

Ergonomics in food production: Improving workstations to reduce disergonomic risks

Victoria Jacqueline Echevarria Caicedo, Industrial Engineer¹, Joselito Sánchez Pérez, Master's Degree² and Maximiliano Arroyo Ulloa, Ph.D³

^{1,2,3} Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, victoriaechevarria1994@outlook.com, jsanchez@usat.edu.pe, marroyo@usat.edu.pe

Abstract– *“The purpose of this research was to propose improvements in the workstations of the production area of a food company to reduce disergonomic risks”. The methodology began with a Rapid Ergonomic Risk Assessment based on ISO 11228-1, which classified risk levels as acceptable (green) or high (red). Based on these results, ergonomic assessment methods REBA and NIOSH were applied. REBA identified six workstations with medium risk requiring intervention, and the NIOSH method determined that the maximum weight that workers should lift was 10,138 kg. The improvements implemented included the installation of five conveyor belts to eliminate the need for manual sack loading, optimization of lighting using the quadrant method, and ergonomic training for workers. After these changes, risks were reassessed, and a cost-benefit analysis of the improvements was conducted. As a result, there was a 100% reduction in risk from static postures and manual handling of loads, preventing fines from SUNAFIL amounting to S/ 27 140 and other costs of S/ 87 420. The investment, recovered in 1 year and 9 months, generated a net profit of S/ 83 603, a Net Present Value (NPV) of S/ 191 537, an Internal Rate of Return (IRR) of 27%, and a Benefit-Cost ratio (B/C) of 1,71, demonstrating that the investment was highly profitable and viable, with a rapid recovery of the invested capital.*

Keywords-- *Workstation, Improvement of workstations, Ergonomics, Risk management, Economic evaluation.*

Ergonomía en la producción de Alimentos: Mejorando puestos de trabajo para reducir riesgos disergonómicos

Victoria Jacqueline Echevarria Caicedo, Ingeniera Industrial¹, Joselito Sánchez Pérez, Magister en ingeniería² and Maximiliano Arroyo Ulloa, Doctor³

^{1,2,3} Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, victoriaechevarria1994@outlook.com, jsanchez@usat.edu.pe, marroyo@usat.edu.pe

Resumen– “El propósito de la investigación fue proponer mejoras en los puestos de trabajo del área de producción de una empresa de alimentos para reducir riesgos disergonómicos”. La metodología empleada comenzó con una Evaluación Rápida de Riesgos Ergonómicos de la ISO 11228-1, para clasificar los niveles de riesgo en aceptables (verde) o altos (rojo). Basándose en estos resultados, se aplicaron los métodos de evaluación ergonómica REBA identificándose 6 puestos con riesgo medio siendo necesaria su actuación y NIOSH en el cual se identificó que el límite máximo de peso a cargar por los operarios era de 10,138 kg. Las mejoras implementadas incluyeron la instalación de cinco bandas transportadoras para eliminar el puesto de cargador de sacos, la optimización de la iluminación mediante el método de cuadrantes y la capacitación en ergonomía para los trabajadores. Tras estas modificaciones, los riesgos fueron reevaluados, y se realizó un análisis costo-beneficio de las mejoras. Como resultado, se logró una reducción del 100% en el riesgo por posturas estáticas y manipulación manual de cargas, evitando multas de Sunafil por S/ 27 140 y otros costos de S/ 87 420. La inversión, que se recuperó en el 1 año y 9 meses, generó una utilidad neta de S/ 83 603, un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 191 537, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 27% y una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1,71, demostrando que la inversión fue altamente rentable y viable, con una rápida recuperación del capital invertido.

Palabras clave– Puesto de trabajo, Mejora de puestos de trabajo, Ergonomía, Gestión de riesgos, Evaluación económica.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, se han realizado importantes esfuerzos para sensibilizar a los trabajadores sobre la seguridad y salud laboral, destacando iniciativas como el Vision Zero Fund, promovido por la OIT, cuyo objetivo es eliminar accidentes y enfermedades en las cadenas de suministro. Sin embargo, los accidentes laborales siguen siendo frecuentes, con más de 2,78 millones de muertes anuales y 374 millones de lesiones no mortales, lo que representa un costo equivalente al 4% del PBI mundial [1]. En este contexto, los trabajadores de pequeñas empresas y del sector agrícola, que conforman más del 85% de la fuerza laboral, a menudo carecen de seguro de salud ocupacional [2]. Entre los principales riesgos ocupacionales se

encuentran traumatismos y factores disergonómicos, responsables del 37% de casos de dorsalgia y del 16% de pérdida de audición [3]. En Perú, se reportó que el 27% de los trabajadores está expuesto a factores de riesgo, con 214 muertes laborales en 2021, más de 25 000 accidentes no mortales y 7 casos de enfermedades [4].

En este marco, la empresa de alimentos ubicada en Lambayeque, que emplea a 12 trabajadores en el área de producción, enfrenta un alto riesgo disergonómico. Se ha evidenciado que el 71% de sus empleados sufre peligros por manipulación manual, el 36% por empuje y tracción, y el 86% presenta posturas estáticas. Además, el 75,2% de los trabajadores reporta molestias como dolor de cuello, espalda y piernas, con un 41% experimentando estas molestias durante el mes [4]. Por ello, se plantea la pregunta: ¿En qué medida la mejora de puestos de trabajo reducirá los riesgos disergonómicos en una empresa de alimentos?

