

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial.

Elaborado por:

Bach. Miguel Angel Ochoa Bustamante

 [0009-0007-0540-3262](https://orcid.org/0009-0007-0540-3262)

Asesor:

MSc. Ing. Rosa Amparo Becerra Paucar

 [0000-0002-7406-5072](https://orcid.org/0000-0002-7406-5072)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Ochoa Bustamante [1]
Referencia/Reference	[1] M. Ochoa Bustamante, " <i>Implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	
Citar/How to cite	(Ochoa, 2025)
Referencia/Reference	Ochoa, M. (2025). <i>Implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A Dios, por brindarme fortaleza y temple permitiéndome recorrer este camino
llamado vida*

*A mi familia que con su constante apoyo me permitieron no desistir durante el
recorrido de todo este proceso.*

A mi novia que con su buen consejo y motivación me permitió mejorar día a día.

*Finalmente, a mis amigos y compañeros, que con sus palabras y sugerencias
aportaron en la lucha diaria.*

Agradecimientos

A la organización y sus trabajadores por permitirme ejecutar el presente estudio.

A mi familia por brindarme su apoyo en cada paso.

A mi novia por ser pilar de soporte durante todo este recorrido.

Al Ing. Javier Taipe, por su predisposición, consejo y soporte en el afinamiento del estudio.

A mi asesora Msc. Ing. Rosa Amparo Becerra Paucar que con su buen consejo, desafío y soporte me permitieron complementar la presente tesis y lograr un muy buen resultado.

Resumen

Una empresa contratista de servicios de mantenimiento donde uno de sus puestos resulta ser el de llanero posee una problemática en la tarea de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos, en la actividad de cambio y reparación de neumáticos, debido a reportes de dolor en la zona lumbar y extremidades inferiores, así como también fatiga al término de las actividades.

El presente estudio tiene por objetivo evidenciar el aporte de la implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto, y como este impacta sobre el riesgo, esfuerzo y productividad del puesto en la tarea mencionada.

Para el estudio se empleó el análisis de toda la población del puesto de llanero que corresponde a 2 trabajadores, además se recopiló información del proceso, herramientas y entorno, se tomaron mediciones antropométricas a cada uno de los trabajadores con el fin de obtener una evaluación a la medida de cada trabajador.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la implementación del soporte de llave de impacto para la tarea en estudio, si aporta a la reducción del riesgo por sobreesfuerzo articular en 4 articulaciones: Lumbar (L5/S1), cadera, rodilla y tobillo, por otra parte, se evidencia influencia en la reducción del esfuerzo percibido, finalmente, se pudo evidenciar influencia sobre la productividad de la tarea brindando un incremento de esta en un 139%.

Palabras Clave – Posturas forzadas, metodología BIOMECH, pistola neumática, soporte de apoyo de llave de impacto, control de ingeniería.

Abstract

A maintenance services contractor company, where one of its positions is that of a tire repairman, has a problem in the task of loosening and tightening tire nuts, in the activity of changing and repairing tires, due to reports of pain in the lumbar area and lower extremities, as well as fatigue at the end of the activities.

The present study aims to demonstrate the contribution of the implementation of an impact wrench support stand, and how this impacts the risk, effort and productivity of the position in the aforementioned task.

For the study, the analysis of the entire population of the tire repair position was used, which corresponds to 2 workers. In addition, information was collected on the process, tools and environment, and anthropometric measurements were taken from each of the workers in order to obtain an evaluation tailored to each worker.

From the results obtained, it is concluded that the implementation of the impact wrench support for the task under study, does contribute to the reduction of the risk of joint overexertion in 4 joints: Lumbar (L5 / S1), hip, knee and ankle, on the other hand, influence is evident in the reduction of perceived effort, finally, influence on the productivity of the task could be seen, providing an increase of this by 139%.

Keywords – Forced postures, BIOMECH methodology, pneumatic gun, impact wrench support stand, engineering control.

Tabla contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xvi
Capítulo I. Parte Introdutoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación	1
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Justificación y viabilidad.....	3
1.3.1 Justificación e importancia	3
1.3.2 Viabilidad y factibilidad	4
1.4 Objetivos del estudio.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Antecedentes investigados	5
Capítulo II. Marco teórico, conceptual y legal	8
2.1 Marco teórico	8
2.1.1 Ergonomía	8

2.1.2 Antropometría	10
2.1.3 Jerarquía de controles.....	12
2.2 Marco conceptual.....	14
2.2.1 Biomecánica.....	14
2.2.2 Productividad	15
2.2.3 Riesgos ergonómicos.....	17
2.2.4 Llave de impacto neumática.....	18
2.2.5 Soporte de apoyo de llave de impacto neumática	19
2.2.6 Identificación de peligros y evaluación de riesgos	22
2.2.7 Funcionamiento del resorte a gas	25
2.2.8 Longitud de segmentos corporales.....	27
2.2.9 Escala de esfuerzo percibido de BORG	32
2.2.10 Metodología BIOMECC	34
2.3 Marco legal	42
2.3.1 Ley 29783	42
2.3.2 DS 005-2012-TR	43
2.3.3 RM-375-2008-TR	43
2.3.4 DS 024-2016-EM	43
Capítulo III. Hipótesis y variabilidad.....	45

3.1 Hipótesis de la investigación	45
3.1.1 Hipótesis general	45
3.1.2 Hipótesis específicas.....	45
3.2 Variables.....	46
3.2.1 Variable independiente.....	46
3.2.2 Variable dependiente	46
3.3 Operacionalización de las variables	47
Capítulo IV. Desarrollo del trabajo de investigación.....	48
4.1 Datos de la empresa	48
4.2 Descripción del puesto evaluado.....	48
4.3 Diseño experimental	49
4.4 Metodología	50
4.4.1 Alcance y limitaciones	50
4.4.2 Tipo de investigación.....	50
4.4.3 Diseño de investigación	50
4.4.4 Población y muestra.....	50
4.4.5 Instrumentos	51
4.4.6 Procedimiento	51
4.5 Aplicación y obtención de resultados	52

4.5.1 Detalles del puesto.....	52
4.5.2 Reconocimiento de la actividad.....	53
4.5.3 Medidas antropométricas de los trabajadores.....	54
4.5.4 Evaluación del riesgo – Método IPERC.....	55
4.5.5 Evaluación del riesgo – Método BIOMECH.....	56
4.5.6 Jerarquía de controles.....	61
4.5.7 Control de ingeniería soporte de llave de impacto.....	62
4.5.8 Costo de implementación.....	63
4.5.9 Implementación del control.....	63
4.5.10 Reevaluación del riesgo – Método IPERC.....	63
4.5.11 Reevaluación del riesgo – Método BIOMECH.....	64
4.5.12 Influencia del control sobre la productividad.....	71
4.5.13 Influencia del control sobre el esfuerzo percibido.....	73
Capítulo V. Análisis y discusión de resultados.....	75
5.1 Análisis y discusión de resultados.....	75
5.2 Contrastación de hipótesis.....	80
Conclusiones.....	82
Recomendaciones.....	85
Referencias bibliográficas.....	86

Anexos.....	90
-------------	----

Lista de tablas

Tabla 1: Escala de Borg (CR-10) para la percepción del esfuerzo	33
Tabla 2: Porcentaje de la carga máxima recomendable	41
Tabla 3: Matriz de consistencia	47
Tabla 4: Medidas antropométricas de llanero 1	54
Tabla 5: Medidas antropométricas de llanero 2	54
Tabla 6: Estimación del riesgo sin controles.....	56
Tabla 7: Cálculo de la frecuencia de veces de ajuste y desajuste	57
Tabla 8: Resultados postura 1 llanero 1	59
Tabla 9: Resultados postura 2 llanero 1	60
Tabla 10: Resultados postura 1 llanero 2	60
Tabla 11: Resultados postura 2 llanero 2	61
Tabla 12: Jerarquía de controles propuesta	61
Tabla 13: Estimación del riesgo con controles.....	64
Tabla 14: Resultados del control de riesgo llanero 1	67
Tabla 15: Resultados del control de riesgo llanero 2	67
Tabla 16: Resultados postura recomendada 1 Llanero 1.....	69
Tabla 17: Resultados postura recomendada 1 Llanero 2.....	70
Tabla 18: Resultados postura recomendada 2 Llanero 1.....	70

Tabla 19: Resultados postura recomendada 2 Llantero 2.....	71
Tabla 20: Resultados del cálculo de productividad	72
Tabla 21: Resultados de estimación de percepción previo al control.....	73
Tabla 22: Resultados de estimación de percepción posterior al control.....	74

Lista de figuras

Figura 1: Medidas antropométricas más empleadas	11
Figura 2: Jerarquía de controles.....	13
Figura 3: Aplicación de la biomecánica en el entorno laboral	14
Figura 4: Uso de pistola neumática	19
Figura 5: Soporte de apoyo de llave de impacto.....	20
Figura 6: Matriz de evaluación de riesgos	23
Figura 7: Nivel de riesgo	24
Figura 8: Criterios de severidad.....	24
Figura 9: Criterios de probabilidad.....	25
Figura 10: Partes del resorte a gas	27
Figura 11: Medición de estatura	28
Figura 12: Medición de altura de hombro	28
Figura 13: Medición de altura de codo.....	29
Figura 14: Medición de la altura de la columna ilíaca	30
Figura 15: Medición de altura de la entrepierna.....	31
Figura 16: Medición de altura de la tibia	31
Figura 17: Analogía miembro – palanca	35
Figura 18: Esquema de momentos y cargas en el codo	36

