciones específicas orientadas directamente hacia los factores de riesgo presentes en el entorno laboral (Eliasson et al., 2023).

La propuesta se estructura en una serie de etapas para su ejecución. Es fundamental llevar a cabo un control preventivo de las lesiones musculoesqueléticas,

comenzando por identificar posibles riesgos y aplicando herramientas ergonómicas de fácil uso y manejo. Una vez que los riesgos ergonómicos hayan sido identificados, es necesario llevar a cabo procesos de capacitación para concienciar a los colaboradores, establecer políticas y procedimientos de control, y realizar un seguimiento adecuado de la implementación del proceso.

5.2 Objetivos

- Empoderar a los tomadores de decisiones para que lideren y gestionen de manera más efectiva los factores de riesgo ergonómicos, al proporcionar evidencia oportuna y útil;
- Analizar los resultados obtenidos en la evaluación de los riesgos ergonómicos físicos, para determinar el nivel de riesgo actual;
- Aplicar la jerarquización del control de riesgos, para la disminución del nivel de riesgo en los trabajadores.

5.3 Alcance

El presente plan de acción está diseñado para implementarse a los trabajadores del área de producción de azúcar, personal de apoyo involucrados en el proceso de mantenimiento, control y vigilancia del proceso. Asimismo, al personal de almacenamiento y despacho que se encuentran en constante manipulación del producto final.

5.4 Definiciones

Riesgo laboral: “Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Peligro: “Amenaza de accidente o de daño para la salud” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Trabajador: “Toda persona que desempeña una actividad laboral por cuenta ajena remunerada, incluidos los trabajadores independientes o por cuenta propia y los trabajadores de las instituciones públicas” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Medidas de prevención: “Las acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, dirigidas a proteger la salud de los trabajadores contra aquellas condiciones de trabajo que generan daños que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el cumplimiento de sus labores, medidas cuya implementación constituye una obligación y deber de parte de los empleadores” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Actividades, procesos, operaciones o labores de alto riesgo: “Aquellas que impliquen una probabilidad elevada de ser la causa directa de un daño a la salud del trabajador con ocasión o como consecuencia del trabajo que realiza” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Condiciones y medio ambiente de trabajo: “Aquellos elementos, agentes o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. Quedan específicamente incluidos en esta definición” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Enfermedad profesional: “Una enfermedad contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Accidente de trabajo: “Es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Salud ocupacional: “Rama de la Salud Pública que tiene como finalidad promover y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones; prevenir todo daño a la salud causado por las

condiciones de trabajo y por los factores de riesgo; y adecuar el trabajo al trabajador, atendiendo a sus aptitudes y capacidades” (Decisión del Acuerdo de Cartagena 584, 2004).

Ingeniería de métodos: La ingeniería de métodos desempeña un papel crucial en el campo del estudio del trabajo. Consiste en un enfoque que implica el análisis y examen sistemático de los métodos utilizados actualmente para llevar a cabo una tarea, con el objetivo de implementar métodos más simples, eficientes y con un menor riesgo para el trabajador.

Jerarquía de los riesgos: Con el propósito de gestionar adecuadamente los riesgos en salud y seguridad ocupacional, se establece una jerarquía según lo establecido en las normas OSHAS 18001 e ISO 45000. Esta jerarquía define una estructura que guía el proceso de eliminar gradual o inmediatamente el nivel de riesgo en una organización.

5.5 Responsables

- Delegado de seguridad y salud en el trabajo;
- Responsable de prevención de riesgos;
- Comité de seguridad y salud;
- Unidad de seguridad e higiene.

5.6 Evaluación de riesgos ergonómicos

La evaluación de riesgos ergonómicos en un plan de salud ocupacional tiene como objetivo principal identificar y comprender los posibles factores de riesgo asociados a la ergonomía en el entorno laboral para garantizar un entorno laboral saludable y seguro para los trabajadores. Esta evaluación engloba diversos propósitos fundamentales:

- Identificación de riesgos: usando varias herramientas como el análisis de Pareto, el diagrama de pescado, el diagrama de Gantt, la guía del análisis de la tarea-lugar de trabajo o análisis Chi-cuadrado;
- Análisis de las tareas y puestos de trabajo: La evaluación de un puesto de trabajo debe comenzar con la elaboración de un título preciso y una descripción detallada que identifique claramente las responsabilidades y tareas específicas del puesto, así como los requisitos mínimos del trabajador para llevar a cabo el trabajo. Es importante que el operario participe en la definición exacta de las responsabilidades del puesto. Se puede utilizar una combinación de entrevistas personales, cuestionarios y observación directa para obtener una definición concisa de cada puesto y las tareas que involucra. Es fundamental incluir las funciones físicas y mentales necesarias para realizar el trabajo de manera efectiva (Niebel & Freivalds, 2009).
- Cuantificación de los riesgos: consiste en el proceso de analizar y valorar los riesgos presentes en el entorno laboral. Además de medir y evaluar los posibles peligros y su probabilidad de ocurrencia, así como las posibles consecuencias para la salud y seguridad de los trabajadores (Niebel & Freivalds, 2009);
- Priorización de acciones preventivas;
- Fundamentación de decisiones: usando herramientas como las tablas de decisión, ingeniería de valor, análisis costo-beneficio, gráficas de cruce o criterios de decisión múltiples.

5.7 Prevención y control de riesgos

5.7.1 Descripción de actividades

La implementación ágil de las acciones propuestas en el plan siguiente es fundamental para reducir al mínimo el nivel de riesgo ergonómico. Además, se recomienda que la empresa adopte las medidas en función de su capacidad de adaptación, comenzando por la eliminación del riesgo, que es el aspecto más relevante. Si la implementación de estas medidas se vuelve difícil para la empresa, es necesario avanzar con la siguiente propuesta siguiendo los niveles establecidos en la jerarquía de

control de riesgos. Es importante tener en cuenta que a medida que se desciende en la jerarquía, la efectividad de las propuestas también disminuye.

Las intervenciones destinadas a disminuir el riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo tienen mayores posibilidades de ser efectivas si se cumplen ciertas condiciones. En primer lugar, es importante que estas intervenciones adopten un enfoque multidisciplinario que abarque medidas organizativas, técnicas y personales/individuales. Esto implica considerar aspectos relacionados con la organización del trabajo, la implementación de cambios técnicos y el fomento de prácticas individuales saludables.

Además, es fundamental que las intervenciones sean desarrolladas con un enfoque participativo, involucrando activamente a los trabajadores y sus representantes en el proceso. La participación activa de los trabajadores puede facilitar la identificación de riesgos, la generación de soluciones efectivas y el fortalecimiento de un sentido de responsabilidad compartida.

Finalmente, es esencial que las intervenciones sean promovidas y respaldadas por la gerencia de la empresa. La implicación y el apoyo de la alta dirección son fundamentales para asegurar la asignación de recursos necesarios, el establecimiento de políticas y procedimientos adecuados, y la implementación efectiva de las medidas preventivas. La promoción por parte de la gerencia también contribuye a crear una cultura de seguridad y salud en la organización, donde la prevención de los trastornos musculoesqueléticos es valorada y priorizada.

5.7.2 Controles de ingeniería

El enfoque preferido para prevenir y controlar los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (WMSDS) es diseñar el trabajo teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones de la fuerza laboral. Esto implica considerar el diseño de la estación de trabajo, la selección y uso de herramientas, y los métodos de trabajo. El objetivo es lograr una buena combinación, donde las demandas del trabajo no supongan un estrés o tensión excesivos para la población activa en

general, asegurando así un entorno de trabajo seguro (NIOSH, 2017). Para reducir los factores de riesgo ergonómico, se pueden implementar estrategias de control de ingeniería que incluyen:

5.7.2.1 Plataformas con ruedas

Mediante el uso de dispositivos de asistencia mecánica es posible aliviar las tareas de levantamiento y transporte de cargas pesadas. Las plataformas con ruedas (Figura 19) resultan útiles para la manipulación de productos a ras del suelo. Además, presenta varias ventajas incluyendo:

- Reducción del esfuerzo físico;
- Mejora de movilidad y maniobrabilidad;
- Reducir sobrecargas en las extremidades superiores;
- Promoción de posturas ergonómicas;

Figura 19

Imagen representativa de una plataforma con ruedas



Nota. Tomado de *Plataforma Plegable de Aluminio*, por Tymbia.

5.7.2.2 Plataformas de trabajo portátil

Las plataformas de trabajo portátiles tienen diversas aplicaciones ergonómicas en entornos laborales. Permiten que los trabajadores trabajen a una altura adecuada y cómoda.

Figura 20

Imagen representativa de una plataforma de trabajo portátil



Nota. Tomado de *Pautas ergonómicas para el manejo manual de materiales*, por NIOSH, 2007.

5.7.3 Controles administrativos

Las estrategias de control administrativo abarcan diversas acciones para reducir los riesgos ergonómicos en el lugar de trabajo. Estas estrategias incluyen modificaciones en las reglas y procedimientos laborales, como la programación de más descansos para los trabajadores, la rotación de tareas físicamente exigentes y la capacitación de los empleados en el reconocimiento de los factores de riesgo ergonómico y técnicas para minimizar el estrés y la tensión asociados con sus tareas laborales (NIOSH, 2017).

Si bien los controles de ingeniería son preferibles, los controles administrativos pueden resultar útiles como medidas temporales hasta que se puedan implementar los controles de ingeniería adecuados o cuando los controles de ingeniería no sean técnicamente factibles. Es importante tener en cuenta que los controles administrativos no eliminan los peligros por completo, por lo que la gerencia debe garantizar el cumplimiento de las prácticas y políticas establecidas (NIOSH, 2017).