El objetivo general de este trabajo fue la reducción de riesgos disergonómicos mediante mejoras en puestos de trabajo en una empresa alimentaria. Los objetivos específicos fueron: identificar los riesgos disergonómicos presentes en los distintos puestos de trabajo del área de producción; Desarrollar mejoras para los puestos con mayor nivel de riesgo identificado, estimar los niveles de riesgo disergonómico tras el desarrollo de las mejoras propuestas; y evaluar la viabilidad económica de las mejoras implementadas, considerando su costo-beneficio. Esta investigación buscó mitigar los riesgos ergonómicos, generando beneficios tanto para la empresa como para sus trabajadores, además de reducir las pérdidas económicas estimadas en S/ 114 560. La implementación de medidas ergonómicas no solo reduciría los costos asociados a lesiones y accidentes laborales, sino que también contribuiría a mejorar la eficiencia operativa y la productividad de la empresa a largo plazo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Para el desarrollo del primer objetivo, se consideraron las metodologías de observación y entrevista aplicadas según [5], encontrando que el 80% de los puestos de la carrera de Agrícola están diseñados conforme a las mediciones antropométricas, mientras que la carrera de Agroindustrias presenta un 60% de deficiencias. Asimismo, se utilizó el método REBA [6] para evaluar posturas estáticas y el método NIOSH para la carga manual, revelando que la fuerza de trabajo se realiza por encima de los hombros, causando molestias en las extremidades superiores y la zona lumbar. Los resultados del NIOSH indican que el mayor riesgo se presenta en el área de cocina caliente, donde se transportan insumos que pesan entre 17 kg y 26,3 kg. Según [7] también identificaron que el 96% de los productores de cacao carecen de conocimiento sobre la postura adecuada para levantar cargas, y el 88% ignora las lesiones y enfermedades asociadas con la forma inadecuada de trabajo. Para el segundo objetivo, se tomó como referencia el artículo [8], que aborda el diseño correcto de estaciones de trabajo, enfatizando la importancia de la participación del empleado en la prevención de lesiones mediante posturas adecuadas. Además, el trabajo [9] introdujo mejoras ergonómicas que benefician tanto al trabajador como a la organización, apoyando así el desarrollo del tercer objetivo. Este último estudio demostró que las partes del cuerpo más afectadas son el cuello (71%), el hombro-brazo (74%) y la pierna-tobillo derecho (76%). Con la implementación de sillas ergonómicas y un elevador para carros de transporte, se logró reducir el nivel de riesgo a un nivel moderado (35-16). Finalmente, para la valoración costo-beneficio, se consideró el artículo [10], que refuerza la necesidad de valorar estos aspectos para convencer a los tomadores de decisiones sobre la viabilidad de los proyectos ergonómicos, complementado por los estudios de [11] y [12].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se diseñó con un enfoque cuantitativo no experimental [13], ya que se buscó cuantificar las variables y obtener datos reales sobre la situación actual de la empresa, lo que facilitaría el diseño de los puestos de trabajo sin manipular intencionalmente las variables observadas [14]. En este sentido, la población de estudio estuvo compuesta por los 12 trabajadores del área de producción de una empresa de alimentos en Chiclayo; dado el reducido número de trabajadores, se optó por un análisis censal. Para la recolección de datos, se recopilaron textos, tesis y artículos, además de elaborar información primaria y secundaria. En relación con el primer objetivo, se aplicó el procedimiento del Ministerio de Trabajo [15] para la evaluación de riesgos ergonómicos. Este proceso comenzó con observaciones y encuestas a gerentes y trabajadores, lo que permitió identificar riesgos disergonómicos. Asimismo, se aplicó la Evaluación Rápida de Riesgos Ergonómicos junto con métodos como RULA, REBA y NIOSH para un análisis exhaustivo. En el segundo objetivo,

se diseñaron puestos de trabajo ergonómicos utilizando AutoCAD para optimizar las representaciones. En el tercer objetivo, se implementó una matriz de evaluación de riesgos que identificó y priorizó factores disergonómicos, permitiendo medir la efectividad de las intervenciones. El cuarto objetivo analizó el costo humano del ausentismo, que ascendía a S/ 8 750, frente a las multas de SUNAFIL de S/ 25 960, mediante un enfoque costo/beneficio. Además, se respetó el código de ética de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, garantizando la confidencialidad y veracidad de los datos.

IV. RESULTADOS

Para comprender mejor la situación actual de la empresa, se identificaron los indicadores de seguridad mediante el registro de ausentismo proporcionado por la misma, representado en la Tabla 1. Para calcular el costo de la ausencia del trabajador accidentado, se asumió que su reemplazo tendría un rendimiento un 30% inferior. Este enfoque se basó en los análisis presentados en el libro "Gestión de la prevención de riesgos laborales" de [16], el cual aborda los costos asociados a los accidentes laborales, incluyendo los gastos relacionados con el reemplazo de trabajadores, a este monto se le suma el costo de contratación. Este análisis proporciona una visión clara de cómo los accidentes no solo impactan la salud y seguridad de los empleados, sino también las finanzas de la empresa, destacando la importancia de implementar medidas efectivas de prevención para reducir la incidencia de accidentes y sus costos asociados.

TABLA I
REGISTRO DE AUSENCIAS EN LA EMPRESA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Posiciones	Sueldo S/.	Total días ausentes año 2021	Costos por ausentismo S/.	Costo de contratación S/.
Operador de máquinas extrusoras	1 700	48	2 720	1 986,1
Operador de máquinas envasadoras	1 700	57	3 230	1 986,1
Operarios	1 500	56	2 800	1 942,5
Total		164	8 750	5 915

Fuente: Empresa de estudio

En 2021, se registró un índice de frecuencia de 1 428,57 accidentes por millón de horas trabajadas y una pérdida de 2 405 días por millón de horas. Según [17], la empresa enfrentaría una posible multa de SUNAFIL de 5,9 UIT equivalente de S/ 25 960. Estos datos resaltaron la necesidad de implementar medidas para mejorar las condiciones laborales, reduciendo los accidentes y los días perdidos, lo que contribuiría a un ambiente de trabajo más seguro y eficiente. Debido a los diversos problemas detectados en la empresa de alimento se aplicó una evaluación rápida [18], la cual consiste en 2 etapas; la primera etapa permite identificar si existe un peligro en los puestos de trabajo, de los cuales están la manipulación manual (MM), empuje y tracción (ET),

movimientos repetitivos (MR) y posturas estáticas (PE) por medio de un cuestionario de la ISO 11228-1. De esta etapa se determinó que en el 71% de los trabajadores del área de producción existe MM, en el 36% existe ET y que el 86% predomina PE, tal como se muestra en la Tabla II

TABLA II
RESULTADOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA ETAPA I

Posiciones	Tarea	MM	ET	MR	PE
Operador de extrusora 1	Controla la maquinaria	SI	NO	NO	SI
Operador de extrusora 2	Controla la maquinaria	SI	NO	NO	SI
Operarios 1	Empaquetado parado Línea 1	NO	NO	SI	SI
Operarios 2	Empaquetado parado Línea 2	NO	NO	SI	SI
Operarios 3	Empaquetado parado Línea 2	NO	NO	SI	SI
Operarios 4	Cargador de sacos y bobinas	SI	SI	NO	No
Operarios 5	Almacenero	SI	SI	NO	No
Operarios 6	Ensaquetado y sellado	SI	NO	NO	SI
Operarios 7	Pesado de sacos	SI	NO	NO	SI
Operarios 8	Empaquetado parado Línea 3	NO	NO	NO	SI
Operarios 9	Empaquetado parado Línea 3	NO	NO	NO	SI
Operarios 10	Embolsado Línea 1	SI	SI	NO	SI
Operarios 11	Embolsado Línea 2	SI	SI	NO	SI
Operarios 12	Embolsado Línea 3	SI	SI	NO	SI

Fuente: Elaboración propia.