Figura 19: Medición de ángulos entre segmentos	40
Figura 20: Taller de llantería.....	53
Figura 21: Postura frecuente 1	57
Figura 22: Ángulos corporales en postura frecuente 1	58
Figura 23: Postura frecuente 2	58
Figura 24: Ángulos corporales en postura frecuente 2	59
Figura 25: Soporte de llave de impacto IMPACT BOOM	62
Figura 26: Postura de llantero 1 con control del riesgo.....	65
Figura 27: Ángulos corporales de llantero 1	65
Figura 28: Postura de llantero 2 con control del riesgo.....	66
Figura 29: Ángulos corporales de llantero 2	66
Figura 30: Postura recomendada 1	68
Figura 31: Postura recomendada 2	69
Figura 32: Diagrama de análisis de causas del nivel de riesgo	75

Introducción

En el ámbito laboral, la seguridad y el bienestar de los trabajadores resultan ser aspectos fundamentales que deben ser adecuadamente gestionados, especialmente cuando las tareas involucran un esfuerzo físico significativo. Las labores relacionadas con la reparación y el mantenimiento de vehículos o de equipos pesados, como el puesto de trabajo de llantero, resulta ser un ejemplo concreto de trabajos que involucran un alto nivel de carga física y el uso de herramientas pesadas. Una de las herramientas más comunes en esta labor es la pistola de impacto, utilizada para retirar las tuercas de los neumáticos de los vehículos. No obstante, esta herramienta, que posee un peso promedio de 15 kg, puede generar un esfuerzo considerable al ser manipulada por el trabajador durante el desarrollo de la jornada.

El uso continuo de la pistola de impacto sin medidas de control adecuadas puede desencadenar una serie de problemas de salud, como lesiones, trastornos musculoesqueléticos y fatiga, afectando tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores. Este riesgo se cataloga como riesgo ergonómico, que surge cuando el trabajador adopta posturas forzadas o manipula equipos que exigen esfuerzos físicos.

Esta tesis trata de la aplicación de un control de ingeniería para el control del riesgo ergonómico asociado a la actividad de ajuste y desajuste de tuercas por medio del uso de la pistola neumática para el puesto de llantero, en una empresa contratista de servicios de mantenimiento. El control de ingeniería consistió en la implementación de una herramienta de trabajo novedosa denominada soporte de apoyo ergonómico para pistola de impacto, para la actividad antes comentada. En el desarrollo de esta tesis se explica la problemática existente que llevó a la necesidad del control y de los resultados positivos que se obtuvieron tras ser implementado.

Capítulo I: Parte Introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Con base en la revisión bibliográfica a nivel Perú no se han desarrollado muchos estudios respecto a los factores de riesgo a los que se exponen los trabajadores del sector mantenimiento especializado como resulta la función de llantero, estos puestos se ponen en operatividad en variedad de ocasiones sin medidas de control tanto a nivel laboral formal como informal, por lo que sus posibles consecuencias pueden ser obviadas.

Actualmente la medida de control de ingeniería a nivel ergonómico resulta clave en el ámbito laboral, ya que tanto la seguridad industrial con la ergonomía se emplea para poder dar solución a la gran variedad de situaciones que estas ameriten, por tanto, tal manera de actuar brinda prevención en 2 ejes importantes: Prevención de lesiones y enfermedades.

Finalmente existen estudios internacionales y nacionales relacionados a la implementación de controles de ingeniería asociado al riesgo de tipo ergonómico y los beneficios obtenidos posterior a su desarrollo.

1.2 Descripción del problema de investigación

En la empresa donde se realizará el presente estudio, no se dispone de un precedente de evaluaciones ergonómicas para el puesto de llantero en la actividad de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos, por lo que se desconoce el nivel de riesgo ergonómico que las posturas adoptadas por la actividad podrían generar durante su jornada laboral.

Asimismo, en reportes previos, los trabajadores del área han manifestado a su supervisión malestar en zona lumbar y extremidades inferiores durante y al finalizar una jornada por uso de pistola neumática para la actividad.

Por lo antes expuesto resulta clave considerar estas molestias manifestadas por el personal involucrado en el presente estudio, ya que estos malestares podrían estar asociados a un posible riesgo ergonómico por la adopción de posturas y manipulación de la carga.

De esta manera, se plantea la pregunta para esta problemática: ¿La implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto aportará a la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos?

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto aportará a la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento?

1.2.2 Problemas específicos

Problema Específico 1: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería?

Problema Específico 2: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería?

Problema Específico 3: ¿Cuál es la influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea?

Problema Específico 4: ¿Cuál es la influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad?

1.3 Justificación y viabilidad

1.3.1 Justificación e importancia

En el Perú, el sector de servicios de mantenimiento se encuentra en auge. Sin embargo, en el proceso de ejecución de las operaciones, se tiende a subestimar las condiciones laborales, sin que estas mejoren junto con el desarrollo del sector. Como resultado, el avance en este sector de manera frecuente pasa por alto las condiciones de trabajo en cada puesto, incrementando así el riesgo de lesiones o enfermedades debido a la exposición prolongada a condiciones inseguras.

Uno de los principales problemas en este contexto son los factores ergonómicos. Las medidas para eliminar o reducir estos riesgos solo son efectivas si se realizan evaluaciones periódicas y oportunas. Además, la exposición a estos factores puede provocar enfermedades silenciosas y degenerativas, como son los trastornos musculoesqueléticos.

Este estudio tiene como objetivo no solo cumplir con las normativas legales vigentes para el sector de servicios de mantenimiento, sino también mejorar las condiciones de trabajo, con el fin de ofrecer a los trabajadores un entorno cómodo, seguro y saludable, de forma complementaria se busca así incrementar la productividad del personal. Además, se espera que este trabajo sirva como modelo para que otros sectores relacionados lleven a cabo estudios que promuevan la mejora continua y prevención de las lesiones y enfermedades.

La presente investigación se realiza con la finalidad de evidenciar la reducción del nivel de riesgo ergonómico al emplear un soporte de apoyo de llave de impacto durante la actividad de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos para el puesto de llantero en una empresa contratista de servicios de mantenimiento.

1.3.2 Viabilidad y factibilidad

La viabilidad de esta investigación se encuentra asegurada ya que se cuenta con el acceso a las instalaciones de la empresa de servicios de mantenimiento ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho en el departamento de Lima - Perú. El acceso a datos relevantes sobre las actividades ha sido asegurado, ya que serán brindados por medio de la línea de supervisión y trabajadores, lo que permite una evaluación detallada del riesgo.

La factibilidad del estudio se sustenta en la disponibilidad de metodologías que permiten la evaluación del riesgo, como resulta ser el método BIOMECH, la cual es una herramienta apropiada y específica para la evaluación del riesgo ya que permite mostrar el impacto del antes y después. Esta metodología no requiere de inversión significativa ya que se encuentra al alcance del tesista, lo que facilita su aplicación en el caso de estudio.

Para la situación de recursos financieros, la investigación es factible dado que la organización hace la adquisición de la medida de control, respecto a las evaluaciones, material y evaluaciones estas se encuentran dentro del presupuesto del Tesista.

Por lo tanto, la viabilidad y factibilidad son adecuadas, asegurando que los objetivos planteados se pueden cumplir de manera efectiva.

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 Objetivo general

Implementar un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento.

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo Específico 1: Determinar el nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería

Objetivo Específico 2: Determinar el nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería

Objetivo Específico 3: Determinar la influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea

Objetivo Específico 4: Determinar la influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad

1.5 Antecedentes investigados

(Orué, 2021) .Esta investigación se ejecutó en Perú, para la actividad de cambio de forros del cilindro de molino para el puesto de mecánico, y soldador, en el cual se evidencia la existencia del riesgo de golpeado por debido a que para su desarrollo se emplea una herramienta inadecuada, la consecuencia más probable en caso de lesión resultaría en fracturas, golpes u amputaciones, en el mercado no existe una herramienta específica que resuelva dicha actividad, por ello se optó por la fabricación de una herramienta manual,

llamada BOTA PERNOS, para su diseño y fabricación se emplearon métodos de resistencia de materiales lo cual garantiza la adecuada fabricación de la misma.

El nivel de riesgo calculado para esta actividad resultó ser de nivel INTOLERABLE, que al ser implementada permite reducir el riesgo a nivel MEDIO, por lo que se concluye que la implementación ayudó a minimizar el tiempo de despernado de los forros del molino, debido a que los trabajadores realizaban sus labores con más confianza, porque se eliminó la posibilidad de lesiones en la mano.

(Valencia, 2023). Este trabajo tiene como objetivo principal proponer mejoras en el diseño de la mesa de trabajo del cajero en el sector retail. Se realizó evaluaciones de las condiciones laborales, enfocándose en el riesgo ergonómico al que está expuesto el personal, clasificándolo en niveles alto, medio o bajo. Además, se incorpora un enfoque antropométrico, utilizando mediciones específicas para adecuar la propuesta a las necesidades de los trabajadores en Lima.