5.7.3.1 Correcciones del movimiento

A medida que se logre una mayor armonización entre el empleador y el entorno laboral, se mejora tanto la seguridad como la eficiencia que se puede brindar a los empleados. Cuando existe una discrepancia entre la capacidad física de un trabajador y los requisitos físicos de su trabajo, se pueden producir enfermedades profesionales (Ulutasdemir et al., 2015).

5.7.3.1.1 Posturas forzadas

Se propone el uso de posturas neutras, es decir, cuando los músculos están en su longitud de descanso y la articulación está alineada de forma natural. La posición neutra de las articulaciones se encuentra en el rango medio de movimiento de dichas articulaciones en la mayoría de los casos. Cuando una articulación se desvía de su posición neutral, los músculos y tendones correspondientes se contraen o se estiran. Las articulaciones en posición neutra brindan un mayor control y capacidad para generar fuerza. Además, minimizan el estrés aplicado a los músculos, tendones, nervios y huesos. A medida que la articulación se aleja de la posición neutral, la capacidad de los músculos para generar fuerza disminuye. Cuando un trabajador se encuentra en una posición incómoda en lugar de la posición neutral, los músculos deben trabajar más y consumir más energía para generar la misma fuerza (NIOSH, 2011).

Las estaciones de trabajo, las tareas y las herramientas manuales deben ser diseñadas de manera que los trabajadores puedan adoptar principalmente posturas neutras o posturas que se encuentren cercanas a la postura neutra (Tabla 29). Es importante tomar precauciones para asegurar que las posturas incómodas no sean frecuentes y que no se requiera realizar grandes esfuerzos mientras se encuentran en dichas posturas incómodas.

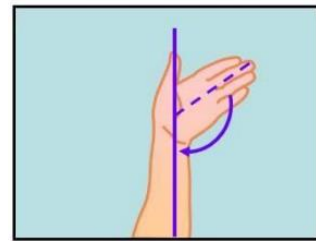
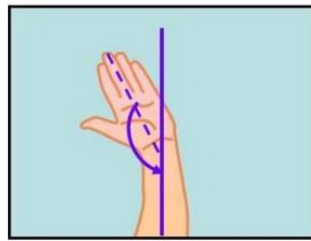
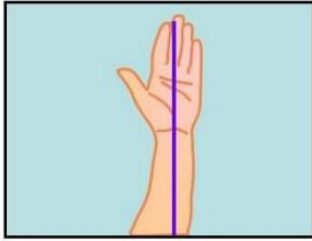
Tabla 29

Posturas naturales e incómodas

Postura neutral	Postura incómoda	
Desviación radial/ulnar mínima	Desviación radial	Desviación ulnar

Postura neutral

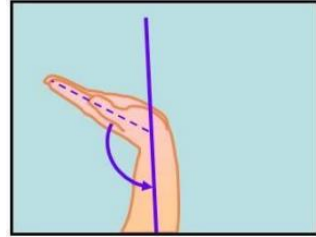
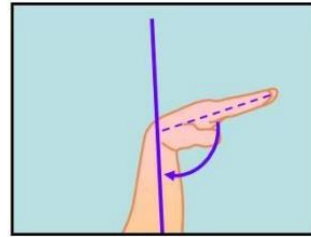
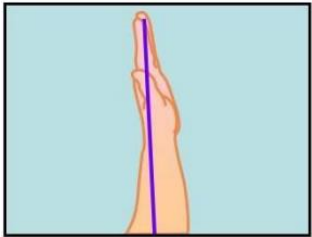
Postura incómoda



Flexión/extensión mínima

Flexión

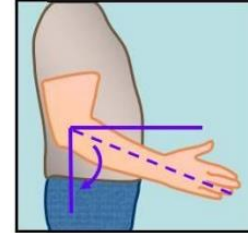
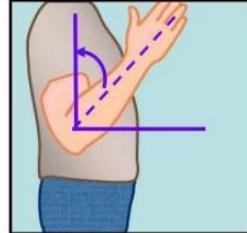
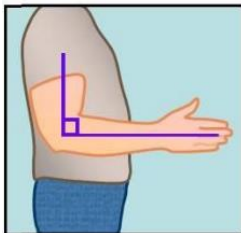
Extensión



Flexión/extensión mínima

Flexión del codo

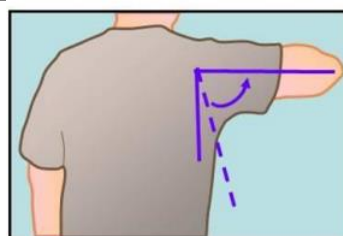
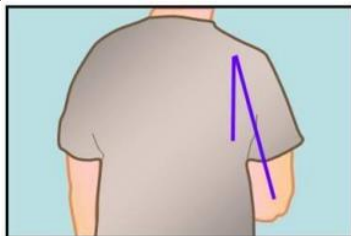
Extensión de codo



Flexión/extensión mínima

Abducción de hombro

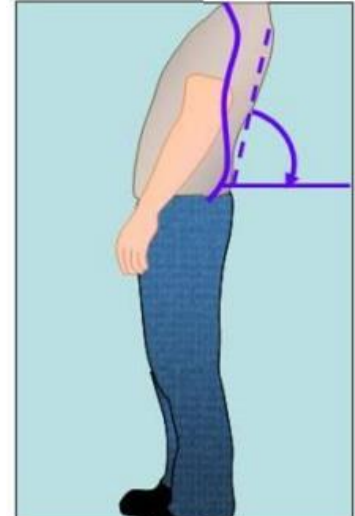
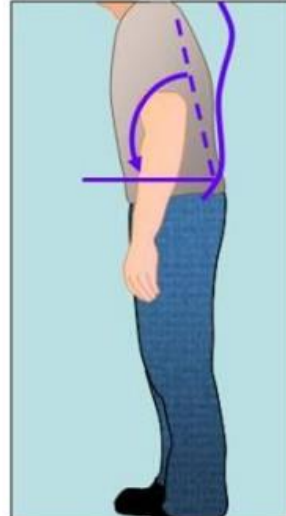
**Abducción y extensión de
hombro**



Flexión/extensión mínima

Flexión

Extensión

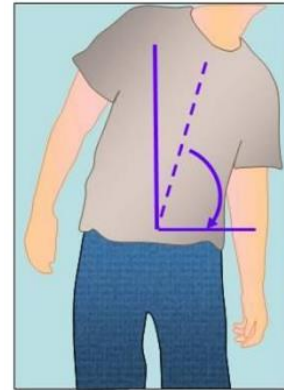
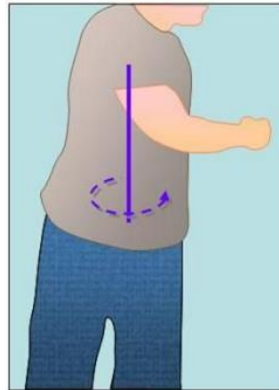
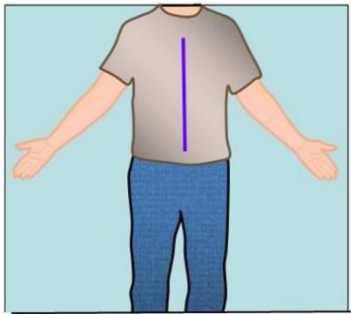


Sin rotación

Rotación angular

Rotación lateral

Postura neutral**Postura incómoda**



Nota. Adaptado de *Practical Demonstrations of Ergonomic Principles*, por NIOSH, 2011.

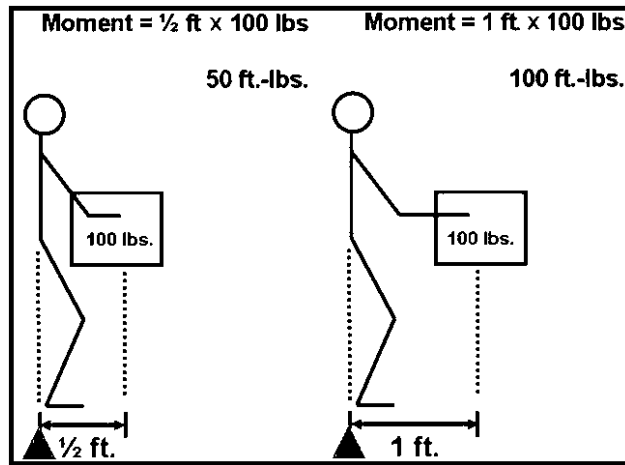
5.7.3.1.2 Manejo manual de cargas

Los trabajadores de la industria azucarera realizan varios tipos de manipulación manual de materiales, como levantar/bajar, transporte de cargas o empujar/tirar de maquinaria. Además, tareas que requieran fuerza repetitiva o sostenida, fuerza alta o repentina, movimiento repetitivo, postura sostenida o incómoda, o exposición a vibraciones. Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con la manipulación manual de cargas incluyen esguinces y distensiones, lesiones de espalda, lesiones de tejidos blandos en hombros, brazos, muñecas, cuello o piernas (McCormack et al., 2021).

Para reducir las fuerzas ejercidas por los músculos de la parte baja de la espalda, se puede minimizar el peso que se levanta o transporta. No obstante, también es posible reducir estas fuerzas al minimizar el momento o el brazo de momento, es decir, la distancia de palanca. La Figura 21 muestra el aumento de momento a medida que aumenta la distancia de la carga con respecto al operador (NIOSH, 2011).