Dados los resultados de la primera etapa, se procedió con la etapa II de la evaluación rápida; la cual consiste en diferenciar por colores verde si hay ausencia de peligro y por ende no se necesita aplicar acciones de mejora; amarillo si existe el peligro y rojo si existe el peligro de manera crítica y necesita acciones de mejora con el apoyo de la ISO 11228-1, se obtuvo los resultados de la Tabla 3, que nos dice que en el operario 4 predomina el peligro MM debido a que carga durante toda su jornada laboral sacos de 30kg y que el 86% existe el peligro de PE de manera crítica. Además, que en las líneas de empaquetado se puede plantear acciones de mejora para el peligro de MR y para los operarios de extrusión, embolsado, ensaquetados, pesado de sacos y almacenero en peligros de MM. Por último, se debe también aplicar acciones de mejora el peligro ET en el cargador de sacos y bobinas.

TABLA III

RESULTADOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA ETAPA II		MM	ET	MR	PE
Posiciones	Tarea				
Operador de extrusora 1	Controla la maquinaria				
Operador de extrusora 2	Controla la maquinaria				
Operarios1	Empaquetado parado Línea 1				
Operarios2	Empaquetado parado Línea 2				
Operarios3	Empaquetado parado Línea 2				
Operarios4	Cargador de sacos y bobinas				
Operarios5	Almacenero				
Operarios6	Ensaquetado y sellado				
Operarios7	Pesado de sacos				
Operarios8	Empaquetado parado Línea 3				
Operarios9	Empaquetado parado Línea 3				
Operarios10	Embolsado Línea 1				
Operarios11	Embolsado Línea 2				
Operarios12	Embolsado Línea 3				

Fuente: Elaboración propia.

Tras los resultados de la evaluación rápida, se evaluó a los trabajadores según el riesgo más crítico. Al operario 4, encargado de cargar sacos, se le aplicó el Método NIOSH, como se muestra en la Fig. 1, y se determinó que su límite de peso recomendado es de 10,138 kg, indicando un riesgo moderado ($1 < 2.959 < 3$). Esto sugiere que el trabajador podría sufrir lesiones si continúa realizando estas actividades, las cuales deberían ser rediseñadas o asignadas a personal seleccionado que se someterá a control.

Puesto de trabajo:	Operario			
Tarea:	Cargador de sacos			
Peso de la carga	30 kg	Desarrollo:	Fórmula	Resultados
Distancia Horizontal (H)	27 cm	Factor de distancia Horizontal (HM)	$HM = 25/H$	0,926
Distancia Vertical (V)	12 cm	Factor de altura (VM)	$VM = (1 - 0,03(V - 75))$	0,811
Distancia de desplazamiento	95 cm	Factor de desplazamiento vertical (DM)	$D = V1 - V2$	118
Distancia de desplazamiento final (v2)	130 cm	Factor de asimetría	$DM = 0,82 - 4,5/D$	0,858
Frecuencia	4 sacos/hora	Factor de frecuencia	$AM = 1 - (0,0032A)$	0,936
Angulo de Asimetría	20	Factor de agarre	Tabla	0,72
Tipo de agarre	regular			0,95
Cálculo del límite de peso recomendado (LPR) = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM = 10,138				

Fig. 1 Evaluación NIOSH de operario 4.

Por consiguiente, mediante la aplicación de la metodología REBA, se evaluaron las posturas estáticas de los 11 operarios, obteniéndose como resultado que 6 puestos presentan un nivel de riesgo medio, lo que requiere intervención, y 5 puestos muestran un riesgo bajo, como se detalla en la TABLA IV.

TABLA IV
RESUMEN DE RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA REBA

Posiciones	Tarea	Puntaje Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Nivel de Actuación
Operador de extrusora 1	Controla la maquinaria	6	2	Medio	Necesario
Operador de extrusora 2	Controla la maquinaria	2	2	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
Operarios1	Empaquetado parado Línea 1	2	2	Medio	Necesario
Operarios2	Empaquetado parado Línea 2	2	2	Medio	Necesario
Operarios4	Cargador de sacos y bobinas	6	2	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
Operarios5	Ensaquetado y sellado	5	2	Bajo	Necesario
Operarios6	Pesado de sacos	5	2	Medio	Necesario
Operarios7	Empaquetado parado Línea 3	2	2	Medio	Necesario
Operarios8	Embolsado Línea 1	2	2	Medio	Necesario
Operarios9	Embolsado Línea 2	2	2	Medio	Necesario
Operarios10	Embolsado Línea 3	2	2	Medio	Necesario

Fuente: Elaboración propia.

Para complementar el estudio de los puestos de trabajo en el área de producción, se evaluaron factores ambientales como la iluminación, el ruido y la temperatura en la empresa de alimentos. En cuanto a la iluminación, se utilizó el método de cuadrantes, dividiendo el área de estudio en secciones iguales. De acuerdo con la normativa peruana EM.010[20], la intensidad lumínica requerida para áreas de fabricación de alimentos es de 300 lux. Sin embargo, los resultados mostraron que los niveles de iluminación variaban entre 122 y 142 lux (ver Tabla V), lo que está significativamente por debajo del estándar establecido, lo que indica un alto nivel de riesgo en todas las áreas evaluadas

TABLA V
RESUMEN DE INTENSIDAD LUMÍNICA ACTUAL

Área	Lux actual	Lux Indicado	Nivel Riesgo
Extrusion	142	300	Alto
Línea 1 y2	127	300	Alto
Línea 3	139	300	Alto
Llenado	122	300	Alto