Se utilizó la metodología RULA para evaluar la carga postural y OCRA para movimientos repetitivos, aplicándola en 35 tiendas, cada una con un cajero. Los resultados indican que no se han implementado medidas preventivas para reducir los riesgos ergonómicos, ya que se identificaron niveles de riesgo medio y alto en la carga postural, mientras que en los movimientos repetitivos se obtuvo un nivel bajo.

Por lo tanto, se concluye que más de la mitad de los puestos evaluados necesitan cambios en las condiciones del mobiliario y se recomienda actuar a corto plazo para rediseñar la mesa de trabajo.

(Moran, 2023) . Este estudio se centró en analizar las condiciones de seguridad e identificar algunos de los factores de riesgo ergonómico en los operarios del área de desarmado de motores de una empresa de maquinaria pesada. Se utilizó el método REBA, un instrumento confiable para medir estos factores, que permite identificar con mayor precisión las partes del cuerpo que pueden verse afectadas por estos trastornos, con el fin de proponer alternativas de control que disminuyan dichos riesgos.

Tras la evaluación, se concluye que es pertinente implementar un sistema de control para reducir los riesgos ergonómicos en la empresa, lo cual contribuirá a disminuir los casos de TME y, por ende, a mejorar la productividad y los beneficios.

(Martinez & Calderón, 2021). Esta investigación se enfocó en desarrollar una propuesta para mejorar la ergonomía y aumentar la productividad en un taller de mantenimiento de vehículos de carga pesada del sector automotriz. Se analizaron factores de riesgo como fatiga física, posturas forzadas y movimientos repetitivos. El objetivo fue mejorar las condiciones laborales y reducir los tiempos de ejecución mediante nuevas herramientas.

Se diagnosticó la situación actual y se identificaron problemas como la inadecuada clasificación de puestos, infraestructura deficiente y falta de capacitación. Se utilizaron softwares ergonómicos para confirmar un alto nivel de riesgo en las actividades del taller.

La propuesta incluyó construir losas de cemento, adquirir herramientas ergonómicas y ofrecer capacitación en SST, con una inversión total de S/ 16,359.00. El análisis costo-beneficio mostró un valor actual neto (VAN) positivo y una tasa interna de retorno (TIR) del 27%, superior a lo esperado.

Capítulo II: Marco teórico, conceptual y legal

2.1 Marco teórico

2.1.1 Ergonomía

En la actualidad, la ergonomía se puede definir de la siguiente manera acorde a (AEE, 2021):

De acuerdo con la Asociación Internacional de Ergonomía, esta comprende un conjunto de conocimientos científicos aplicados con el fin de adaptar el trabajo, los sistemas, productos y ambientes a las capacidades y limitaciones tanto físicas como mentales de las personas.

Por otro lado, la Asociación Española de Ergonomía define la ergonomía como un conjunto de conocimientos multidisciplinarios aplicados para ajustar los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, buscando optimizar la eficacia, seguridad y bienestar.

Objetivos

El propósito principal de la ergonomía es adecuar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano.

Cada elemento ergonómico en el entorno laboral se diseña teniendo en cuenta a las personas que lo utilizarán. De igual manera, la organización empresarial debe diseñarse teniendo en cuenta las características y necesidades de las personas que la conforman.

La psicología aplicada se basa en la idea de que las necesidades de las personas y las organizaciones son cambiantes, al igual que las estructuras sociales y políticas. Por lo tanto, las organizaciones no deben funcionar de manera aislada, sino que deben estar al tanto de estos cambios.

Hoy en día, se exige calidad en la vida laboral. Aunque este concepto es difícil de expresar en palabras exactas, se puede entender como el conjunto de condiciones laborales que no solo evitan dañar la salud, sino que también proporcionan oportunidades para el desarrollo personal, como tareas más enriquecedoras, participación en la toma de decisiones, mayor autonomía y posibilidades de crecimiento personal, entre otros aspectos.

Los principales objetivos de la ergonomía y la psicología aplicada incluyen:

- Identificar, analizar y reducir los riesgos laborales (tanto ergonómicos como psicosociales).
- Adaptar los puestos y condiciones laborales a las características de los trabajadores.
- Contribuir a la mejora de las condiciones de trabajo, no solo desde el punto de vista material, sino también en lo que respecta a los aspectos socio-organizativos, con el fin de que el trabajo se realice con la mayor seguridad, confort, satisfacción y eficacia posible.
- Supervisar la incorporación de nuevas tecnologías en las organizaciones, adaptándolas a las capacidades de la fuerza laboral existente.
- Establecer estándares ergonómicos para la adquisición de herramientas, utensilios y materiales diversos.
- Aumentar la motivación y satisfacción de los trabajadores.

Clasificación

La ergonomía puede clasificarse en las siguientes áreas:

- Ergonomía de puestos / ergonomía de sistemas.
- Ergonomía de concepción o ergonomía correctiva.
- Ergonomía geométrica.
- Ergonomía ambiental.
- Ergonomía temporal o cronoergonomía.
- Ergonomía informática: hardware y software.

2.1.2 Antropometría

La antropometría estática o estructural se enfoca en medir las dimensiones estáticas, es decir, aquellas que se obtienen cuando el cuerpo se encuentra en una posición fija y definida. Sin embargo, dado que las personas normalmente están en movimiento, se ha desarrollado la antropometría dinámica o funcional, que tiene como objetivo medir las dimensiones dinámicas, que son aquellas tomadas durante el movimiento asociado a diversas actividades. Conocer las dimensiones estáticas es fundamental para diseñar los puestos de trabajo, ya que permite determinar las distancias necesarias entre el cuerpo y su entorno, así como las medidas de los muebles, herramientas, entre otros. Las dimensiones estructurales de los distintos segmentos del cuerpo se miden en individuos en posturas estáticas, ya sea de pie o sentados. Dependiendo de lo que se esté diseñando, se pueden tomar múltiples datos antropométricos estáticos del cuerpo humano. En la figura 1 se muestran algunas de las medidas antropométricas más comunes en el diseño ergonómico de los puestos de trabajo.

antropometría dinámica es una disciplina compleja que requiere conocimientos en biomecánica para analizar los movimientos del trabajador durante las tareas que realiza. No es difícil llegar a la conclusión de que el diseño adecuado de los puestos de trabajo debe considerar tanto las dimensiones estáticas como las dinámicas. Las variables antropométricas son principalmente medidas lineales, como la altura o la distancia desde un punto de referencia, con el sujeto en una postura estándar; longitudes, como la distancia entre dos puntos de referencia diferentes; curvas o arcos, como la distancia a lo largo de la superficie del cuerpo entre dos puntos, y perímetros, como la medida de curvas cerradas (como el perímetro del brazo). También es posible medir el grosor de los pliegues de la piel o los volúmenes mediante inmersión en agua. Estas mediciones antropométricas se toman sobre individuos desnudos, por lo que es necesario prever un aumento o tolerancia en algunas de las dimensiones para tener en cuenta el incremento de volumen debido a la ropa, calzado o equipos de protección individual que la persona este empleando. (INSST, 2024)

2.1.3 Jerarquía de controles

La jerarquía de controles según la ISO 45001:2018 tiene como objetivo ofrecer un enfoque sistemático para mejorar la seguridad y salud en el trabajo, eliminando los peligros y reduciendo los riesgos relacionados con la SST. Los controles son considerados más efectivos cuanto más alto se encuentren en la jerarquía, y normalmente se combinan varios para lograr minimizar los riesgos a un nivel razonablemente bajo.

A continuación, se presentan ejemplos de medidas a implementar en cada nivel:

Eliminación: Consiste en eliminar completamente los peligros, como dejar de usar productos químicos peligrosos, adoptar diseños ergonómicos en nuevos espacios de trabajo, o eliminar trabajos monótonos.

Sustitución: Se refiere a reemplazar lo peligroso por algo de menor peligrosidad.

Controles de ingeniería y reorganización del trabajo: Aísla a las personas del peligro mediante medidas como protección colectiva (ejemplo: aislamiento de máquinas, sistemas de ventilación), o reorganiza el trabajo para evitar tareas peligrosas, como el trabajo en solitario.

Controles administrativos y formación: Incluye acciones como realizar inspecciones periódicas, coordinación de la seguridad con subcontratistas, y programas de vigilancia médica para los trabajadores en riesgo.