Figura 21

Aumento de momento debido a la distancia del trabajador y el objeto

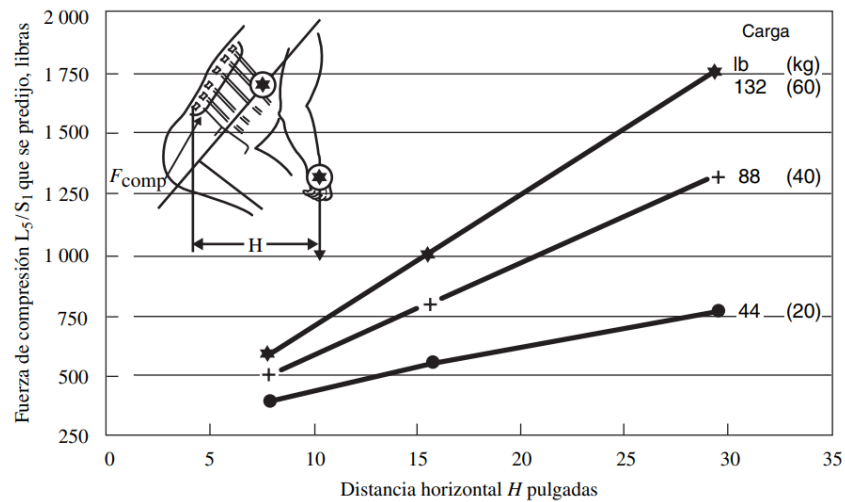


Nota. Adaptado de *Practical Demonstrations of Ergonomic Principles*, por NIOSH, 2011.

Los músculos de la espalda baja deben producir más fuerza para contrarrestar este momento para que la persona no caiga hacia adelante. Incluso objetos de poco peso pueden generar fuerzas significativas en la zona lumbar cuando son levantados o alejados del cuerpo (NIOSH, 2011). La Figura 22 proporciona valores más detallados para diferentes cargas y distancias horizontales. Debido a la amplia variación individual en los niveles de fuerza que pueden causar lesiones en los discos, se sugirió que una fuerza de compresión de 770 libras (350 kg) se considerara como un umbral peligroso.

Figura 22

Efecto del peso de la carga y la distancia horizontal en la fuerza de compresión en el disco



Nota. Tomado de *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, por Niebel, 2009.

Aunque es importante tener en cuenta que no existe una técnica de levantamiento óptima que sea adecuada para todos los individuos o todas las condiciones de trabajo, se pueden destacar algunas pautas que, en general, suelen ser apropiadas:

- Planear el levantamiento luego de evaluar el tamaño, forma, tipo de agarre y disposición de la carga;
- Determinar la técnica de levantamiento. Levantar una carga en cuclillas, con la espalda erguida y con rodillas dobladas, representa la técnica más segura (Figura 23A). Por otro lado, para las cargas que interfieran con las rodillas es necesario un levantamiento agachado y después extender la espalda (Figura 24);
- Adoptar una posición estable. Los pies deben estar separados con una pierna delante de la otra (junto a la carga) para mantener un buen equilibrio y una postura estable (Figura 23B);
- Asegurar una buena sujeción de la carga;
- Sujetar la carga cerca del cuerpo para minimizar el brazo de palanca, evitar torsiones y movimientos bruscos (Figura 23C);
- Mantener la cabeza erguida cuando manipule (Figura 23D);

- Alternar el trabajo de levantamiento con el trabajo ligero;
- Usar el levantamiento por equipos con un compañero de altura similar (Figura 25);

Figura 23

Técnica efectiva cuando las cargas son pequeñas y no se interponen con las rodillas



Nota. Tomado de *Pautas ergonómicas para el manejo manual de materiales*, por NIOSH, 2007.

Figura 24

Técnica efectiva para cargas grandes y pesadas



Nota. Tomado de *Pautas ergonómicas para el manejo manual de materiales*, por NIOSH, 2007.

Figura 25

Levantamiento por equipos



Nota. Tomado de *Pautas ergonómicas para el manejo manual de materiales*, por NIOSH, 2007.

5.7.3.2 Pausas activas

La cantidad de energía utilizada en una tarea varía según el tipo de trabajo, la postura adoptada durante dicho trabajo y la forma en que se transporta la carga. Para el caso del manejo manual de cargas, la manera en que se transporta la carga es crucial, ya que implica un menor gasto de energía cuando se sostiene de manera equilibrada cerca del centro de gravedad del cuerpo, donde se encuentran los grupos musculares más grandes. La postura también desempeña un papel importante, ya que las posturas con algún tipo de apoyo requieren menos energía. Una postura inclinada sin apoyo del brazo consumirá un 20% más de energía que una postura completamente vertical (Niebel & Freivalds, 2009).

Cuando la carga de trabajo es alta, el metabolismo aeróbico no resulta suficiente para satisfacer todas las necesidades de energía, lo que lleva a una mayor dependencia del metabolismo anaeróbico. Esto provoca fatiga y acumulación de ácido láctico. Por lo tanto, es importante proporcionar suficiente tiempo de recuperación para permitir que el cuerpo se recupere de la fatiga y elimine el ácido láctico (Niebel & Freivalds, 2009).

La duración del ciclo de trabajo y el trabajo pesado es la principal causa de aumento de fatiga y la obstrucción del flujo sanguíneo, acelerando las trayectorias anaeróbicas (Niebel & Freivalds, 2009). Por lo tanto, se propone:

- Combinar rachas cortas de trabajo con periodos cortos de descanso. Tiempo necesario para reabastecer las fuentes de energía y remover ácido láctico;
- Micropausas de 1 a 3 segundos permiten desobstruir los vasos sanguíneos;
- Descansos activos, en los que se alterna el uso de músculos permitiendo el descanso de los músculos fatigados;
- Permitir que los trabajadores tomen descansos según su necesidad individual para optimizar el consumo de energía y evitar la fatiga;
- Implementar rutinas diarias de ejercicio aeróbico.

5.7.3.3 Capacitación continua e incentivos

Los empleados son un valioso recurso para cualquier empresa. Sin trabajadores capacitados, la tasa de producción sería más baja, la calidad del producto sufriría y la productividad general disminuiría. Una vez que se implementa un nuevo método y se establece el estándar adecuado, es crucial proporcionar una capacitación adecuada a los empleados para que puedan aplicar el método requerido y alcanzar el estándar deseado (Niebel & Freivalds, 2009). Es esencial tener en cuenta algunas de las opciones más significativas en los programas de capacitación, que se describen a continuación:

- Mejorar el aprendizaje en el trabajo con instrucciones escritas o gráficas;
- Capacitación física del entorno del trabajo en condiciones controladas y frecuencias reducidas;
- Inducciones en seguridad y salud en el trabajo (importancia, normativa, conceptos, obligaciones, responsabilidades, entre otros);
- Identificación de peligros y factores de riesgos en el trabajo;
- Respuesta ante emergencias;
- Ergonomía y prevención de lesiones físicas;

Con el objetivo de fomentar la productividad y satisfacción de los empleados, las empresas deben recompensar y reconocer un desempeño eficiente. Estas recompensas deben ser significativas para los empleados, ya sea en términos financieros, psicológicos o ambos. En la actualidad, las prestaciones laborales no se limitan solo a aspectos básicos como pensiones, días de vacaciones remunerados y seguro médico, sino que también abarcan elementos como seguro por incapacidad y beneficios educativos (Niebel & Freivalds, 2009). Otros beneficios incluyen:

- Planes de productividad compartida;
- Planes financieros indirectos;
- Planes de jornada de trabajo;
- Incentivos individuales encima de las tasas base.

5.7.4 Equipos de protección personal

5.7.4.1 Hombreras industriales

Las hombreras se fabrican utilizando materiales resistentes a los impactos, como plástico duro o metal, y están acolchadas internamente para absorber y dispersar la energía generada por los golpes. Su función principal es proteger los hombros y las clavículas contra posibles lesiones causadas por la caída de objetos pesados o impactos accidentales. Además de brindar protección, las hombreras están diseñadas para distribuir de manera más uniforme la carga sobre los hombros, lo que ayuda a reducir la tensión en los músculos y las articulaciones. Esto contribuye a prevenir lesiones y la fatiga muscular, ya que se minimiza la concentración de la carga en puntos específicos del cuerpo (NIOSH, 2007).

Figura 26

Imagen representativa de una hombrera industrial



Nota. Tomado de *Pautas ergonómicas para el manejo manual de materiales*, por NIOSH, 2007.

5.7.4.2 Protección manual

Esta protección se enfoca en brindar medidas y recomendaciones para reducir la carga física y biomecánica sobre los trabajadores, especialmente en la zona de la espalda, los hombros, los brazos y las manos. Estas lesiones pueden ocurrir debido al manejo inadecuado de cargas o al uso excesivo de los músculos y articulaciones (Figura 27).

Figura 27

Imagen representativa de equipo de protección manual



Nota. Se presenta el modelo SHOWA Atlas 300B, con agarre texturizado en palma y yemas de los dedos.

5.8 Monitoreo, seguimiento y mejora continua

Es importante llevar a cabo una evaluación de seguimiento para garantizar que las medidas de control hayan reducido o eliminado los factores de riesgos ergonómicos y que no se hayan introducido nuevos riesgos. Esta evaluación de seguimiento debe utilizar la misma lista de verificación de factores de riesgo o cualquier otro método de análisis de trabajo que se haya utilizado inicialmente para identificar los factores de riesgo ergonómicos. Si los riesgos no se han reducido o eliminado de manera significativa, el proceso de resolución de problemas aún no se ha completado. Es posible comparar los siguientes datos antes y después de la intervención:

- Encuesta de síntomas musculoesqueléticos;
- Listas de verificación de factores de riesgo u otro método de análisis del trabajo;
- Indicadores a largo plazo de la eficacia de la intervención ergonómica;
- Formularios OSHA;
- Tasas de ausentismo y rotación;
- Indicadores de productividad;
- Costos de compensación de trabajadores;
- Evaluación interna y externa.