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación del ruido en el área de producción de la empresa de alimentos, se realizaron mediciones con el Sonómetro CA832 durante tres días. Las mediciones se tomaron a la altura del hombro y en ambos oídos de los 12 trabajadores. Los resultados indicaron que el área de producción presenta un ruido continuo. Además, se calculó el NPS conforme a la ecuación 11 de la norma NTP ISO 9612 [19], la cual establece los niveles de ruido diario para trabajadores de grupos de exposición homogénea:

$$NPS = 10 \log\left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}}\right)$$

Ejemplo de Operario 1 oído izquierdo:

$$NPS = 10 \log\left(\frac{1}{3} \times (10^{0,1 \times 82,2} + 10^{0,1 \times 83,3} + 10^{0,1 \times 83,9})\right) = 83,2 \text{ dB}$$

Para comparar los NPS con el nivel permitido según la norma 375-2008-TR, para una jornada laboral de 10 horas, se debe calcular el máximo nivel permitido con la ecuación correspondiente:

$$L = 85 + 9,965 \times \log\left(\frac{8}{7}\right)$$

$$L = 85 + 9,965 \times \log\left(\frac{8}{10}\right) = 84,03 \text{ dB}$$

El límite máximo permitido es $L = 84,03 \text{ dB}$, y en la comparación se concluye que solo el área de Extrusión está expuesta a niveles altos de ruido. Sin embargo, la empresa proporciona protección sonora a los trabajadores de esta área. Para la medición de la jornada completa, se determinó la incertidumbre calculando primero la media aritmética de las mediciones, $L_{p,A,eqT}$, mediante la ecuación correspondiente:

$$L_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n} = \frac{1}{3} (82,2 + 83,3 + 83,9) = 83,1 \text{ dBA}$$

Luego se determinó la incertidumbre estándar de acuerdo a la ecuación de la NTP ISO 9612:

$$u_1^2 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - L_{p,A,eqT})^2 \right]}$$

Ejemplo de Operario 1 oído izquierdo:

$$u_1^2 = \sqrt{\frac{1}{(3-1)} [(82,2 - 83,1)^2 + (83,3 - 83,1)^2 + (83,9 - 83,1)^2]}$$

$$u_1^2 = 0,86 \text{ dBA}$$

Luego, se evaluó la temperatura en el área de producción de la empresa de alimentos utilizando el Scarlet Tech TWL – 1S, un equipo ideal para monitorear altas temperaturas tanto

en exteriores como en ambientes cerrados, como es el caso del estudio. Para calcular la estimación del índice WBGT o estrés térmico, se utilizó la siguiente fórmula:

$$WGTH = 0,7 \times TBH + 0,3 \times TG \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se registraron la TBH y la TG con el Anemómetro durante 4 mediciones en intervalos de 15 minutos, evaluadas en las horas de mayor riesgo de estrés térmico: 12:00, 2:00 p.m. y 3:00 p.m. Los resultados mostraron un rango de temperatura (WGTH) de 22°C a 25°C, por debajo del límite de 26°C en verano, lo que indica una temperatura segura en la empresa. Además, el metabolismo energético se calculó según la NTP 1011 mediante un método personalizado (ver TABLA V).

TABLA VI
DETERMINACIÓN DEL METABOLISMO ENERGÉTICO USANDO EL MÉTODO PERSONALIZADO

Posiciones	Tarea	Edad	T4	T5	T6	Tasa metabólica Método personalizado (W/m ²)
Operador de extrusora 1	Controla la maquinaria	28	46,18	15	70	86,18
Operador de extrusora 2	Controla la maquinaria	25	46,678	15	70	86,678
Operario 1	Empaquetado parado Línea 1	20	48,059	15	70	88,059
Operario 2	Empaquetado parado Línea 2	22	47,351	15	70	87,351
Operario 3	Cargador de sacos y bobinas	21	48,059	15	210	228,059
Operario 4	Ensaquetado y sellado	23	47,351	15	200	217,351
Operario 5	Pesado de sacos	21	48,059	15	100	118,059
Operario 6	Empaquetado parado Línea 3	24	46,678	15	70	86,678
Operario 7	Empaquetado parado Línea 3	26	41,412	15	70	81,412
Operario 8	Embolsado Línea 1	28	41,412	15	200	211,412
Operarios 9	Embolsado Línea 2	26	41,412	15	200	211,412
Operarios 10	Embolsado Línea 3	27	41,412	15	200	211,412

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado el índice WBGT, se compararon los resultados con los límites establecidos según el consumo metabólico y el estado de aclimatación de los trabajadores. Para personas aclimatadas, los límites oscilan entre 33 °C para actividades con un consumo metabólico menor o igual a 65 W/m² y 23 °C para consumos mayores a 260 W/m². En el caso de personas no aclimatadas, los límites varían entre 32 °C y 18 °C en los mismos rangos de consumo metabólico. Los

resultados obtenidos se encontraron dentro de estos límites, lo que indica que las condiciones evaluadas no representan un riesgo de estrés térmico para los operadores.

Las propuestas se desarrollaron siguiendo las jerarquías de control de riesgos, reemplazando el puesto de Cargador de sacos con la instalación de cinco bandas transportadoras, cada una con un costo de 6 000 dólares (S/ 114 000 en total). Esta medida eliminó tareas manuales como el pesado y traslado de sacos, permitiendo a los trabajadores enfocarse en supervisar el transporte automatizado de la harina, lo que mejoró tanto la seguridad como la eficiencia del proceso. Además, se destacó la importancia de mantener una postura ergonómica durante la supervisión, ya que la flexión adecuada del cuello, según [21], debe situarse entre 5 grados por encima y 25 grados por debajo de la línea horizontal, reduciendo la fatiga y previniendo lesiones en los operarios. También se consideraron aspectos ergonómicos clave para las piernas y los brazos. Se recomendó alternar entre estar sentado y de pie en intervalos regulares para evitar el agotamiento físico, según [22]. Además, el ángulo ideal entre la pierna y el tronco debe ser de 135 grados para una postura más relajada, según [23]. En cuanto a los brazos, es importante proporcionar un punto de apoyo que permita una postura cómoda para el antebrazo y la muñeca, manteniendo las manos dentro del campo visual cuando la tarea lo requiera, lo que mejora la eficiencia y reduce el esfuerzo. Para mejorar la postura ergonómica, se buscó obtener los valores más bajos posibles en las evaluaciones de las tablas "A", "B" y "C", con el fin de minimizar riesgos de fatiga y lesiones. En este sentido, se recomendó una silla que cumpliera con estas condiciones, asegurando un ángulo de 135 grados entre el tronco y las piernas, y que fuera ajustable para adaptarse a las diferentes alturas de los operarios. Además, se priorizó el soporte lumbar adecuado para garantizar una postura correcta. De esta forma, en la Fig. 2 se muestran las alturas recomendadas de la silla según la estatura del operario, asegurando un diseño ergonómico personalizado.