Equipo de protección personal (EPIS): Consiste en proporcionar los EPIS adecuados, como calzado de seguridad, gafas de protección, protectores auditivos y guantes, junto con las instrucciones necesarias para su uso y mantenimiento. (ISO, 2018)

Figura 2

Jerarquía de controles



Nota: Fuente (TWIND, 2024)

2.2 Marco conceptual

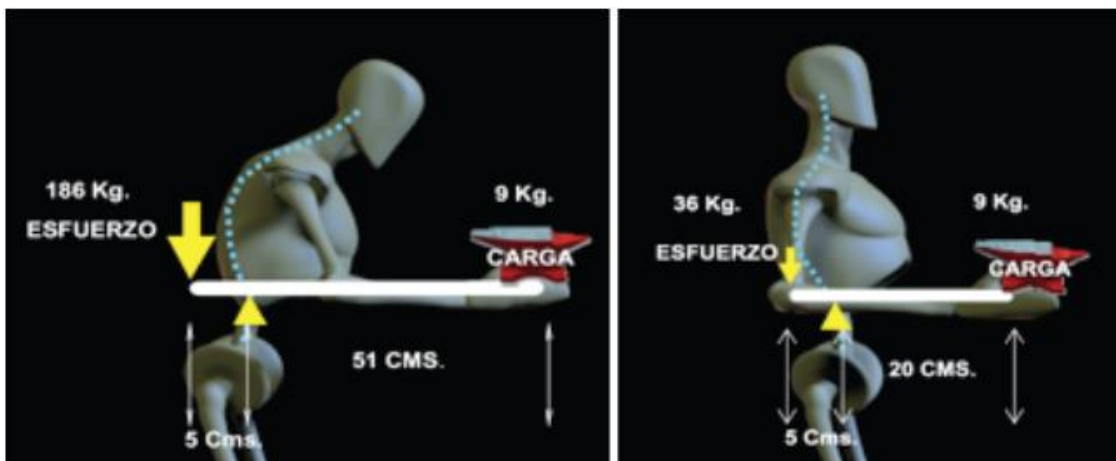
2.2.1 Biomecánica

La biomecánica es la ciencia que estudia los principios, los métodos y las aplicaciones de las leyes del movimiento mecánico en los sistemas hombre-entorno laboral. Hace énfasis en aspectos físicos del trabajo y la adaptación biológica a ellos en temas como: manejo manual de cargas, fuerzas, repeticiones, posturas, vibraciones, repetitividad, etc. En estudios biomecánicos realizados para analizar tareas industriales se identificaron condiciones que afectan la productividad y el bienestar de los trabajadores. Entre ellas podemos mencionar:

- Minimizar los momentos de fuerza actuantes sobre la columna y las articulaciones. El estrés sobre el sistema musculo esquelético depende tanto del peso sujetado como de su distancia al eje de giro.
- Evitar comprimir los tejidos blandos y concentrar el peso sobre pequeñas estructuras anatómicas para evitar compromisos en la irrigación sanguínea y micro traumas.

Figura 3

Aplicación de la biomecánica en el entorno laboral



Nota: Fuente (RIMAC, 2013)

Con la aplicación de la biomecánica en la ergonomía podemos determinar la influencia del trabajo en el sistema musculoesquelético del trabajador y hacer recomendaciones para optimizar las tareas con menor impacto sobre la salud de quien la ejecuta. En el caso de la figura 3, el levantamiento de una carga de 9 kg con los brazos extendidos a 51 centímetros de la columna, la fuerza de contrapeso resulta ser de 186 kg., mientras que para realizar la misma tarea con los brazos más cerca de la columna, la fuerza requerida será 5 veces menor (36 kg). (RIMAC, 2013)

2.2.2 Productividad

La productividad es un indicador económico que indica la capacidad que tienen las empresas de utilizar sus recursos para producir bienes o servicios para que sean rentables.

La productividad mide cuántos bienes y servicios se han producido por cada unidad de factor utilizado (ya sea trabajo, capital, tierra o tecnología) en un periodo de tiempo determinado.

¿Qué tipos de productividad existen?

Las empresas pueden calcular tres tipos de productividad:

- Productividad laboral: también denominada productividad por hora trabajada corresponde al cálculo de los bienes o servicios que produce la empresa en una hora de trabajo. Ayuda a medir el rendimiento de los empleados.
- Productividad total de los factores: es el resultado de dividir la cantidad de bienes o servicios producidos entre los factores de producción utilizados (trabajo, capital, tierra y tecnología).

- Productividad marginal: indica la variación en la producción de bienes o servicios al incrementar uno solo de los factores de producción mientras el resto permanece constante.

¿Cómo se mide?

Medir la productividad implica obtener la relación que existe entre la utilización de factores de producción y la cantidad de productos o servicios obtenidos con ellos. Puede calcularse de forma individual para cada factor (como la productividad de un trabajador) o de forma conjunta para todos los factores (productividad total de los factores).

Fórmula para calcular la productividad

Para calcular la productividad se divide el número total de unidades producidas de un bien o servicio en un período de tiempo entre las unidades del factor o recurso utilizado para producirlas:

$$Productividad = \frac{\text{Bienes o servicios producidos}}{\text{recursos utilizados}} \quad (1)$$

Diferencia entre producción y productividad

La producción corresponde a la transformación de unos insumos o materias primas en un producto final, en un proceso en el que se genera valor y que utiliza los cuatro factores de producción. Por su parte, la productividad es la relación entre lo producido y los recursos empleados; es un indicador de la eficiencia en el uso de los recursos por parte de la empresa. (Santander, 2024)

¹ Fórmula para el cálculo de la productividad

2.2.3 Riesgos ergonómicos

La ergonomía se ocupa de analizar la relación entre el entorno laboral y los trabajadores. Su propósito es ajustar las condiciones del trabajo a las capacidades y limitaciones del empleado, con el fin de prevenir los riesgos ergonómicos específicos, particularmente los relacionados con los sobreesfuerzos.

Estos sobreesfuerzos pueden ocasionar trastornos o lesiones musculoesqueléticas, principalmente debido a la adopción de posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas y la aplicación de fuerzas.

Posturas inadecuadas: Son las posiciones que adopta un trabajador al realizar sus tareas, cuando una o varias partes del cuerpo se encuentran en una posición no natural, lo que genera tensiones, flexiones excesivas y/o rotaciones en distintas áreas del cuerpo.

Movimientos repetitivos: Se considera que un trabajo es repetitivo si los movimientos se repiten en intervalos menores a 30 segundos o si más del 50% del ciclo laboral se dedica a un mismo movimiento. Además, si una tarea repetitiva se realiza durante al menos 2 horas en un día laboral, es necesario evaluar el nivel de riesgo (según los criterios del INSHT).

Manipulación manual de cargas: Se considera manipulación manual cuando se realiza:

- Levantamiento de cargas de más de 3 kg, sin desplazarlas.
- Transporte de cargas superiores a 3 kg y con desplazamiento mayor a 1 metro.
- Empuje o arrastre de cargas usando todo el cuerpo, de pie y/o caminando.

Aplicación de fuerza: Se considera que se aplica fuerza cuando, durante la jornada laboral, se realizan tareas que requieren el uso de mandos que deben ser empujados o tirados, manipulados hacia arriba, abajo, dentro o fuera, o el uso de pedales o mandos que se accionan con las extremidades inferiores o en postura sentada; también incluye el empuje o arrastre de objetos sin ruedas ni guías, estando de pie. (Prevalia, 2014)

2.2.4 Llave de impacto neumática

Una llave de impacto neumática se distingue por contar con un compresor integrado que almacena aire a alta presión y suministra la energía necesaria para que la herramienta funcione. Esta herramienta genera un gran torque, lo que le permite apretar o aflojar tornillos y otros elementos de sujeción que estén muy ajustados.

Para quienes se interesan en el automovilismo, es fácil notar lo útil que resulta esta herramienta para cambiar los neumáticos, debido a la gran cantidad de energía, medida en newtons por metro, que se utiliza para generar el torque necesario.

El componente principal de las llaves de impacto neumáticas es su compresor, cuya capacidad y tamaño determinan la fuerza de impacto del dispositivo. Otras ventajas incluyen su durabilidad, potencia y rapidez al realizar tareas de apriete y aflojamiento de tuercas o tornillos.

Estas herramientas requieren un suministro constante de aire comprimido para su funcionamiento, ya sea mediante un compresor integrado o externo. Son comunes en áreas como la mecánica automotriz, mantenimiento industrial, construcción, ensamblaje de estructuras metálicas, entre otros.

¿Para qué sirve una llave de impacto?

Antes de entender su uso, es importante saber cómo funciona una pistola de impacto neumática. Su funcionamiento es sencillo: tiene un gatillo que activa el motor y genera un movimiento de torsión que sirve para apretar o aflojar tornillos, tuercas o pernos.

Con lo anterior, se puede ver cuántas aplicaciones tiene esta herramienta. La capacidad de apretar y aflojar elementos es útil en diversas actividades, desde talleres automovilísticos y mantenimiento industrial hasta empresas de montaje, bricolaje doméstico y/o cualquier tarea que implique manipular tuercas. (PRODUCTION_TOOLS, 2024)

Figura 4

Uso de pistola neumática



Nota: Fuente (EPIDOR, 2018)

2.2.5 Soporte de apoyo de llave de impacto neumática

El uso prolongado de herramientas pesadas, como las llaves de impacto, puede generar fatiga y aumentar el riesgo de lesiones debido a las posturas y manipulación de carga que supone las tareas de ajuste y desajuste empleando el equipo. Para mitigar estos efectos, el soporte de apoyo para llaves de impacto ha sido diseñado, nótese según figura

5, para optimizar el trabajo y reducir el esfuerzo físico involucrado en el uso de estas, mejorando la productividad, precisión, seguridad y bienestar del operador.