5.9 Cronograma de aplicación

CRONOGRAMA PLAN DE SALUD OCUPACIONAL																					
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	INSUMOS/ EQUIPAMIENTO	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																
					2023-2024																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Implementar medidas de control y ergonomía adecuadas para minimizar los factores de riesgo ergonómico en las tareas laborales	Aplicación de un análisis completo de tareas y puestos de trabajo	Determinar el estado actual del entorno de trabajo	Informe técnico o profesiograma	Ofimática																	
	Identificación y cuantificación de factores de riesgos	Elaborar la matriz de identificación de riesgos	Informe técnico	Ofimática, normativa legal vigente, softwares específicos, equipos de grabación de audio y video																	
	Adquisición inmediata de accesorios determinados por el control de ingeniería y administrativos	Implementar las plataformas con ruedas y de trabajo portátil en los puestos de trabajo, protección manual y de hombro	Fichas técnicas, facturas	Ofimática																	
Mejorar la conciencia y la capacitación de los empleados sobre los riesgos ergonómicos y las prácticas seguras.	Distribución de guías y materiales educativos sobre ergonomía	Generar mayor conciencia y conocimiento de los riesgos ergonómicos entre los trabajadores	Registro fotográfico, registro de firmas, informes, proformas	Herramientas informáticas, material audiovisual y educativo																	
	Implementación de inducciones en seguridad y salud en el trabajo (importancia, normativa, conceptos, obligaciones, responsabilidades, entre otros)																				
	Elaboración de un programa de capacitaciones sobre ergonomía y prácticas seguras de trabajo																				

CRONOGRAMA PLAN DE SALUD OCUPACIONAL

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	INSUMOS/ EQUIPAMIENTO	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																
					2023-2024																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
	Elaboración de un programa de incentivos																				
Evaluar periódicamente la efectividad de las medidas de control implementadas y realizar ajustes según sea necesario.	Inspecciones de seguridad regulares para identificar nuevas áreas de riesgo	Mejorar continuamente las prácticas ergonómicas basada en la retroalimentación y los resultados de evaluación	Informes de auditorías y evaluaciones de riesgos ergonómicos	Ofimática, Herramientas informáticas, encuestas																	
	Programar auditorías de ergonomía en las áreas de trabajo y revisar la implementación de las medidas de control																				
	Evaluación los datos recopilados para identificar patrones y áreas de mejora adicionales																				
	Implementación de actividades de reconocimiento y recompensa para aquellos empleados que hayan contribuido de manera destacada a la promoción de prácticas ergonómicas seguras																				
	Realizar una revisión general del plan de salud ocupacional y establecer metas para el próximo año.																				
				OBSERVACIONES:																	
Firma del Responsable		Firma Gerente																			

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Según los datos históricos de morbilidad de 35 trabajadores, entre 21 y 59 años, que pertenecen al área de producción se determinó que durante el 2022 el 51,43% de los trabajadores presentaban algún tipo de sintomatología de Trastornos musculoesqueléticos, siendo el dolor en la zona lumbar el que presentó mayor porcentaje con el 34,29%. Además, se determinó que la media (M) de antigüedad en el trabajo entre los trabajadores que reportaron algún síntoma (9,15 años) fue significativamente más altos que los trabajadores que no reportaron síntomas.

La sintomatología de mayor prevalencia durante los últimos 12 meses, encontrada con el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, fue dolor en la zona lumbar (11,43%) y en una o ambas rodillas (11,43%). Mientras que, el 62,86% de los trabajadores no presentaron dolor. Del mismo modo, el 84,62% de los trabajadores que presentaron síntomas tuvieron impedimento para hacer su trabajo normal y, a su vez, han tenido problemas de cualquier tipo los últimos siete días.

Se realizó la identificación de los factores de riesgo ergonómico mediante el método ISO/TR 12295:2014 para cada puesto de trabajo en el área de producción de azúcar y de almacenamiento y despacho. Los resultados indicaron que el 100% de los trabajadores estuvieron expuestos a factores de riesgo ergonómico por posturas estáticas, seguido de levantamiento de cargas con 28,57%, movimientos repetitivos de la extremidad superior con 37,14%. Finalmente, el 5,71% de los trabajadores estuvieron expuestos a factores de riesgo por transporte de cargas.

Mediante pruebas de hipótesis, se observó que las regiones corporales (espalda baja, rodillas, tobillos, cuello, codo izquierdo, caderas/piernas) presentaron un valor de $p > 0,05$. Por lo tanto, se concluyó que no hay suficiente evidencia para no aceptar la hipótesis nula de no asociación (los resultados no sugirieron una asociación significativa

entre la exposición a factores de riesgo y la presencia de dolor en las regiones corporales en los últimos 12 meses). Por otra parte, se determinó que una persona expuesta a factores de riesgo ergonómico tiene 1,929% más probabilidades de presentar un tipo de dolor en las regiones corporales.

Se elaboró un plan de acción dirigido a los trabajadores del área de producción tomando como punto de partida los resultados de la evaluación ergonómica por biometría postural y con la finalidad de disminuir el riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Dentro del plan se incluyeron controles de ingeniería (adquisición de accesorios), administrativos (correcciones de movimiento, pausas activas, capacitación e incentivos) y la implementación de equipo de protección personal.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar la evaluación ergonómica por biometría postural a todos los trabajadores que realizan sus actividades en el área de producción de azúcar sin distinción de horarios para obtener resultados más representativos.

Se recomienda realizar un estudio longitudinal para evaluar los cambios en la sintomatología y la exposición a factores de riesgo ergonómico a lo largo del tiempo.

Realizar un seguimiento de los trabajadores después de la implementación del plan de acción para evaluar los resultados a largo plazo en términos de reducción de la sintomatología de los trastornos musculoesqueléticos y mejora de las condiciones ergonómicas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Age UK. (2019). *Later Life in the United Kingdom*.
https://www.ageuk.org.uk/globalassets/age-uk/documents/reports-and-publications/later_life_uk_factsheet.pdf
- Alexander, M. N. (2013). Principles of animal locomotion. *Principles of Animal Locomotion*, 1–371. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2004\)085<0584:br>2.0.co;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2004)085<0584:br>2.0.co;2)
- Ansari, N., Shende, P., Sheikh, M., & Vaidya, R. (2013). *Study and Justification of Body Postures of Workers Working In SSI by Using Reba*.
- Constitución de la República del Ecuador, Pub. L. No. Artículo 326, Registro Oficial 449 (2008).
- Bawadi, H., Abouwatfa, M., Alsaeed, S., Kerkadi, A., & Shi, Z. (2019). Body Shape Index Is a Stronger Predictor of Diabetes. *Nutrients*, 11(5).
<https://doi.org/10.3390/NU11051018>
- Becker, J. (2009). Las Normas ISO 11228 en el Manejo Manual de Cargas. XV *Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC*, 1–17.
<http://www.semec.org.mx/archivos/congreso11/Pres09.pdf>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139.
<https://doi.org/10.1016/J.BRAINRESREV.2008.07.001>
- Bonsa, M., Taffere, G. R., & Alemayehu, M. A. (2019). Magnitude of occupational exposure to bagasse dust and associated factors among Metehara Sugarcane Factory workers, east Shoa, Ethiopia. *Journal of Public Health (Germany)*, 27(2), 203–210. <https://doi.org/10.1007/S10389-018-0939-Z/METRICS>
- Chen, J., Qiu, J., & Ahn, C. (2017). Construction worker's awkward posture recognition through supervised motion tensor decomposition. *Automation in Construction*, 77, 67–81. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2017.01.020>
- Chinyere N, I. (2014). Influence of Workstation and Work Posture Ergonomics on Job Satisfaction of Librarians in the Federal and State University Libraries in Southern

- Nigeria. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 19(9), 78–84.
<https://doi.org/10.9790/0837-19947884>
- Chmura, J., & Nazar, K. (2010). Parallel changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and threshold of psychomotor performance deterioration during incremental exercise after training in athletes. *International Journal of Psychophysiology*, 75(3), 287–290.
<https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2009.12.011>
- Choobineh, A., Daneshmandi, H., Fard, S. K. S. Z., & Tabatabaee, S. H. (2016). Prevalence of Work-related Musculoskeletal Symptoms among Iranian Workforce and Job Groups. *International Journal of Preventive Medicine*, 7(1).
<https://doi.org/10.4103/2008-7802.195851>
- Choobineh, A., Tabatabaee, S. H., & Behzadi, M. (2009). Musculoskeletal problems among workers of an Iranian sugar-producing factory. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 15(4), 419–424.
<https://doi.org/10.1080/10803548.2009.111076820>
- Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10267), 2006–2017. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32340-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32340-0)
- Cilveti, S., & Idoate, V. (2000). *Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores*. Ministerio de Sanidad y Consumo.
<https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/movimientos.pdf>
- Cilveti, S., & Idoate, V. (2001). Posturas Forzadas. *Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales*.
https://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/libro/medicina_200115/es_200115/adjuntos/medicina_200115.pdf
- Coates, L. C., & Helliwell, P. S. (2017). Psoriatic arthritis: state of the art review. *Clinical Medicine*, 17(1), 65. <https://doi.org/10.7861/CLINMEDICINE.17-1-65>

- Colombini, D., & Occhipinti, E. (2002). Analysis and Evaluation of Working Postures. *Elsevier Ergonomics Book Series*, 2(C), 67–82. [https://doi.org/10.1016/S1572-347X\(02\)80010-6](https://doi.org/10.1016/S1572-347X(02)80010-6)
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Pub. L. No. Artículo 1, 4, 18, Registro Oficial Suplemento 461 (2004).
- Corporación Financiera Nacional. (2021, September). *Ficha Sectorial: Azúcar*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Azucar.pdf>
- Currey, J. (2001). Bone strength: What are we trying to measure? *Calcified Tissue International*, 68(4), 205–210. <https://doi.org/10.1007/S002230020040/METRICS>
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Pub. L. No. Artículo 1, Registro Oficial Suplemento 461 de 15-nov.-2004 (2004).
- Delleman, N. J., & Dul, J. (2007). International standards on working postures and movements ISO 11226 and EN 1005-4. *Ergonomics*, 50(11), 1809–1819. <https://doi.org/10.1080/00140130701674430>
- Dempsey, P. (2019). On the role of ergonomics at the interface between research and practice. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 824, 256–263. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_27/COVER
- Dennerlein, J. T. (2017). Ergonomics and Musculoskeletal Issues. *International Encyclopedia of Public Health*, 577–584. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00139-9>
- Deyo, R., Dworkin, S., Amtmann, D., Andersson, G., Borenstein, D., Carragee, E., Carrino, J., Chou, R., Cook, K., Delitto, A., Goertz, C., Khalsa, P., Loeser, J., MacKey, S., Panagis, J., Rainville, J., Tosteson, T., Turk, D., Von Korff, M., & Weiner, D. K. (2014). Report of the NIH Task Force on research standards for chronic low back pain. *The Journal of Pain*, 15(6), 569–585. <https://doi.org/10.1016/J.JPAIN.2014.03.005>
- Diego, J. (2015). *Biomecánica - Esfuerzos Estáticos Coplanares*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>