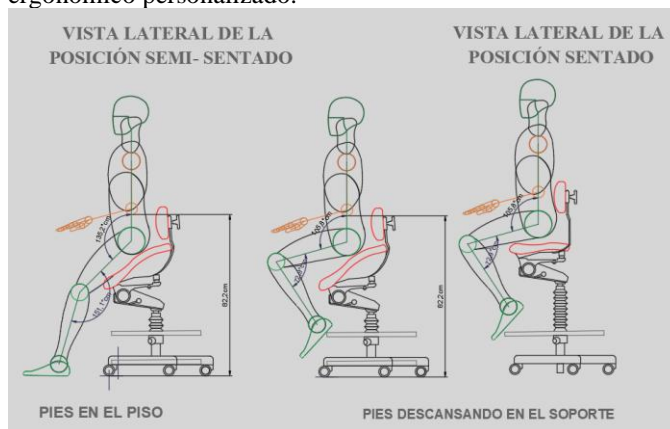


Fig. 2 Usos de silla semi- sentado

Se presentó una propuesta integral para mejorar la postura ergonómica en diversas actividades de la línea de producción, como embolsado, sellado, empaquetado, pesado y extrusión,

enfocada en los grupos A y B. En cada actividad, se realizaron ajustes específicos en los ángulos de trabajo, especialmente en la flexión del cuello, tronco y extremidades, con el fin de promover posturas más naturales y ergonómicas. Las modificaciones incluyen un ángulo de 15 grados para el cuello y 30 grados para el tronco, buscando una alineación adecuada que minimice el esfuerzo físico. Además, se sugirió ajustar las posturas de los brazos, antebrazos y muñecas, promoviendo una mayor comodidad y eficiencia durante la ejecución de las tareas. Las mejoras propuestas se visualizan en la Fig.3, que compara las posturas actuales con las recomendadas.

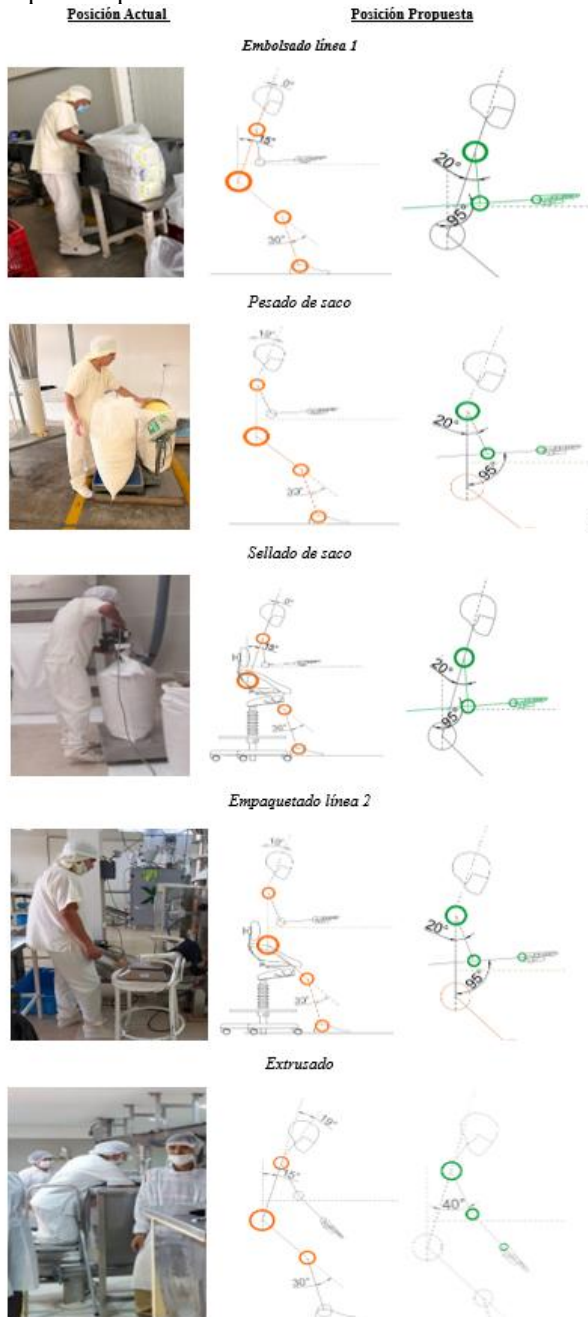


Fig. 3 Propuesta

En cuanto a los resultados, las evaluaciones de los grupos A y B mostraron una reducción significativa en las puntuaciones de riesgo, destacando mejoras notables en la postura de los operarios. A pesar de un ligero aumento en la puntuación debido al movimiento repetitivo, los resultados finales indicaron un nivel de riesgo bajo, con una puntuación total de 2, lo que sugiere que las modificaciones propuestas podrían reducir eficazmente los riesgos disergonómicos en cada puesto de trabajo. Estos cambios no solo optimizan la seguridad de los trabajadores, sino que también mejoran la eficiencia en las tareas.

Para determinar el flujo luminoso necesario para cada área, se utilizó el método de lúmenes, calculando el nivel de iluminación medio dividido por el producto del coeficiente de utilización y el coeficiente de mantenimiento, multiplicado por la superficie a iluminar. Las dimensiones de las áreas fueron: Extrusión (6,1 m x 6,5 m), Producción A (8,54 m x 10,42 m) y Producción B (6,93 m x 6,1 m). Se empleó un coeficiente de mantenimiento de 0,8, considerando buenas condiciones ambientales, y coeficientes de utilización basados en los factores de reflexión: techo (0,7), paredes claras (0,5) y piso oscuro (0,1). Para la iluminación, se seleccionó un sistema de 4000 lúmenes, cuya ficha técnica se detalla en la Fig.4.