Figura 5

Soporte de apoyo de llave de impacto



Nota: Fuente (MARTINS, 2024)

Amortiguadores de Gas y Soporte Ergonómico

Una de las características más destacadas de este soporte es la integración de amortiguadores de gas, que proporcionan un sistema de soporte eficiente para llaves de impacto de hasta 23 kg o según lo que estime el fabricante. Estos amortiguadores permiten a los usuarios conservar sus fuerzas durante la jornada laboral, eliminando la necesidad de sostenerla constantemente, lo que reduce el esfuerzo por parte del trabajador.

Gancho Giratorio y Barras de Sujeción Ajustables

El diseño del soporte incluye un gancho giratorio y barras de sujeción que permiten movimientos de subida, bajada y rotación de 360°. Esta flexibilidad facilita el ajuste de la herramienta según el patrón de fijación de tuercas requerido, al mismo tiempo que mantiene la llave de impacto inmóvil, lo que optimiza la precisión en el trabajo y evita movimientos innecesarios. Este sistema ajustable contribuye a un flujo de trabajo más eficiente y organizado, adaptándose a las necesidades de cada tarea.

Bandeja de Diseño Especial para Accesorios

El soporte cuenta con una bandeja, la cual facilita el alcance de las tuercas. Esta disposición mejora la accesibilidad y reduce el tiempo dedicado a buscar herramientas o piezas, contribuyendo a una mayor practicidad en las tareas.

Beneficios para la Productividad y la Salud

El soporte de apoyo para llaves de impacto no solo optimiza la precisión al realizar tareas como el cambio de neumáticos o mantenimiento de vehículos, sino que también reduce la fatiga y la posibilidad de lesión que podrían derivarse del trabajo sin su uso.

Compatibilidad y Seguridad

Este soporte es compatible con las llaves de impacto más comunes, lo que lo convierte en una herramienta versátil y adaptable a diferentes tipos de trabajo con un alcance vertical de 90 cm. Asimismo, el diseño de la barra de sujeción permite bloquear la llave de impacto de manera segura, ofreciendo una solución práctica para almacenar la herramienta de forma eficiente y evitar accidentes. (MARTINS, 2024)

2.2.6 Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Proceso sistemático utilizado para identificar los peligros, evaluar los riesgos y sus impactos y para implementar los controles adecuados, con el propósito de reducir los riesgos a niveles establecidos según las normas legales vigentes. (DS-024-2016-EM, 2016)

De acuerdo con (SUNAFIL, 2022) el proceso de identificación de peligros y evaluación de riesgos debe ser efectuado por personal competente, en consulta con los trabajadores y sus representantes ante el Comité o Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo. Además, debe considerar todos los aspectos del trabajo, entorno o ambiente de trabajo, estructuras, instalaciones, maquinaria y herramientas de trabajo, así como los peligros y riesgos de tipo químico, físico, biológico, psicosocial y disergonómico presentes en la organización.

La evaluación deberá realizarse considerando la información sobre la organización, las características y complejidad del trabajo, los materiales utilizados, los equipos existentes y el estado de salud de los trabajadores, valorando los riesgos existentes en función de criterios objetivos que brinden confianza sobre los resultados a alcanzar.

Métodos

Existen varios métodos para realizar el estudio de IPERC, como resulta ser:

- Método cualitativo
- Método cuantitativo
- Método comparativo
- Método generalizado

De acuerdo con los métodos disponibles en la organización se emplea el método de evaluación de riesgos descrito en el ANEXO 7 del DS-024-2016-EM, el cual dispone de las siguientes matrices:

- Evaluación de riesgos (Figura 6)
- Nivel de riesgo (Figura 7)
- Criterios de severidad (Figura 8)
- Criterios de probabilidad (Figura 9)

Figura 6

Matriz de evaluación de riesgos

SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			A	B	C	D	E
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
			FRECUENCIA				

Nota: Fuente (DS-024-2016-EM, 2016)

Figura 7

Nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
ALTO		Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
MEDIO		Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72HORAS
BAJO		Este riesgo puede ser tolerable.	1 MES

Nota: Fuente (DS-024-2016-EM, 2016)

Figura 8

Criterios de severidad

SEVERIDAD	CRITERIOS		
	Lesión personal	Daño a la propiedad	Daño al proceso
Catastrófico	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto mayor a US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.
Mortalidad (Pérdida mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10,001 y US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes
Pérdida permanente	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdida por un monto entre US\$ 5,001 y US\$ 10,000	Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.
Pérdida temporal	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica	Pérdida por monto mayor o igual a US\$ 1,000 y menor a US\$ 5,000	Paralización de 1 día.
Pérdida menor	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Pérdida por monto menor a US\$ 1,000	Paralización menor de 1 día.

Nota: Fuente (DS-024-2016-EM, 2016)

Figura 9

Crterios de probabilidad

PROBABILIDAD	CRITERIOS	
	Probabilidad de frecuencia	Frecuencia de exposicin
Comn (muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o ms) personas expuestas. Varias veces al da .
Ha sucedido (probable)	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al da.
Podra suceder (posible)	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al da. Muchas personas expuestas ocasionalmente .
Raro que suceda (poco probable)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente .
Prcticamente imposible que suceda.	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

Nota: Fuente (DS-024-2016-EM, 2016)

2.2.7 Funcionamiento del resorte a gas

El resorte a gas est formado por un cilindro de acero que contiene un gas (nitrgeno) a presin y por un vstago que se introduce en el cilindro a travs de un anillo gua estanco.

Al comprimirse el gas por la entrada del vstago, se genera una fuerza opuesta que lo hace comportarse como un muelle. En comparacin con los muelles mecnicos tradicionales, los resortes a gas presentan una curva de fuerza casi plana incluso para carreras muy largas. Se utilizan en todos aquellos casos en los que se necesita una fuerza proporcional al peso que se desea levantar o mover, o como contrapeso durante la elevacin de equipos mviles de gran peso.

Entre las aplicaciones más habituales figuran los maleteros o capós de vehículos, cárteres de protección de máquinas industriales, puertas de muebles, equipos médicos y de fitness, toldos y cubiertas motorizados, ventanas para buhardillas con apertura tipo escotilla y en vitrinas refrigeradas de supermercados y carnicerías.

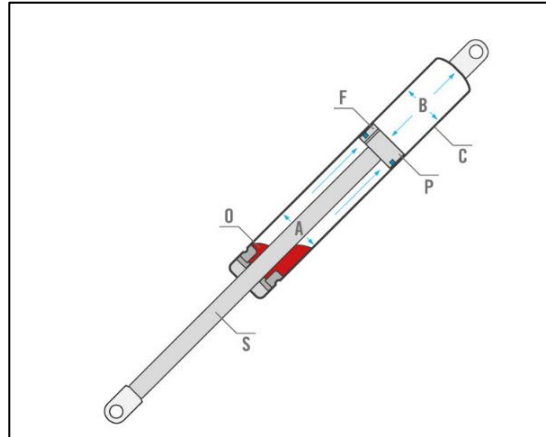
El resorte a gas, en su versión más simple según la figura 10, está compuesto por un cuerpo cilíndrico (C) y por una varilla de acero rectificada (S) denominada vástago, en cuyo extremo va montado un pistón (P) que realiza los ciclos de compresión y extensión con respecto al cuerpo (C) atravesando un anillo guía estanco. El cuerpo contiene nitrógeno en estado gaseoso a presión (indicado por las flechas) y aceite (O). En la fase de compresión, el gas atraviesa unos pasos situados en el pistón (F), desde la parte situada por debajo del pistón (B) a la parte superior (A).

En esta fase, aumenta la presión en el interior del cilindro, por efecto de la reducción del volumen disponible debida a la entrada del vástago en el cilindro, de tal manera que se genera un incremento de fuerza (progresión).

Modificando la sección de los pasos (F), se puede regular el caudal de paso del gas, determinando así una velocidad mayor o menor en el desplazamiento del vástago. La progresión se modifica cambiando la combinación de diámetros entre cuerpo y vástago, sus longitudes y la cantidad de aceite.

Figura 10

Partes del resorte a gas



Nota: Fuente (VAPSINT, 2018)

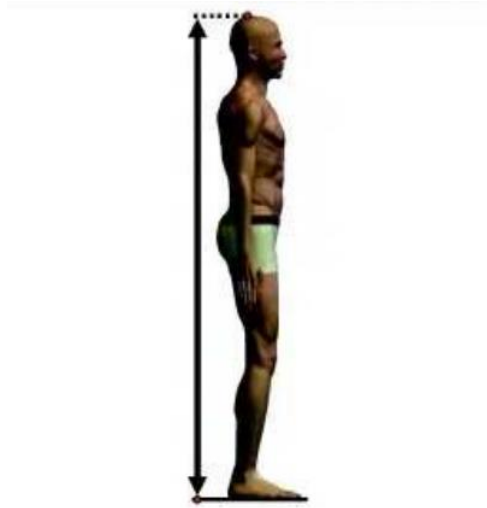
2.2.8 Longitud de segmentos corporales

Para la medición de la longitud de los segmentos del cuerpo se emplean los criterios acordados a (UNE, 2017), teniéndose en cuenta que el método tiene por objetivo ser fuente para el diseño de los puestos de trabajo, los principales segmentos antropométricos desde este punto de vista de diseño del espacio de trabajo y según definición de la norma UNE-EN-ISO 7250, son:

- Estatura (Altura del cuerpo): Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la cabeza.