- Dolan, P., & Adams, M. A. (1998). Repetitive lifting tasks fatigue the back muscles and increase the bending moment acting on the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 31(8), 713–721. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(98\)00086-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00086-4)
- Eliasson, K., Lewis, C., Hellman, T., Dahlgren, G., Svartengren, M., & Nyman, T. (2023). Does occupational health surveillance lead to risk reduction for workers exposed to hand-intensive work? *Applied Ergonomics*, 112, 104074. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2023.104074>
- EU-OSHA. (2007). *Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral*. <https://osha.europa.eu/es/publications/factsheet-71-introduction-work-related-musculoskeletal-disorders>
- Eymard, F., Parsons, C., Edwards, M. H., Petit-Dop, F., Reginster, J. Y., Bruyère, O., Richette, P., Cooper, C., & Chevalier, X. (2015). Diabetes is a risk factor for knee osteoarthritis progression. *Osteoarthritis and Cartilage*, 23(6), 851–859. <https://doi.org/10.1016/J.JOCA.2015.01.013>
- Frontera, W., Silver, J., & Rizzo, T. (2020). *Essentials of physical medicine and rehabilitation : musculoskeletal disorders, pain, and rehabilitation*. 997.
- Garzón, X. (2021). *Pertinencia de la Medicina del Trabajo*. 1–27.
- Gómez, M., Pérez, J., Callejón, Á. J., & López, J. (2017). Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial Health*, 55(4), 314. <https://doi.org/10.2486/INDHEALTH.2016-0191>
- Gómez-Galán, M., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & López-Martínez, J. (2017). Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial Health*, 55(4), 314. <https://doi.org/10.2486/INDHEALTH.2016-0191>
- Hall, S. (2012). *Basic Biomechanics* (C. Johnson, Ed.; 6th ed.). Glass, Willian.
- Hardcastle, A. C., Aucott, L., Reid, D. M., & MacDonald, H. M. (2011). Associations between dietary flavonoid intakes and bone health in a Scottish population. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 26(5), 941–947. <https://doi.org/10.1002/JBMR.285>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta). McGraw-Hill.

- Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., & Callejón-Ferre, Á. J. (2020). An Overview of REBA Method Applications in the World. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8).
<https://doi.org/10.3390/IJERPH17082635>
- Código del Trabajo, Registro Oficial Suplemento 167 1 (2012).
- Hughes, P., & Ferrett, E. (2008). Manual and mechanical handling hazards and control. *Introduction to Health and Safety in Construction*, 207–228.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-521-0.50019-5>
- Hwang, S. L., Yau, Y. J., Lin, Y. T., Chen, J. H., Huang, T. H., Yenn, T. C., & Hsu, C. C. (2008). Predicting work performance in nuclear power plants. *Safety Science*, 46(7), 1115–1124. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2007.06.005>
- Ibacache, J. (2017). *Cuestionario Nórdico Estandarizado de Percepción de Síntomas Musculoesqueléticos*. Instituto de Salud Pública de Chile.
<https://www.ispch.cl/sites/default/files/NTPercepcionSintomasME01-03062020A.pdf>
- Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo, Pub. L. No. Artículo 1, Registro Oficial 632 1 (2017).
- International Ergonomics Association. (2017, December 28). *What Is Ergonomics (HFE)?* <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/#top>
- Jaffar, N., Abdul-Tharim, A. H., Mohd-Kamar, I. F., & Lop, N. S. (2011). A Literature Review of Ergonomics Risk Factors in Construction Industry. *Procedia Engineering*, 20, 89–97. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2011.11.142>
- Jame Chenarboo, F., Hekmatshoar, R., & Fallahi, M. (2022). The influence of physical and mental workload on the safe behavior of employees in the automobile industry. *Heliyon*, 8(10), e11034. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E11034>
- King, J. W., Neville, M., Schultz, S. W., Hersch, G., & Stegink-Jansen, C. W. (2021). Psychosocial influences in the development of cumulative trauma disorders. *Journal of Hand Therapy*, 34(2), 217–236.
<https://doi.org/10.1016/J.JHT.2021.04.018>

- Kroemer, K. E., Kroemer, H. B., & Kroemer Hoffman, A. D. (2018). Why and How to Do Ergonomics. *Ergonomics*, 647–657. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813296-8.00015-3>
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Kroemer, A. (2018). Handling Loads. *Ergonomics*, 559–600. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813296-8.00013-X>
- Kumar, V., Kumar, S., & Baliga, M. (2013). Prevalence of work-related musculoskeletal complaints among dentists in India: a national cross-sectional survey. *Indian Journal of Dental Research : Official Publication of Indian Society for Dental Research*, 24(4), 428–438. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.118387>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233–237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Lafond, D., Champagne, A., Descarreaux, M., Dubois, J. D., Prado, J. M., & Duarte, M. (2009). Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & Posture*, 29(3), 421–427. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2008.10.064>
- Larsson, B., Björk, J., Elert, J., & Gerdle, B. (2000). Mechanical performance and electromyography during repeated maximal isokinetic shoulder forward flexions in female cleaners with and without myalgia of the trapezius muscle and in healthy controls. *European Journal of Applied Physiology*, 83(4–5), 257–267. <https://doi.org/10.1007/S004210000292>
- Lewis, R., Gómez Álvarez, C. B., Rayman, M., Lanham-New, S., Woolf, A., & Mobasheri, A. (2019). Strategies for optimising musculoskeletal health in the 21st century. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12891-019-2510-7>
- Likens, A., & Stergiou, N. (2020). Basic biomechanics. *Biomechanics and Gait Analysis*, 17–63. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813372-9.00002-6>
- Marano, A., & Di Nicolantonio, M. (2015). Ergonomic Design in eHealthcare: A Study Case of eHealth Technology System. *Procedia Manufacturing*, 3, 272–279. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.07.148>

- Marras, W. (2012). Basic Biomechanics and Workstation Design. *Handbook of Human Factors and Ergonomics: Fourth Edition*, 347–381.
<https://doi.org/10.1002/9781118131350.CH12>
- Marshall, R., & Summerskill, S. (2019). Posture and anthropometry. *DHM and Posturography*, 333–350. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00025-8>
- McCormack, P., Read, G. J. M., Goode, N., & Salmon, P. M. (2021). Do hazardous manual handling task risk assessment methods align with systems thinking? *Safety Science*, 140, 105316. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105316>
- McGill, S. (1997). The biomechanics of low back injury: Implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 465–475.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(96\)00172-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(96)00172-8)
- Ministerio de Salud Pública. (2019). *Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019 - 2025*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/10/MANUAL-DE-POLITICAS-final.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2021, December). *Panorama Nacional de Salud de los Trabajadores*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/Panorama-Nacional-de-Salud-de-los-Trabajadores-Encuesta-de-Condiciones-de-Trabajo-y-Salud-2021-2022.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (1986). *NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación*.
https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_177.pdf/83584437-a435-4f77-b708-b63aa80931d2
- Instructivo sobre los requerimientos de documentación para el ingreso y desvinculación del personal del sector público, Pub. L. No. Artículo 10, Registro Oficial 104 1 (2020).
- Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas, Pub. L. No. Artículo 1, Registro Oficial 1 (2008).
- Morgan, E., & Bouxsein, M. (2008). Biomechanics of Bone and Age-Related Fractures. *Principles of Bone Biology, Two-Volume Set, 1*, 29–51.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373884-4.00024-0>

- Myers, E., & Wilson, S. (1997). Biomechanics of osteoporosis and vertebral fracture. *Spine*, 22(24 Suppl). <https://doi.org/10.1097/00007632-199712151-00005>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Naeini, H. S. (2015). Occupational Health Promotion throughout an Interventional Ergonomic Design (Case Study: An Ergonomic Cart Design at a Food Manufacturing Company in Iran). *International Journal of Occupational Hygiene*, 7(4), 172–176. <https://ijoh.tums.ac.ir/index.php/ijoh/article/view/182>
- National Academies of Sciences, E. and M. H. and M. D. B. on H. C. S. C. on I. D. M. C. L. to I. with T. (2020). Musculoskeletal Disorders. *Selected Health Conditions and Likelihood of Improvement with Treatment*. <https://doi.org/10.17226/25662>
- National Institute for Health and Care Excellence. (2018). *Rheumatoid arthritis in adults: management NICE guideline*. www.nice.org.uk/guidance/ng100
- National Research Council and Institute of Medicine. (2001). *Biomechanics*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222434/>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (20th ed.). McGraw-Hill.
- NIOSH. (2007). *Ergonomic Guidelines for manual material handling*. National Institute for Occupational Safety and Health. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-131/pdfs/2007-131.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB2007131>
- NIOSH. (2011). *Practical Demonstrations of Ergonomic Principles*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2011-191.pdf>
- NIOSH. (2017, July 18). *Implementación del programa ergonómico*. Centers for Disease, Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ergonomics/ergoprimer/step4.html>
- Noto, R., Leavitt, L., & Edens, M. A. (2022). Physiology, Muscle. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532258/>