Room Index	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										Techo	Paredes	Suelo	
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30				0.00
0.60	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00			
0.80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00			
1.00	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00			
1.25	0.60	0.67	0.69	0.68	0.66	0.61	0.61	0.57	0.60	0.57	0.56			
1.50	0.79	0.74	0.78	0.76	0.73	0.68	0.68	0.65	0.67	0.64	0.63			
2.00	0.86	0.80	0.85	0.82	0.79	0.75	0.74	0.71	0.73	0.71	0.69			
2.50	0.93	0.85	0.91	0.88	0.85	0.80	0.79	0.76	0.79	0.76	0.74			
3.00	0.98	0.89	0.96	0.92	0.88	0.84	0.83	0.81	0.82	0.80	0.78			
4.00	1.06	0.94	1.03	0.98	0.94	0.90	0.89	0.87	0.88	0.86	0.84			
5.00	1.11	0.98	1.08	1.02	0.97	0.94	0.93	0.91	0.92	0.90	0.88			
	1.14	1.00	1.11	1.05	0.99	0.97	0.96	0.94	0.94	0.93	0.91			
	1.18	1.02	1.15	1.08	1.01	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96	0.93			
	1.21	1.04	1.17	1.10	1.03	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95			

Fig. 4 Factores de utilización de la luminaria de 4000 lm

Con los datos obtenidos, se calculó el número necesario de luminarias para cada área. Los resultados mostraron que se requieren 9 luminarias en Extrusión, 5 en Producción A, 5 en Producción B y 3 en Empaquetado. Esta distribución asegura una iluminación adecuada, optimizando la seguridad y eficiencia en el entorno laboral.

La aplicación de pausas activas se implementó con el objetivo de realizar ejercicios durante la jornada laboral, permitiendo que cada trabajador pudiera ubicarse en su área de trabajo. Estos ejercicios, con una duración de 10 minutos, se incluyeron en un plan diario diseñado para promover el bienestar de los empleados. El programa comenzó con un calentamiento que abarcó diversas áreas del cuerpo, como cuello, hombros, brazos, manos, dedos, tronco, piernas, rodillas y pies, con el fin de aliviar la tensión muscular acumulada y mejorar la circulación.

El plan de capacitación propuesto en ergonomía para el área de producción tuvo como objetivo reducir los riesgos

ergonómicos mediante la implementación de prácticas laborales seguras y el fortalecimiento del conocimiento de los trabajadores y supervisores en este ámbito. Con una duración de un año, el plan incluyó sesiones mensuales teórico-prácticas que abordaron temas clave como la definición de ergonomía en el lugar de trabajo, métodos para identificar factores de riesgo ergonómicos, y la capacitación de supervisores y trabajadores para reconocer y eliminar estos riesgos. Además, se presentó el análisis de riesgos ergonómicos como una herramienta para la mejora continua, brindando a los empleados herramientas para prevenir problemas musculoesqueléticos y mejorar la eficiencia laboral. El cronograma de actividades fue estructurado de forma que, durante el primer trimestre, se introdujeron los conceptos básicos y se realizaron las primeras evaluaciones de conocimiento, seguidas de la implementación práctica de técnicas. En los meses siguientes, se profundizó en la identificación y corrección de riesgos ergonómicos específicos en el área de producción, complementando las sesiones con evaluaciones de progreso y retroalimentación constante. Este enfoque permitió monitorear de cerca el avance de los trabajadores y supervisores, promoviendo la integración de las prácticas ergonómicas en su rutina laboral. Los indicadores de éxito del programa incluyeron la reducción de quejas musculoesqueléticas, la disminución de incidentes relacionados con factores ergonómicos, y un aumento en la adopción de prácticas ergonómicas seguras. Las sesiones teórico-prácticas fueron acompañadas de evaluaciones de conocimiento, seguimiento y retroalimentación constante para asegurar la correcta implementación de las prácticas y promover un entorno laboral más seguro y saludable.

Tras desarrollar las propuestas para reducir los riesgos laborales, se llevó a cabo una evaluación teórica para analizar su impacto potencial, utilizando metodologías como la Evaluación Rápida según la norma ISO 11228 y el Método REBA. Estas herramientas permitieron estimar los beneficios de las mejoras en términos de reducción de los riesgos ergonómicos, particularmente en lo que respecta a movimientos repetitivos y posturas inadecuadas. El análisis proyectó una disminución significativa en el nivel de riesgo en varias actividades críticas, destacando una reducción del 100% en los riesgos derivados de posturas estáticas y una reducción del 50% en los riesgos asociados con la manipulación manual de cargas. Con el fin de visualizar el impacto directo de las mejoras propuestas en los indicadores de seguridad, se elaboró una proyección teórica que consideró una reducción del 60% en los índices de frecuencia y severidad de los accidentes. Estos valores se reflejan en la TABLA VII, que presenta tanto los valores actuales como los valores proyectados, mostrando el efecto positivo de la implementación de las propuestas de mejora. Esta proyección sugiere una mejora significativa en las condiciones de trabajo y la salud ocupacional de los empleados, anticipando una notable disminución en la frecuencia de los accidentes y en la gravedad de los mismos, lo que generaría un entorno laboral más seguro y saludable.

TABLA VII
COMPARACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES ACTUALES Y LOS PROPUESTOS

Indicador	Actual	Propuesto (60% de reducción)
Índice de Frecuencia	1 429	571,6
Índice de Severidad	2 405	962

Fuente: Elaboración propia

La implementación de mejoras en los puestos de trabajo para reducir los riesgos disergonómicos generó beneficios significativos para la empresa de alimentos. Esta estrategia resultó en una notable disminución de las multas impuestas por Sunafil, las cuales en 2021 sumaron 25 960 soles debido a la infracción 5,9, y que se multiplicaban anualmente con el incremento del valor de la UIT, lo que hizo urgente la adopción de estas mejoras. Asimismo, la empresa logró reducir los costos asociados al ausentismo laboral, estimados en 8 750 soles, y los gastos por contratación de personal, que ascendieron a 5 914 soles, según lo mostrado en la TABLA VIII. Estas medidas no solo optimizaron la seguridad y el bienestar de los empleados, creando un entorno de trabajo más saludable, sino que también contribuyeron a mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad global de la empresa

TABLA VIII
COSTOS DE REEMPLAZO

Costos de contratación	Operarios Extrusoras	Operarios Envasadores	Operarios Envasadores
Canales de reclutamiento	430,00	430,00	430,00
Proceso de reclutamiento y selección	657,50	657,50	657,50
Procedimiento de contratación e inducción	68,33	68,33	65,00
Procedimiento de entrenamiento	830,00	830,00	790,00
Total	S/ 1 986	S/ 1 986	S/.1 943

Fuente: Empresa de estudio

La inversión en la propuesta de mejora fue relativamente baja, lo que permitió una rápida recuperación en el flujo de caja, ya que, en el primer año, se obtuvo una utilidad neta de S/. 83 603 y, a partir de ese punto, se calculó un Período de Recuperación de la Inversión (PRI) de 1,79 años, mostrando que la inversión se recuperó en menos de dos años. Además, los resultados financieros mostraron un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 191 537, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 27% y una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1,71.