Figura 11

Medición de estatura

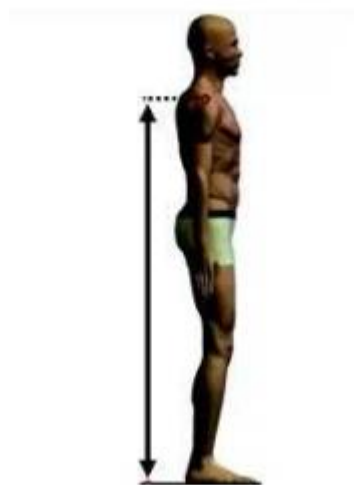


Nota: Fuente (UNE, 2017)

- Altura del hombro: Distancia vertical desde el piso hasta el acromion.

Figura 12

Medición de altura de hombro



Nota: Fuente (UNE, 2017)

- Altura del codo: Distancia vertical desde el piso hasta el punto óseo más bajo del codo doblado.

Figura 13

Medición de altura de codo



Nota: Fuente (UNE, 2017)

- Altura de la columna iliaca de pie: Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más dirigido hacia debajo de la cresta ilíaca.

Figura 14

Medición de la altura de la columna ilíaca

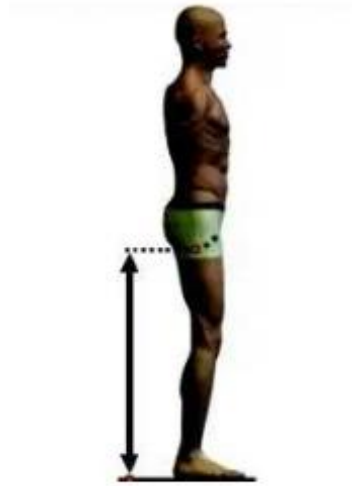


Nota: Fuente (UNE, 2017)

- Altura de la entrepierna: Distancia vertical desde el suelo hasta el nivel de la entrepierna

Figura 15

Medición de altura de la entrepierna



Nota: Fuente (UNE, 2017)

- Altura de la tibia: Distancia vertical desde el piso hasta la tibia.

Figura 16

Medición de altura de la tibia



Nota: Fuente (UNE, 2017)

2.2.9 Escala de esfuerzo percibido de BORG

En el ámbito laboral, la percepción del esfuerzo físico describe la intensidad de las exigencias físicas a las que están expuestos los trabajadores, por tanto, es un indicador de la aparición de la fatiga muscular y/o trastornos musculoesqueléticos los cuales son generados debido a desviaciones entre las capacidades del trabajador y la demanda de las actividades.

La escala de Borg CR-10, la cuál es la más utilizada, asigna un valor de esfuerzo entre 1 y 10. Si la fuerza que se utiliza en la tarea es “muy, muy débil” o casi ausente, se le asigna el valor de 0.5. Por el contrario, si la fuerza requerida es la máxima se asigna el valor 10. Así mismo, los valores se relacionan con el porcentaje de contracción voluntaria máxima (MCV), en donde 0% significa que el músculo está completamente relajado, en apoyo y sin ejercer esfuerzo alguno y 100% se refiere al esfuerzo máximo que realiza el trabajador cuando está realizando la tarea de acuerdo con la tabla 1. (MINSAL, 2019)

Consideraciones previo al uso en el ambiente laboral:

- Realizar una observación detallada de las actividades con la finalidad de caracterizar adecuadamente las tareas
- Posterior a la observación debe describirse si tales tareas demandan esfuerzo físico
- Cuando se evalúa se debe tener en cuenta las diferencias individuales que puedan afectar las respuestas tales como: la experiencia, entrenamiento, capacitación, entre otras.

Consideraciones al momento de utilizar la escala de Borg:

- Informar a los trabajadores sobre el objetivo de la medición de su percepción del esfuerzo, destacando que no hay respuestas correctas o incorrectas
- Evitar que los trabajadores confundan el esfuerzo muscular con el cansancio o fatiga
- Solicitar al trabajador que califique su esfuerzo, es importante que acompañado del valor numérico, el también puede expresar de manera verbal lo descrito en la tabla 1.
- Registrar la información del puesto de trabajo

Tabla 1

Escala de Borg (CR-10) para la percepción del esfuerzo

Valor	Denominación	%Contracción voluntaria máxima
0	Nada en absoluto	0%
0.5	Muy, muy débil (casi ausente)	
1	Muy débil	10%
2	Débil	20%
3	Moderado	30%
4	Moderado +	40%
5	Fuerte	50%
6	Fuerte +	60%
7	Muy Fuerte	70%
8	Muy, muy fuerte	80%
9	Extremadamente fuerte	90%
10	Máximo	100%

Nota: Fuente (MINSAL, 2019)

2.2.10 Metodología BIOMEC

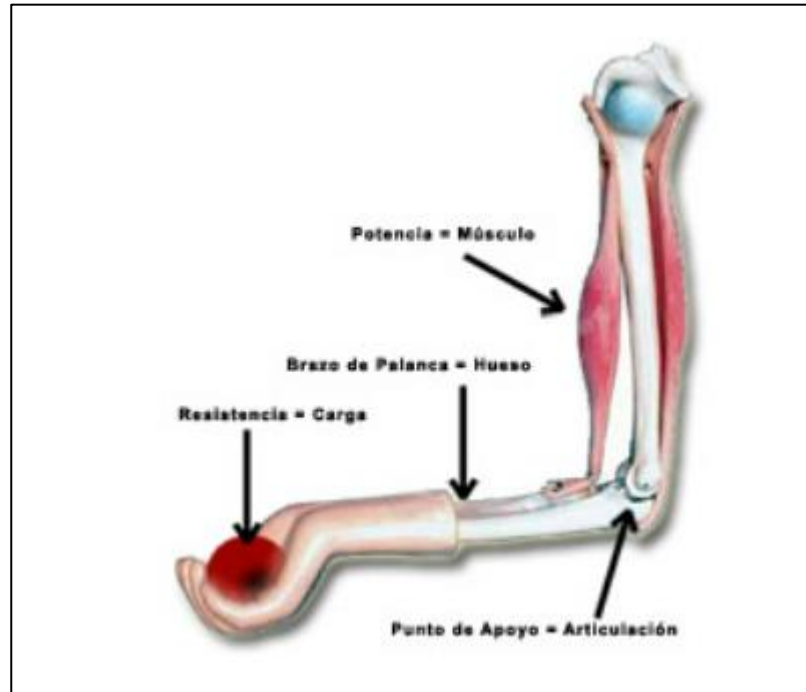
El modelo Biomecánico de Chaffin es un enfoque utilizado para analizar y calcular los esfuerzos biomecánicos que el cuerpo humano experimenta durante actividades laborales, específicamente en relación con tareas que implican la adopción de posturas combinado con el levantamiento y manipulación de cargas. Este modelo se utiliza para evaluar el riesgo de esfuerzo en 6 articulaciones, considerando la mecánica del cuerpo humano como un sistema de palancas. Fue desarrollado por el investigador Robert Chaffin, quien lo introdujo para estudiar las fuerzas que afectan: la columna vertebral (L5/S1), la cadera, la rodilla, el tobillo, los codos y los hombros.

Fundamentos del modelo biomecánico

Evaluar si un esfuerzo en una determinada postura puede provocar sobrecarga en alguna estructura del aparato locomotor es una tarea compleja. La biomecánica aborda estas tareas estableciendo una similitud entre el cuerpo humano y una máquina compuesta de palancas y poleas. Así, puede considerarse que una articulación es el punto de apoyo de una palanca (un hueso largo) accionada por un músculo (la potencia), para vencer una resistencia (el peso propio de los miembros y la carga sostenida) según figura 17.

Figura 17

Analogía miembro - palanca



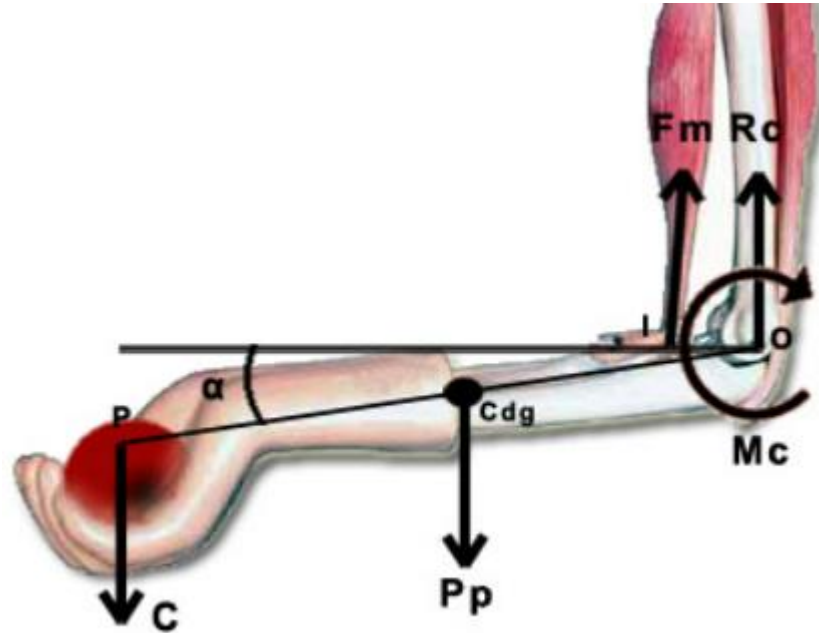
Nota: fuente (Diego & Jose, 2015)

El esfuerzo al que se somete a la articulación es debido al soporte del peso de los miembros del cuerpo y de la carga, y por otra, el momento que dichas fuerzas provocan sobre la articulación y que debe ser vencido para mantener la postura de análisis. Conociendo que el momento de una fuerza respecto a un punto es el producto vectorial del vector fuerza por el vector distancia desde el punto al punto de aplicación de la fuerza y aplicando las ecuaciones de equilibrio, es posible determinar el momento y la fuerza de reacción en cualquier articulación.