- Ogedengbe, T., Abiola, O., Ikumapayi, O., Afolalu, S., Musa, A., Ajayeoba, A. O., & Adeyi, T. A. (2023). Ergonomics Postural Risk Assessment and Observational Techniques in the 21st Century. *Procedia Computer Science*, 217, 1335–1344. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2022.12.331>
- OMS. (2022, October 5). *Actividad física*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Organización Internacional de Normalización. (2014). *Documento de aplicación de Normas Internacionales sobre manipulación manual (ISO 11228-1, ISO 11228-2 e ISO 11228-3) y evaluación de posturas de trabajo estáticas (ISO 11226)*.
- Organización Internacional del Trabajo. (2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (J. Stellman & M. McCann, Eds.; pp. 29.1-29.105). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Oyola, A. (2018). The epidemiological surveillance system: identifying processes. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, 18(3), 57–63. <https://doi.org/10.25176/RFMH.V18.N3.1593>
- Palmer, K. T., & Goodson, N. (2015). Ageing, musculoskeletal health and work. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 29(3), 391. <https://doi.org/10.1016/J.BERH.2015.03.004>
- Pinto, A. C. C. S., Silva, D. A. S., Ensslin, L., Reis, P. F., Vilagra, J. M., Vergara, L. G. L., & Moro, A. R. P. (2018). Injuries of Repetitive Efforts in Workers from the Poultry Meat Industry: A Bibliometric Analysis of Literature. *Sustainability* 2018, Vol. 10, Page 250, 10(1), 250. <https://doi.org/10.3390/SU10010250>
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, Pub. L. No. Artículo 13, Registro Oficial 565 1 (2003).
- Reid, G. B., & Nygren, T. E. (1988). The Subjective Workload Assessment Technique: A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. *Advances in Psychology*, 52(C), 185–218. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62387-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62387-0)
- Roughton, J., Crutchfield, N., & Waite, M. (2019). Using the Job Hazard Analysis. *Safety Culture*, 289–325. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814663-7.00012-1>

- Ruiz, L. (2011). Manipulación Manual de Cargas Guía Técnica del INSHT. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*.
<https://www.insst.es/documents/94886/509319/GuiatecnicaMMC.pdf/27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda>
- Sanchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). *Sector azucarero del Ecuador Panorama General*.
https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N39.pdf
- Sangha, O. (2000). Epidemiology of rheumatic diseases. *Rheumatology (Oxford, England)*, 39 Suppl 2(SUPPL. 2), 3–12.
https://doi.org/10.1093/RHEUMATOLOGY/39.SUPPL_2.3
- Schulte, P., & Vainio, H. (2010). Well-being at work – overview and perspective. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 36(5), 422–429.
<https://doi.org/10.5271/sjweh.3076>
- SENECYT. (2017). *Respuesta oficial al número de profesionales médicos con formación de cuarto nivel en programas de salud ocupacional y afines*.
- Shaw, L. (2005). Ergonomics: the study of work occupations. *Meaningful Motion: Biomechanics for Occupational Therapists*, 140–160.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-07439-4.50013-5>
- Soslowsky, L., Thomopoulos, S., Tun, S., Flanagan, C., Keefer, C., Mastaw, J., & Carpenter, J. (2000). Overuse activity injures the supraspinatus tendon in an animal model: A histologic and biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 9(2), 79–84. <https://doi.org/10.1067/mse.2000.101962>
- Stergiou, N. (2020). Introduction to biomechanics. *Biomechanics and Gait Analysis*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813372-9.00001-4>
- Takala, J., Hämäläinen, P., Saarela, K. L., Yun, L. Y., Manickam, K., Jin, T. W., Heng, P., Tjong, C., Kheng, L. G., Lim, S., & Lin, G. S. (2014). Global Estimates of the Burden of Injury and Illness at Work in 2012. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(5), 326.
<https://doi.org/10.1080/15459624.2013.863131>

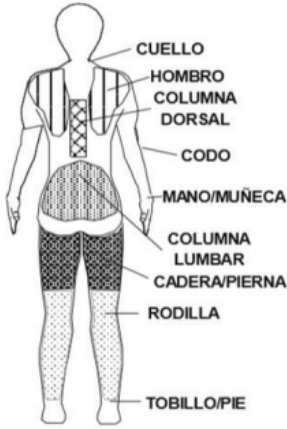
- Techera, U., Hallowell, M., Stambaugh, N., & Littlejohn, R. (2016). Causes and Consequences of Occupational Fatigue: Meta-Analysis and Systems Model. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 58(10), 961–973. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000837>
- Tur, J. A., & Bibiloni, M. D. M. (2019). Anthropometry, Body Composition and Resting Energy Expenditure in Human. *Nutrients 2019, Vol. 11, Page 1891, 11(8)*, 1891. <https://doi.org/10.3390/NU11081891>
- Turner, C. (2002). Biomechanics of bone: Determinants of skeletal fragility and bone quality. *Osteoporosis International*, 13(2), 97–104. <https://doi.org/10.1007/S001980200000/METRICKS>
- Turner, C. (2006). Bone Strength: Current Concepts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1068(1), 429–446. <https://doi.org/10.1196/ANNALS.1346.039>
- Ulutasdemir, N., Cirpan, M., Ozturk, E., & Tanir, F. (2015). Occupational Risks of Health Professionals in Turkey as an Emerging Economy. *Annals of Global Health*, 81(4), 522. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.019>
- Waheed Mohamed, F., Mohamed Abd-El-Aal, E., & Gamal El- Dein Ibrahim, S. (2022). Health Promoting Lifestyle among Sugar Factory Worker regarding Occupational Health Hazards. *Journal of Nursing Science Benha University*, 3(2), 416–430. <https://doi.org/10.21608/JNSBU.2022.244497>
- Wahlström, J. (2003). Physical load, psychosocial and individual factors in visual display unit work. *The Sahlgrenska Academy at Göteborg University*, 58. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/4300>
- Warren, N., & Sanders, M. J. (2004). Biomechanical Risk Factors. *Ergonomics and the Management of Musculoskeletal Disorders: Second Edition*, 191–229. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7409-6.50015-4>
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557–567. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00034-X)
- World Health Organization. (2015, October 2). *Plan of Action on Workers' Health 2015-2025*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/33986>

- Yamalík, N. (2006). Musculoskeletal disorders (MSDs) and dental practice; Part 1. General information-terminology, aetiology, work-relatedness, magnitude of the problem, and prevention. *International Dental Journal*, 56(6), 359–366. <https://doi.org/10.1111/J.1875-595X.2006.TB00342.X>
- Yang, C., Bouffard, J., Srinivasan, D., Ghayourmanesh, S., Cantú, H., Begon, M., & Côté, J. N. (2018). Changes in movement variability and task performance during a fatiguing repetitive pointing task. *Journal of Biomechanics*, 76, 212–219. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOMECH.2018.05.025>
- Yelin, E., Weinstein, S., & King, T. (2016). The burden of musculoskeletal diseases in the United States. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 46(3), 259–260. <https://doi.org/10.1016/J.SEMARTHRT.2016.07.013>
- Zhang, H., & Lin, Y. (2023). Modeling and evaluation of ergonomic risks and controlling plans through discrete-event simulation. *Automation in Construction*, 152, 104920. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2023.104920>
- Zhang, Y., & Jordan, J. M. (2010). Epidemiology of Osteoarthritis. *Clinics in Geriatric Medicine*, 26(3), 355. <https://doi.org/10.1016/J.CGER.2010.03.001>

8. ANEXOS

8.1 Cuestionario nórdico estandarizado

CUESTIONARIO ACERCA DE PROBLEMAS EN LOS ORGANOS DE LA LOCOMOCIÓN				
Fecha consulta: _____	Sexo: F ___ M ___	Año nacimiento: _____	Peso: _____	Talla: _____
¿Cuánto tiempo lleva realizando el mismo tipo de trabajo? Años: _____ Meses: _____				
En promedio, ¿cuántas horas a la semana trabaja? Horas: _____				
PROBLEMAS EN EL APARATO LOCOMOTOR				
Para ser respondido por todos				
¿En algún momento durante los últimos 12 meses, ha tenido problemas (dolor, molestias, disconfort) en:				
Cuello	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		
Hombro	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>	Izq. <input type="checkbox"/>	Der. <input type="checkbox"/>
Codo	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>	Izq. <input type="checkbox"/>	Der. <input type="checkbox"/>
Muñeca	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>	Izq. <input type="checkbox"/>	Der. <input type="checkbox"/>
Espalda alta (región dorsal)	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		
Espalda baja (región lumbar)	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		
Una o ambas caderas / piernas	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		
Una o ambas rodillas	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		
Uno o ambos tobillos / pies	No <input type="checkbox"/>	Sí <input type="checkbox"/>		



PROBLEMAS EN EL APARATO LOCOMOTOR	
Para ser respondido solo por aquellos que han presentado problemas durante los últimos 12 meses	
¿En algún momento durante los últimos 12 meses ha tenido impedimento para hacer su trabajo normal (en casa o fuera de casa) debido a sus molestias?	¿Ha tenido problemas en cualquier momento de estos últimos 7 días?
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>

8.2 Formato ISO/TR 12295

Identificación Factores de Riesgo (ISO/Tr 12295)

Identificación:

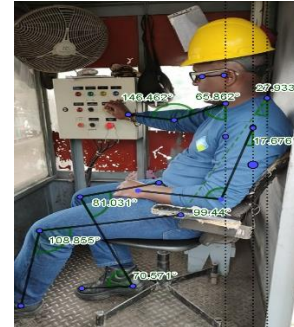
Empresa: Empresa de producción de azúcar

Puesto: Operador grúa

Fecha Informe: 14/02/2023

Tarea: Manejo de Grúas

Observaciones: Descarga de la caña de azúcar de los camiones y traslado hacia la mesa de alimentación.