La fórmula utilizada para el cálculo del PRI fue:

$$PRI = 1 + \frac{\text{Saldo restante al inicio del último año}}{\text{Utilidad neta del último año}} = 1 + \frac{68\,097}{86\,503} = 1,79 \text{ años} \approx 1 \text{ año } 9 \text{ meses}$$

Finalmente, en la TABLA IX se presentó el flujo de caja, donde se detallaron los beneficios obtenidos a partir de estas mejoras y los costos involucrados en la inversión realizada,

evidenciando un impacto positivo en la sostenibilidad financiera de la empresa a largo plazo.

TABLA IX
FLUJO DE CAJA

BENEFICIOS	Unidad	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)
Infracción valor	UIT	S/ 0	S/ 4 600	S/ 4 950	S/ 5 150
Multa por Sunafil	S/.	S/ 0	S/ 27 140	S/ 29 205	S/ 30 385
Costos ausentismo	S/.	S/ 0	S/ 9 013	S/ 9 013	S/ 9 013
Costos por reemplazo	S/.	S/ 0	S/ 78 408	S/ 80 760	S/ 83 183
Total Beneficios		S/ 0	S/ 114 560	S/ 118 977	S/ 122 580
COSTOS					
Banda transportadora	S/.	S/ 114 000	S/ 0	S/ 0	S/ 0
Silla Semi-Sentado	S/.	S/ 24 000	S/ 0	S/ 0	S/ 24 720
Leds tubulares	S/.	S/ 2 400	S/ 2 472	S/ 2 546	S/ 2 623
Capacitación en ergonomía	S/.	S/ 4 500	S/ 4 635	S/ 4 774	S/ 4 917
Consumo eléctrico	S/.	S/ 1 000	S/ 1 030	S/ 1 061	S/ 1 093
Costo de instalación	S/.	S/ 5 800	S/ 0	S/ 0	S/ 5 974
Costo de mantenimiento	S/.	S/ 0	S/ 1 030	S/ 1 061	S/ 1 093
		S/ 151			
Total Costos		700	S/ 9 167	S/ 9 442	S/ 40 419
UTILIDAD BRUTA		-S/ 151	S/ 105	S/ 109	
		700	393	535	S/ 82 161
Depreciación			S/ 14 040	S/ 14 040	S/ 14 040
Utilidad a Impuestos			S/ 119	S/ 123	
Impuestos			433	575	S/ 96 201
Impuestos			S/ 35 830	S/ 37 073	S/ 28 860
UTILIDAD NETA		-S/ 151			
		700	S/ 83 603	S/ 86 503	S/ 67 341

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIONES

Para el desarrollo del primer objetivo se tuvo como referencia las metodologías de la observación y la entrevista aplicada en [5], teniendo como resultado que el 80% de la carrera de Agrícola sus puestos están diseñados con mediciones antropométricas, sin embargo, la carrera de Agroindustrias posee un 60% de deficiencias, así mismo se tuvo como referencia a [6] como REBA para posturas estáticas y NIOSH para carga manual teniendo como resultados que la fuerza de trabajo se realiza por encima de los hombros generando al trabajador molestias en extremidades superiores y zona lumbar; los resultados del método NIOSH indican que el riesgo más alto en el área de cocina caliente por el transporte de los insumos, y que comprenden pesos de 17 Kg hasta 26,3 Kg. En cambio, en la presente investigación antes de aplicar Reba y Niosh también se consideró conveniente para el diagnóstico hacer uso de la evaluación rápida de la ISO 11228 la cual se obtuvo que operario 4 predomina el peligro MM debido a que carga durante toda su jornada laboral sacos de 30kg y que el 86% existe el peligro de PE de manera crítica.

Por otro lado, los resultados del segundo objetivo son comparables con [8], con su artículo titulado «Diseño correcto de la estación de trabajo» en el cual presenta los diferentes aspectos que tiene que analizar el diseñador de puestos de trabajo, para brindar al empleado un ambiente seguro, saludable y productivo, mencionando que para poder alcanzar los objetivos se debe lograr que el empleado participe en la toma de conciencia de que muchas lesiones pueden evitarse con la adopción de posturas adecuadas. Dado esto, en la investigación se aplicaron varias mejoras según las jerarquías de control.

Adicionalmente, se tomó como referencia [9], donde se introdujeron mejoras ergonómicas en una línea de producción de alimentos, evidenciando beneficios tanto para el trabajador como para la organización, dando apoyo para el desarrollo del tercer objetivo donde demostró de manera numérica los posibles beneficios que se obtienen por introducir mejoras ergonómicas en puestos de trabajo en una línea de producción de alimentos. Obtuvieron que las partes del cuerpo más afectadas fueron: el cuello con 71%, el hombro-brazo un 74% y la pierna-tobillo del lado derecho un 76%. Dado estos resultados con la ayuda del diseño de sillas ergonómicas y construcción del elevador de carros de transporte de servicio se redujo el riesgo total de un nivel de riesgo alto a un nivel de riesgo moderado (35- 16), mediante la implementación de silla se-mi sentado, bandas transportadoras y capacitaciones se logró disminuir los peligros de PE y MM de riesgo moderado o bajo a cero puntuaciones.

Finalmente, se justificó el análisis costo-beneficio como herramienta clave para la toma de decisiones, tal como se plantea en [10], y se reforzó el enfoque con los aportes de [11] y [12], quienes presentan estudios de caso con evaluaciones financieras de intervenciones ergonómicas. Estos trabajos destacan beneficios como la disminución del ausentismo y la rotación laboral. Por ejemplo, en [10] se reportó una relación beneficio/costo de 4,04, con una inversión inicial de \$77 870 y un ahorro de \$236 360 en tres años. En comparación, el presente estudio logró recuperar la inversión en 1 año y 9 meses, alcanzando un índice B/C de 1,71 y una utilidad neta de S/. 83 603 en el primer año.