En la Figura 18 se pone como ejemplo la articulación del codo. Las cargas soportadas por el codo son: el peso de carga sostenida por la mano (C) y el peso propio del antebrazo y la mano (P_p) aplicado en el centro de gravedad del miembro.

Figura 18

Esquema de momentos y cargas en el codo



Nota: fuente (Diego & Jose, 2015)

Suponiendo que la posición se mantiene estática, en el codo deben aparecer una reacción que contrarreste dichas cargas (Rc) y un momento (Mc) igual en módulo y signo contrario al provocado por Pp y C. Aplicando las leyes de equilibrio, según ecuación 2, puede conocerse el valor de Mc y Rc:

$$Rc = C + Pp$$

$$Mc = C \times OP \times \cos(\alpha) + Pp \times OCdg \times \cos(\alpha)^2$$

² Ecuación del cálculo de momento en articulación

Una vez conocidos M_c y R_c será necesario determinar si los valores que adoptan pueden resultar perjudiciales para la articulación estudiada. Este procedimiento puede repetirse para cada una de las articulaciones, determinado, de esta forma, si el esfuerzo realizado puede resultar perjudicial para alguna de ellas. Para ello es necesario conocer cuál es el valor máximo recomendable de M_c para cada articulación.

En el ejemplo de la Figura 18, el momento M_c contrarresta el momento creado en el codo por la carga (C) y el peso de la mano y el antebrazo (P_p). El momento M_c en el codo es generado por los músculos flexores que se encuentran en el segmento brazo: bíceps, músculo braquial y braquiorradial. La contracción de este paquete muscular genera una fuerza (F_m) a través del tendón que lo une al hueso Radio, y es dicha fuerza la que genera el momento M_c . Así pues, puede plantearse la ecuación 3:

$$M_c = F_m \times IO \times \cos(\alpha) \quad ^3$$

siendo I el punto de inserción del tendón en el hueso, y estimándose habitualmente la distancia entre I y O como 5 cm cuando el brazo y el antebrazo forman 90° . El valor máximo de M_c será aquél correspondiente a la máxima capacidad de contracción del paquete muscular. La fuerza máxima de una contracción en un músculo, trabajando con la longitud normal, es de unos 8,5 kg/cm² (aproximadamente). Un bíceps tiene una superficie de corte transversal de unos 16 cm², por lo que la fuerza máxima de contracción será de aproximadamente 136 kg. Cuando el ángulo formado entre brazo y antebrazo es de 90° , la inserción del bíceps está a unos 5 cm por delante del eje de rotación de la articulación, por lo que M_c podrá adoptar un valor máximo teórico de 66,7 N*m. Si se estima la longitud total de la palanca en unos 35 cm. se obtiene que la carga máxima que deberá levantarse es 19,5 kg.

³ Ecuación de momento simplificada

Sin embargo, el procedimiento planteado es, en la realidad, bastante más complejo. El análisis se complica en la medida en que tengamos que considerar articulaciones más alejadas de la mano, ya que ésta se toma como el origen de la secuencia de cálculo, en especial cuando se quiere analizar la articulación lumbar (L5/S1). Para ser operativo deben resolverse ciertos problemas y asumirse ciertas simplificaciones. Por ejemplo, no todos los músculos tienen la misma función ni su disposición espacial es idéntica. Además, los esfuerzos están condicionados no sólo a las cargas, sino también a la disposición muscular. Por otro lado, cuando varía el grado de estiramiento de un músculo varía su capacidad de producir fuerza, y durante el movimiento suele existir una modificación del ángulo que forma el brazo de palanca respecto a la acción de su propia fuerza. A esto hay que añadir el hecho de que, incluso para personas con la misma constitución física, la capacidad muscular puede variar considerablemente. Por último, otro problema añadido es la necesidad de conocer la longitud, el peso y la posición del centro de gravedad de cada uno de los segmentos corporales. (Diego & Jose, 2015)

Momentos máximos

Determinado el modelo humano y la forma de obtener los parámetros inerciales se está en disposición de calcular los momentos generados por la carga y el peso propio de los diferentes segmentos corporales en cada articulación y evaluar el riesgo de producir algún tipo de lesión musculoesquelética. Esta evaluación consiste en comparar los momentos generados con los momentos máximos permisibles.

Como ya se ha indicado, con el movimiento varía el grado de estiramiento muscular, y con ello la capacidad de los músculos de producir fuerza. Por otro lado, también suele existir una modificación del ángulo que forma el brazo de palanca respecto a la acción de la propia fuerza; por ello, el valor de este brazo de palanca también varía.

En la literatura se encuentran estudios que determinan las fuerzas musculares máximas en función de las posturas, tipos de movimientos, y, consecuentemente, permiten deducir los momentos máximos para cada caso. En síntesis y para evitar cualquier tipo de lesión, cuando alguien intenta tirar, empujar o levantar una carga con el máximo esfuerzo, los momentos generados por la aplicación de la carga y el propio peso deberían ser de menor o igual magnitud que los momentos que son capaces de generar los músculos implicados en el movimiento.

Basándose en el hecho de que en cada articulación existe un momento de fuerza muscular medible que no debe ser superado por los momentos generados por cargas externas, se puede generar un modelo biomecánico capaz de predecir el máximo esfuerzo permitido en cada articulación en función del tipo de movimiento. Uno de los primeros modelos fue desarrollado por Chaffin. Se trata de un modelo estático y coplanar (plano sagital) para el estudio de movimientos implicados en el manejo de cargas. Este modelo, haciendo referencia a la limitación del par de fuerza del músculo, establece que debe cumplirse lo siguiente según la ecuación 4:

$$-S_j < M_j/L < S_j \quad ^4$$

donde:

- $-S_j$ es el momento máximo que puede producirse en la articulación j cuando actúan los músculos extensores
- S_j es el momento máximo que puede producirse en la articulación j cuando actúan los músculos flectores

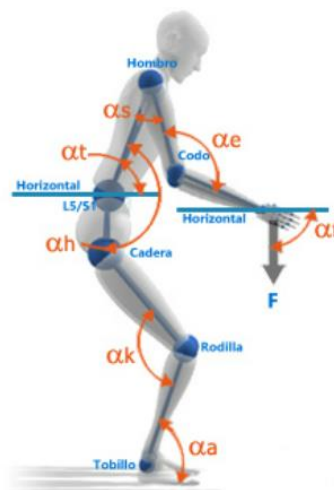
⁴ Límites superior e inferior de los momentos que actúan en cada articulación

- M_j/L es el momento que actúa en cada articulación j debido a la carga externa L sostenida y al peso de los segmentos corporales que sostiene dicha articulación j

Los momentos variarán de acuerdo con las posturas que adopte la persona y la carga que esta sostenga, según la figura 19.

Figura 19

Medición de ángulos entre segmentos



Nota: Fuente (Diego & Jose, 2015)

Aplicación del método

Para proceder con el cálculo deben recogerse los siguientes datos respecto de la tarea a evaluar:

- Sexo del trabajador.

- Estatura.
- Peso.
- Ángulos de los segmentos corporales en la postura analizada.
- Peso de la carga sostenida o fuerza ejercida.
- Si la carga se sostiene con una o dos manos.
- Tiempo durante el cual se realizan los esfuerzos.
- Frecuencia de los esfuerzos.

La frecuencia del esfuerzo debe clasificarse según la tabla 2

Tabla 2

Porcentaje de la carga máxima recomendable

Repetitividad	Duración	
	<=1 hora	>1 hora
Esfuerzo estático	5%	2%
Esfuerzos que se repiten cíclicamente más de una vez cada 5 minutos	14%	10%
Esfuerzos con una frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos	70%	50%

Nota: Fuente (Diego & Jose, 2015)

Limitaciones del método

Antes de aplicar el método resulta importante conocer las simplificaciones asumidas en su desarrollo y las limitaciones de su aplicación. Como se ha indicado en párrafos anteriores, se asumen modelos que permiten estimar aspectos como la longitud de los segmentos corporales, su peso, la posición de su centro de gravedad, la posición de los diferentes segmentos a partir de ciertas medidas angulares, los momentos máximos soportables por las articulaciones, así como su distribución, entre otros puntos.