Valoración:

Evaluación inicial Factores de Riesgo		Identificación Factores de Riesgo	
A	Identificación del peligro ergonómico por levantamiento de cargas	No hay riesgo con este factor	Green
B	Identificación del peligro ergonómico por transporte de cargas	No hay riesgo con este factor	Green
	Aspectos adicionales a considerar	No hay presencia de factores adicionales	Green
C	Identificación del peligro ergonómico por empuje y tracción de cargas	No hay riesgo con este factor	Green
D	Identificación del peligro ergonómico por movimientos repetitivos de la extremidad superior	No hay riesgo con este factor	Green
E	Identificación del peligro ergonómico por posturas estáticas	Se recomienda evaluación. Realizar Evaluación norma ISO 11226	Blue

Identificación Factores de Riesgo

<p style="text-align: center;">“Código verde”</p> <p>No hay presencia de factores de riesgo, y por tanto, se puede afirmar que la tarea no implica riesgo significativo.</p>	Green
<p style="text-align: center;">“Código rojo”</p> <p>Hay presencia de factores de riesgo que determinan un nivel alto de riesgo y debe ser reducido o mejorado.</p>	Red
<p style="text-align: center;">Nivel Indeterminado</p> <p>No es posible conocer fácilmente el riesgo, es necesario hacer la evaluación</p>	Blue

Datos introducidos

A) Identificación del peligro ergonómico por levantamiento de cargas		
1	¿Se deben levantar, sostener y depositar objetos manualmente en este puesto de trabajo?	No
2	¿Alguno de los objetos a levantar manualmente pesa 3 kg o más?	No
3	¿La tarea de levantamiento se realiza de forma habitual dentro del turno de trabajo (por lo menos una vez en el turno)?	No
Paso 2 Identificar la presencia de condiciones aceptables		
1	¿Todas las cargas levantadas pesan 10 kg o menos?	No
2	¿El peso máximo de la carga está entre 3 kg y 5 kg y la frecuencia de levantamientos no excede de 5 levantamiento/minuto? O bien, ¿El peso máximo de la carga es de más de 5 kg e inferior a los 10 kg y la frecuencia de levantamientos no excede de 1 levantamiento/minuto?	No
3	¿El desplazamiento vertical se realiza entre la cadera y los hombros?	No
4	¿El tronco está erguido, sin flexión ni rotación?	No
5	¿La carga se mantiene muy cerca del cuerpo (no más de 10 cm de la parte frontal del torso)?	No
Paso 3 identificar la presencia de condiciones inaceptables		
1	¿La distancia vertical es superior a 175 cm o está por debajo del nivel del suelo?	No
2	¿El desplazamiento vertical es superior a 175 cm?	No
3	¿La distancia horizontal es superior a 63 cm fuera del alcance máximo (brazo completamente estirado hacia adelante)?	No
4	¿El ángulo de asimetría es superior a 135°?	No
5	¿Se realizan más de 15 levantamientos/min en una Duración Corta? (La tarea de manipulación manual no dura más de 60 min consecutivos y viene seguida de tareas ligeras para la espalda de duración mínima de 60 min).	No
6	¿Se realizan más de 12 levantamientos/min en una Duración Media? (La tarea de manipulación manual no dura más de 120 min consecutivos y viene seguida de tareas ligeras para la espalda de duración mínima de 30 min).	No
7	¿Se realizan más de 8 levantamientos/min en una Duración Larga? (La tarea de manipulación manual que no es de duración corta ni media).	No
8	¿La tarea puede ser realizada por mujeres (entre 18 y 45 años) y la carga pesa más de 20 kg?	No
9	¿La tarea puede ser realizada por mujeres (menores de 18 y mayores de 45 años) y la carga pesa más de 15 kg?	No
10	¿La tarea la realizan únicamente hombres (entre 18 y 45 años) y la carga pesa más de 25 kg?	No
11	¿La tarea la realizan únicamente hombres (menores de 18 y mayores de 45 años) y la carga pesa más de 20 kg?	No

B) Identificación del peligro ergonómico por levantamiento de cargas		
1	¿En el puesto de trabajo hay una tarea que requiere el levantamiento o el descenso manual de una carga igual o superior a 3kg que debe ser transportada manualmente a una distancia mayor de 1 metro?	No
Paso 2 Identificar la presencia de condiciones aceptables		
1	Si se requiere que una carga sea transportada manualmente a una distancia inferior o igual a 10 m, responda:	No

	<p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 10.000 kg en 8 horas? Y</p> <p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 1.500 kg en 1 hora? Y</p> <p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 30 kg en 1 minuto?</p>	
2	<p>Si se requiere que una carga sea transportada manualmente a una distancia superior a 10 m, responda:</p> <p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 6.000 kg en 8 horas? Y</p> <p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 750 kg en 1 hora? Y</p> <p>¿La masa acumulada transportada manualmente (peso total de todas las cargas) es menor de 15 kg en 1 minuto ?</p>	No
3	¿El transporte de la carga se realiza sin posturas forzadas?	No
Paso 3 identificar la presencia de condiciones inaceptables		
1	¿Se manipula una masa acumulada (peso total de todas las cargas) de más de 10.000 kg en 8 horas, en una distancia menor a 20 metros?	No
2	¿Se manipula una masa acumulada (peso total de todas las cargas) de más de 6.000 kg en 8 horas, en una distancia igual o superior	No

Aspectos adicionales a considerar (transporte y levantamiento de cargas)		
Condiciones ambientales de trabajo para el levantamiento o transporte manual		
1	¿Hay presencia de baja o altas temperaturas?	No
2	¿Hay presencia de suelo resbaladizo, desigual o inestable?	No
3	¿Está restringida la libre circulación en el puesto de trabajo?	No
Características de los objetos levantados o transportados		
4	¿El tamaño del objeto obstaculiza la visibilidad y el movimiento?	No
5	¿El centro de gravedad de la carga es inestable? P.ej. líquidos o cosas que se mueven dentro del objeto.	No
6	¿La forma de la carga y su configuración presenta bordes afilados, superficies sobresalientes o protuberancias?	No
7	¿El contacto con la superficie es frío?	No
8	¿El contacto con la superficie es caliente?	No
9	¿La tarea de levantamiento o transporte manual de cargas se realiza por más de 8 horas al día?	No

C) Identificación del peligro ergonómico por empuje y tracción de cargas		
1	¿La tarea requiere empujar o arrastrar un objeto manualmente con el cuerpo de pie o caminando?	No
2	¿El objeto a empujar o arrastrar tiene ruedas o rodillos (carro, jaula, carretilla, traspallet, etc.) o se desliza sobre una superficie sin ruedas?	No
3	¿La tarea de empuje o arrastre se realiza de forma habitual dentro del turno de trabajo (por lo menos una vez en el turno)?	No
Paso 2 Identificar la presencia de condiciones aceptables		

1	¿La fuerza requerida en el empuje o tracción es inferior a “Moderada” (en la Escala de Borg menor a 3)? O ¿La fuerza requerida en el empuje o tracción no supera los 30 N en fuerza continua (sostenida) y no supera los 100 N en los picos de fuerza? O ¿La fuerza requerida en el empuje o tracción no supera los 50 N cuando la frecuencia es menor 1 acción cada 5 minutos en una distancia de recorrido inferior a 50 m?	No
2	¿La fuerza de empuje o tracción se aplica a una altura de agarre entre la cadera y la mitad del pecho?	No
3	¿La acción de empuje o tracción se realiza con el tronco erguido (sin torsión ni flexión)?	No
4	¿La tarea de empuje o tracción se realiza durante menos de 8 horas al día?	No
5	¿Las manos se mantienen dentro del ancho de los hombros y frente al cuerpo?	No
Paso 3 identificar la presencia de condiciones inaceptables		
1	¿La fuerza requerida en el empuje o tracción es “Muy intensa” o superior (en la Escala de Borg mayor o igual a 8)? O ¿La fuerza requerida en el empuje o tracción para iniciar el movimiento es 360 N o más para hombres, o de 240 N o más para mujeres? O ¿La fuerza requerida en el empuje o tracción para mantener el objeto en movimiento es de 250 N o más para hombres o de 150 N o más para mujeres?	No
2	¿La fuerza de empuje o tracción se aplica a una altura de agarre superior a 150 cm o menor a 60 cm?	No
3	¿La acción de empuje o tracción se realiza con el tronco flexionado o en torsión?	No
4	¿Se realiza la tarea de empuje o tracción durante más de 8 horas al día?	No
5	¿Las manos están fuera del ancho de los hombros o no se encuentran delante del cuerpo?	No
6	¿La tarea de empujar / tirar se realiza de forma irregular o incontrolada?	No
7	¿Las manos se mantienen dentro del ancho de los hombros y frente al cuerpo?	No

D) identificación del peligro ergonómico por movimientos repetitivos de la extremidad superior		
1	¿La tarea está definida por ciclos independientemente del tiempo de duración de cada ciclo, o se repiten los mismos gestos o movimientos con los brazos (hombro codo, muñeca o mano) por más de la mitad del tiempo de la tarea?	No
2	¿La tarea que se repite dura al menos 1 hora de la jornada de trabajo?	No
Paso 2 Identificar la presencia de condiciones aceptables		
1	¿Las extremidades superiores están inactivas por más del 50% del tiempo total del trabajo repetitivo (se considera como tiempo de inactividad de la extremidad superior cuando el trabajador camina con las manos vacías, o lee, o hace control visual, o espera que la máquina concluya el trabajo, etc).?	No
2	¿Ambos codos están debajo de la altura de los hombros durante el 90% de la duración total de la tarea repetitiva?	No
3	¿La fuerza necesaria para realizar el trabajo es ligera? O bien, ¿Si la fuerza es moderada (esfuerzo percibido =3 o 4 en la escala de Borg CR-10) , no supera el 25% del tiempo de trabajo repetitivo?	No
4	¿Están ausentes los picos de fuerza (esfuerzo percibido <=5 en la Escala Borg CR-10)?	No
5	¿Hay pausas (incluido el almuerzo) al menos 8 min de duración cada 2 horas?	No
6	¿La (s) tarea (s) de trabajo repetitivo se realiza durante menos de 8 horas al día?	No
Paso 3 identificar la presencia de condiciones inaceptables		
1	¿Las acciones técnicas de una extremidad son tan rápidas que no es posible contarlas?	No
2	¿Un brazo o ambos, trabajan con el codo casi a la altura del hombro el 50% o más del tiempo de trabajo repetitivo?	No
3	¿Se realizan picos de fuerza (Fuerza "Intensa" (esfuerzo percibido >=5 en la Escala Borg CR-10) durante el 10% o más del tiempo de trabajo repetitivo?	No