VI. CONCLUSIONES

En conclusión, la propuesta de mejora de los puestos de trabajo en el área de producción de una empresa de alimentos permitió reducir significativamente los riesgos disergonómicos, logrando eliminar por completo aquellos asociados con posturas estáticas y reducir en un 50 % los relacionados con la manipulación manual de cargas. El análisis previo evidenció una alta prevalencia de malas posturas, afectando al 71 % del personal operativo. Para mitigar estos riesgos, se implementaron bandas transportadoras y se introdujeron nuevas prácticas ergonómicas, como el uso de sillas semisentadas y la

ejecución de pausas activas, lo cual contribuyó notablemente al bienestar de los trabajadores.

Desde el punto de vista económico, la inversión realizada ascendió a S/. 151 700, generando un valor neto actual (VNA) de S/. 191 537 y una tasa interna de retorno (TIR) del 27 %. Estos resultados evidenciaron que la propuesta no solo fue efectiva en términos de salud ocupacional, sino también rentable, con un beneficio de S/. 1,71 por cada sol invertido.

REFERENCES

- [1] O. I. d. Trabajo, «Organización Internacional del Trabajo,» 2020. [En línea]. Available: <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>. [Último acceso: 2 abril 2022].
- [2] O. m. d. l. salud, «Organización mundial de la salud Protección de la salud de los trabajadores,» 30 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health>. [Último acceso: 2 abril 2022].
- [3] O. m. d. l. salud, «Organización mundial de la salud La OMS y la OIT alertan de que las jornadas de trabajo prolongadas aumentan las defunciones por cardiopatía isquémica o por accidentes cerebrovasculares,» 17 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news/item/17-05-2021-long-working-hours-increasing-deaths-from-heart-disease-and-stroke-who-ilo>. [Último acceso: 2 abril 2022].
- [4] MINSA, «DIGESA,» [En línea]. Available: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSO/informes/VIGILANCIA%20DE%20LOS%20AMBIENTES%20DE%20TRABAJO.2011-2012.pdf>. [Último acceso: 12 MARZO 2023].
- [5] M. Ormaza, M. Félix, G. Real y C. Parra, «Procedimiento para el diagnóstico del diseño físico de los puestos de trabajo,» ISSN 1815-5936, vol. 36, n° 6, pp. 253-262, 2015. DOI: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360442335003>
- [6] R. Molina, I. Galarza, C. Villegas y P. López, «Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de catering» Turismo y Sociedad, vol. 23, pp. 101-123, 2018. DOI:10.18601/01207555.n23.06
- [7] N. Gavilánez, J. Orozco, J. Moyano y J. Brito, «Evaluación de riesgos ergonómicos en productores de cacao,» redalyc, vol. 6, n° 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v6i12.1433>
- [8] M. Párraga, «Diseño correcto de la estación de trabajo,» Notas científicas, vol. 6, n° 1, pp. 95-98, 2003. DOI:10.15381/idata.v6i1.6016
- [9] Y. Rodríguez, E. Pérez y L. Vázquez, «Introducción de mejoras ergonómicas. Beneficios para la organización» Scielo, vol. 36, n° 2. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/6907>
- [10] H. Yener, «Cost-benefit analysis of ergonomics-sustainability projects» bmij, vol. 10, n° 4, pp. 1218-1227, 2022. DOI:10.15295/bmij.v10i4.2115
- [11] Fahmy Charl Fahmy, Moataza Wahab, Kamal Noweir, Adel Zakaria, «Cost-Benefit Analysis of Ergonomic Program for Management of Low back Problems among Office Workers» Bulletin of High Institute of Public Health, vol. 41, n° 2, 2011. DOI: 10.21608/jhiph.2011.20154
- [12] R. Goggins, Peregrin y G. Nothstein, «Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis» Research, p. 339-344. DOI:10.1016/j.jsr.2007.12.006
- [13] G. Guevara, A. Verdesoto y N. Castro, «Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)» Recimundo, vol. 4, n° 3, pp. 163-173, 2020. DOI: [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- [14] J. Castro, L. Gómez y E. Camargo, «La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI» Revista de la escuela de postgrado, vol. 27, n° 75, pp. 140-174, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- [15] Ministerio de Trabajo, 11 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.instt.es/documents/94886/509319/Procedimiento+para+la+evaluaci%C3%B3n+de+los+riesgos+ergon%C3%B3micos.pdf/02b46c6b-7aa9-4fea-a6fd-fbf7253a8e8>. [Último acceso: 31 agosto 2022].
- [16] Romero, Gestión de la prevención de riesgos laborales: OHSAS 18001, directrices OIT y otros modelos, Díaz de Santos, 2002.
- [17] El Peruano., «Reglamento de la Ley general de inspección del trabajo,» [En línea]. Available: <https://lpderecho.pe/reglamento-ley-general-inspeccion-trabajo-decreto-supremo-19-2006-tr-actualizado/>.
- [18] INACAL, «Scrib,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/648706402/6-Ergonomia-NTP-ISO-TR-12295-2021>. [Último acceso: octubre 2024].
- [19] INDECOPI, «NTP ISO 9612,» [En línea]. Available: <https://campusvirtual.cenoeder.com/wp-content/uploads/2023/05/ISO-9612.pdf>. [Último acceso: Octubre 2024].
- [20] Gobierno del Perú, «NORMA EM.010,» [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686413/EM.010%20Instalaciones%20El%C3%A9ctricas%20Interiores.pdf>. [Último acceso: diciembre 2023].
- [21] Nogareda, «Prevención integral,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.prevencionintegral.com/documentacion/ntp/ntp-1011#:~:text=El%20consumo%20metab%C3%B3lico%20sirve%20para,8996%20%E2%80%9CErgonom%C3%ADa%20del%20ambiente%20%C3%A9rmico>. [Último acceso: 25 enero 2023].
- [22] O. González, E. Gregori, P. Mondelo y M. Gómez, Ergonomía 4, Barcelona: Universidad politécnica de Catalunya, 2001.
- [23] Keegan, «Alterations of the lumbar curve related to posture and seating,» The Journal of Bone & Joint Surgery, vol. 35, n° 3, pp. 589-603, 1953.