4	¿Se requiere el agarre de objetos con los dedos (agarre de precisión) durante más del 80% del tiempo de trabajo repetitivo?	No
5	En un turno de 6 o más horas ¿Sólo tiene una pausa o ninguna?	No
6	¿El tiempo de trabajo repetitivo es superior a 8 horas en el turno?	No

E) identificación del peligro ergonómico por posturas estáticas

1	¿Durante la jornada de trabajo, hay presencia de una postura de trabajo estática (mantenida durante 4 segundos consecutivamente) del tronco y/o de las extremidades, incluidas aquellas con un mínimo de esfuerzo de fuerza externa?	Si
---	--	----

Paso 2 Identificar la presencia de condiciones aceptables

Cabeza y tronco

1	¿Las posturas de cuello y tronco son AMBAS simétricas?	No
2	¿El tronco está erguido, o si está flexionado o en extensión el ángulo no supera los 20°?	No
3	La flexión del tronco hacia adelante está entre 20 ° y 60 ° ¿Y el tronco está totalmente apoyado?	Si
4	¿El cuello esta recto, o si está flexionado o en extensión el ángulo no supera los 25°?	Si
5	¿La cabeza esta recta, o si está inclinada lateralmente el ángulo no supera los 25°?	Si
6	Cuando está sentado, hay ausencia de curvatura convexa del raquis?	Si

Extremidad Superior

7	No hay posiciones incongruentes para los brazos?	Si
8	¿Los hombros no están levantados?	Si
9	¿El brazo está sin apoyo y la flexión no supera un ángulo de 20°?	No
10	¿El brazo está con apoyo y la flexión no supera un ángulo 60°?	Si
11	¿El codo realiza flexo-extensiones o prono-supinaciones no extremas (pequeñas)?	Si
12	¿La muñeca esta en posición neutra, o no realiza desviaciones extremas (flexión, extensión, desviación radial o ulnar)?	Si
13	¿Las flexiones extremas de rodilla están ausentes?	Si
14	¿Las dorsiflexiones y flexiones plantares de tobillo extremas están ausentes?	Si

Evaluación de las extremidades inferiores (evaluar la extremidad más cargada)

15	¿Las flexiones extremas de rodilla están ausentes?	Si
16	¿Las dorsiflexiones y flexiones plantares de tobillo extremas están ausentes?	Si
17	¿Ausencia de estar en cuclillas o arrodillado?	Si
18	Si la postura es sentado, ¿el ángulo de la rodilla está entre 90° y 135°?	Si

8.3 Formato ISO 11226

Evaluación de las posturas de trabajo (ISO 11226)

Identificación:

Empresa: Empresa de producción de azúcar

Puesto: Operador grúa

Fecha Informe: 14/02/2023

Tarea: Manejo de grúas hilo y pórtico



Valoración:

Postura del tronco	Postura de la cabeza	Postura del hombro y del brazo	Postura del antebrazo y la mano	Postura de la extremidad inferior
No Recomendado	No Recomendado	No Recomendado	Aceptable	Aceptable

Niveles de Riesgo

Valoración de la postura
Aceptable
No Recomendado

Datos introducidos

Postura del tronco	
Postura del tronco simétrica	NO
Inclinación del tronco	
>60°	
>20° a 60° sin apoyo total del tronco	
Ángulo de inclinación de la cabeza (°)	
Tiempo de mantenimiento (min)	
>20° a 60° con apoyo total del tronco	SI
0° a 20°	
< 0° sin apoyo total del tronco	

< 0° con apoyo total del tronco	
Para posición sentada:	
Postura de la zona lumbar conexas	NO

Postura de la cabeza	
Postura del cuello simétrica	NO
Inclinación de la cabeza	
>85°	
25° a 85° sin apoyo total del tronco	
25° a 85° con apoyo total del tronco	
Ángulo de inclinación de la cabeza (°)	
Tiempo de mantenimiento (min)	
0° a 25°	SI
< 0° sin apoyo total de la cabeza	
< 0° con apoyo total de la cabeza	
Flexión / extensión del cuello ($\beta - \alpha$)	
>25°	
0° - 25°	
< 0°	

Postura de la extremidad superior	
Postura del hombro y del brazo	
Postura del brazo forzada	NO
Elevación del brazo	
>60°	SI
>20° a 60° sin apoyo total de la extremidad superior	
Ángulo de elevación del brazo (°)	
Tiempo de mantenimiento (min)	
>20° a 60° con apoyo total de la extremidad superior	
0° a 20°	
Hombro levantado	NO
Postura del antebrazo y la mano	
Flexión / extensión extrema del codo	NO
Pronación / supinación extrema del antebrazo	NO
Postura extrema de la muñeca (Abducción radial/cubital y/o flexión/extensión de la muñeca)	NO

Postura de la extremidad inferior	
Flexión extrema de la rodilla	NO
Dorsiflexión/flexión plantar extrema del tobillo	NO
Estando de pie (excepto cuando se use un apoyo de pie)	
Rodilla flexionada:	NO
Estando sentado. Ángulo de la rodilla	
>135°	
90° a 135°	SI
< 90°	

8.4 Formato ISO 11228-1

Manipulación Manual de Cargas (ISO 11228-1)

Identificación:

Empresa: Empresa de producción de azúcar

Puesto: Operador secadora y clarificación-meladura

Fecha Informe: 14/02/2023

Tarea: Recirculación del azúcar a la producción



Valoración:

Multiplicadores y Límite de peso recomendado (RWL)

	Constante De Peso (Límite de carga)	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL (Límite de peso recomendado)
Origen	25 kg	0,83	0,91	0,87	1,00	0,88	0,90	12,99
Destino	25 kg	0,71	0,79	0,87	1,00	0,88	0,90	9,71

El Índice de Levantamiento (LI) estima el riesgo asociado con una tarea de manipulación manual de cargas.

$$LI = \text{Peso de la carga} / \text{Peso límite recomendado} = L/RWL$$

INDICE DE LEVANTAMIENTO	Transporte carga	Nivel de riesgo
5,00	Correcto	Muy Importante

Niveles de Riesgo

Índice de Levantamiento	Nivel de Riesgo
< 0.5	Trivial
≥ 0.5 ≤ 1.0	Tolerable
> 1.0 ≤ 2.0	Moderado
> 2.0 ≤ 3.0	Importante
>3.0	Muy Importante

Datos introducidos

Datos de las mediciones:

Control significativo en destino	Si
Peso del objeto manipulado	40 kg
Peso de referencia	25 kg
Origen (Distancia horizontal origen)	30 cm
Origen (Distancia Vertical origen)	45 cm
Destino (Distancia horizontal destino)	35 cm
Destino (Distancia Vertical destino)	144 cm
Desplazamiento vertical de carga	99 cm
Asimetría origen	0°
Asimetría destino	0
Frecuencia	1 Lev/min
Duración del trabajo	1 - 2
Calidad de agarre	Malo
Distancia de transporte	30,00 m
Peso total transportado	4800,00 kg/día

8.5 Formato ISO 11228-3

MOVIMIENTOS REPETIDOS (OCRA)

Empresa: Empresa de producción de azúcar

Puesto: Recogedor de patio

Fecha Informe: 14/02/2023

Valoración:

Total acciones recomendadas	
Brazo Izquierdo	1077,70
Brazo derecho	1632,88

Total acciones observadas	
Brazo Izquierdo	17400,00
Brazo derecho	17400,00

Índice de exposición OCRA (IE)	
Brazo Izquierdo	Brazo derecho
16,15	10,66

Niveles de Riesgo

Índice OCRA (IE)	Riesgo	Exposición
≤ 2,2	Sin riesgo	No exposición (verde)
2.3-3.5	Riesgo muy bajo	Muy baja exposición

$\geq 3,5 < = 4,5$ $> 4,5 < 9,0$ $> 9,0$	Riesgo ligero Riesgo medio Riesgo muy alto	Alta exposición (rojo)
--	--	------------------------

Datos introducidos

Factor de falta de tiempo de recuperación, Fr		0,55
Tiempo de trabajo	Tiempo de pausa	
150	15	
105	30	
180	0	

Factor de duración de tareas repetidas, Fd
1

Análisis de la tarea

Tarea: Recolectar caña de azúcar

Observaciones:

Repetitiva: SI

Tipo de tarea: Asimétrica



	Brazo Izquierdo	Brazo Derecho
Duración de la tarea en un turno (minutos)	435	435
Duración media del ciclo (segundos)	3	3
Total de acciones por ciclo	2	2
Frecuencia de acciones (nº de acciones/min.)	40	40

Acciones		
Nombre de la acción	Nº veces dcha.	Nº veces izq.
Levantar	1	1
Empujar	1	1

Factor fuerza, Ff (esfuerzo percibido)

Brazo Izquierdo	
Fuerza en Borg	% tiempo de la tarea
2	100

Brazo Derecho	
Fuerza en Borg	% tiempo de la tarea
2	100

Brazo Izquierdo		Brazo Derecho	
Fuerza media ponderada (Borg)	Factor Ff	Fuerza media ponderada (Borg)	Factor Ff
2	0,65	2	0,65