Por lo anterior debe considerarse lo siguiente:

- Todos los segmentos corporales son rígidos, sin cambios en su masa, densidad o forma en función de la postura
- Los centros de masas de los segmentos no cambian de posición relativa a los extremos proximal ni distal del segmento
- El radio de giro de cada segmento no cambia durante el movimiento
- El punto de aplicación de la carga está situado en el centro de la palma de la mano
- La carga no genera momentos en el cuerpo
- Ninguna parte del cuerpo está apoyada. El operario se sostiene únicamente mediante los pies sobre el suelo
- Si la carga es soportada por una sola mano se considerará que el brazo que no actúa en el levantamiento adopta la misma postura que el que ejerce la fuerza

La no consideración de estas simplificaciones y limitaciones puede derivar en la obtención de resultados errados. (Diego & Jose, 2015)

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley 29783

De acuerdo a la Ley 29783 (Congreso de la República del Perú, 2011), en su principio número uno nos menciona que el empleador tiene el deber de prevención, por tanto, esto significa que el empleador garantiza que se proteja la vida, salud y bienestar de los trabajadores y de quienes, sin tener un vínculo laboral directo, pero que se encuentren en el centro de trabajo reciban el mismo nivel de prevención. Esto implica considerar una serie factores sociales, laborales y biológicos, teniendo en cuenta las diferencias marcadas del sexo e incorporándose la perspectiva de género en la evaluación y prevención de riesgos laborales.

2.3.2 DS 005-2012-TR

De acuerdo al Decreto Supremo 005-2012-TR (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, 2012), en su artículo 77, nos menciona que la evaluación inicial de riesgos debe ser realizada por personal competente, donde debe considerarse:

- a) La legislación aplicable y vigente
- b) Identificar los peligros y riesgos existentes asociados al puesto
- c) Determinar si los controles existentes son adecuados para eliminar o controlar los riesgos
- d) Analizar los resultados de la vigilancia médica

2.3.3 RM-375-2008-TR

De acuerdo a la Resolución Ministerial 375-2008-TR (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo del Perú, 2008, Anexo I), en los puntos del 18 al 20, nos menciona que, los equipos y herramientas deben estar adaptados a las características físicas y mentales del trabajador, y a la naturaleza de la tarea que se realice.

Asimismo, estas deben ser seleccionadas cumpliendo una serie de criterios.

Finalmente, los trabajadores deben recibir una formación e información adecuada en cuanto a las técnicas a emplear para su uso con el fin de prevenir lesiones y/o el desarrollo de enfermedades.

2.3.4 DS 024-2016-EM

De acuerdo al Decreto Supremo 024-2016 (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2016), en su artículo 114, nos menciona que todo sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional debe tomar en cuenta la interacción existente entre hombre – máquina –

ambiente, donde debe identificarse los factores, ser evaluados y controlar los riesgos disergonómicos de manera que la zona de trabajo resulte segura.

Con base en lo anterior resulta importante la aplicación de la norma de ergonomía aprobada mediante Resolución Ministerial N°375-2008-TR, sus modificatorias o las normas que la sustituyan esto con la finalidad de lograr el objetivo de reducir los accidentes y/o enfermedades en el trabajo.

Capítulo III: Hipótesis y variabilidad

3.1 Hipótesis de la investigación

3.1.1 *Hipótesis general*

Ho = La implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto NO aporta para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento

H1 = La implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto SÍ aporta para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llantero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento

3.1.2 *Hipótesis específicas*

Hipótesis Específica 1: El nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería es significativo

Hipótesis Específica 2: El nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería evidencia una reducción

Hipótesis Específica 3: Existe influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea

Hipótesis Específica 4: Existe influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad

3.2 Variables

3.2.1 Variable independiente

- Implementación de soporte de apoyo de llave de impacto

3.2.2 Variable dependiente

- Nivel de riesgo ergonómico por carga máxima admisible en las articulaciones (codo, hombro, lumbar L5/S1, Cadera, Rodilla y Tobillo)

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 3

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General.	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
¿En qué medida la implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto aportará a la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llanero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento?	Implementar un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llanero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento	La implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto Sí aporta para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llanero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento	Variable independiente: Implementación de soporte de apoyo de llave de impacto	Nivel de riesgo antes y después del control	1.Recolección de datos 2. Aplicación de método BIOMECH
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
Problema Específico 1: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería?	Objetivo Específico 1: Determinar el nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería	Hipótesis Específica 1: El nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería es significativo	Variable dependiente: Nivel de riesgo ergonómico por carga máxima admisible en las articulaciones (codo, hombro, lumbar L5/S1, Cadera, Rodilla y Tobillo) antes de la implementación	Nivel de riesgo de esfuerzo en cada articulación	1.Recolección de datos 2. Aplicación de método BIOMECH
Problema Específico 2: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería?	Objetivo Específico 2: Determinar el nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería	Hipótesis Específica 2: El nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería evidencia una reducción	Variable dependiente: Nivel de riesgo ergonómico por carga máxima admisible en las articulaciones (codo, hombro, lumbar L5/S1, Cadera, Rodilla y Tobillo) posterior a la implementación	Nivel de riesgo de esfuerzo en cada articulación	1.Recolección de datos 2. Aplicación de método BIOMECH
Problema Específico 3: ¿Cuál es la influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea?	Objetivo Específico 3: Determinar la influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea	Hipótesis Específica 3: Existe influencia de la implementación del control de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador asociado a la tarea	Variable dependiente: Esfuerzo percibido	Nivel de esfuerzo percibido	1.Recolección de datos 2. Aplicación cualitativa de esfuerzo de BORG
Problema Específico 4: ¿Cuál es la influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad?	Objetivo Específico 4: Determinar la influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad	Hipótesis Específica 4: Existe influencia de la implementación del control de ingeniería en la productividad	Variable dependiente: Productividad	Eficiencia Anual	1.Recolección de datos 2. Aplicación de cálculo de productividad

Nota: Fuente pro

Capítulo IV: Desarrollo del trabajo de investigación

4.1 Datos de la empresa

La investigación se desarrollará dentro de una empresa contratista de servicios de mantenimiento, ubicada en la ciudad Lima, provincia de lima y distrito de San Juan de Lurigancho.

La cual por la naturaleza de sus actividades posee diferentes líneas de negocio, dentro de las cuáles se brinda servicios a minería, industrias y empresas de servicios del grupo a la que pertenece, buscando cumplir los estándares definidos para cada cliente.

4.2 Descripción del puesto evaluado

Dentro de la organización existen 2 trabajadores con el mismo puesto de trabajo denominado por la organización como Llantero, este puesto cumple una jornada de lunes a sábado, con el siguiente horario de lunes a viernes de 730am a 5pm, y sábado de 730am a 12pm, este puesto ejecuta las siguientes actividades:

1. Marcado de neumáticos
2. Reajuste y desajuste de tuercas de neumáticos
3. Rotación de neumáticos
4. Desarmado / Armado de neumáticos sin cámara aro 13", 14", 15", 16", 17" y 17.5"
5. Desarmado / Armado de neumáticos sin cámara aro 19.5" 22.5" y 24"

6. Armado de neumáticos de aro con pestaña
7. Desmontaje y montaje de neumáticos tubulares
8. Desmontaje y montaje de neumáticos de aro con pestaña
9. Reparación de neumáticos
10. Cambio de neumáticos
11. Inflado de neumáticos
12. Nivelación de presión de aire

De las anteriores el presente estudio se centra en la actividad de Reajuste y desajuste de tuercas de neumáticos.

4.3 Diseño experimental

Para el presente proyecto de investigación, se implementa un soporte de llave de impacto para el uso conjunto con pistola neumática durante la actividad de Reajuste y desajuste de tuercas de neumáticos. Ello permitirá evaluar su aporte a la productividad y salud del trabajador, de forma comparativa. Además, se determinará la influencia de esta medida de ingeniería en el esfuerzo percibido por el trabajador antes y después del control. Para esto, se usará la técnica de evaluación cualitativa de percepción del esfuerzo de BORG.

4.4 Metodología

4.4.1 Alcance y limitaciones

La presente investigación tiene un enfoque social, dado que para alcanzar sus objetivos y evaluar la hipótesis, se analiza el nivel de riesgo ergonómico asociado al puesto de trabajo de un llantero durante la actividad de desajuste y reajuste de tuercas de neumáticos.

No obstante, el estudio presenta limitaciones, ya que se restringe a las condiciones específicas del taller y de las personas involucradas, lo que impide extender los resultados a otros contextos o individuos.

4.4.2 Tipo de investigación

La tesis es del tipo aplicada ya que es un estudio del tipo experimental

4.4.3 Diseño de investigación

El presente estudio es cuantitativo

El diseño será del tipo experimental

Este estudio es transversal

4.4.4 Población y muestra

Esta tesis toma como población a los dos trabajadores de una empresa contratista que realizan servicios de mantenimiento, los cuales representan a la población total que ejecutan la actividad de reajuste y desajuste de tuercas de neumáticos.

4.4.5 Instrumentos

Los instrumentos por utilizar son:

- Soporte de apoyo de llave de impacto
- Balanza de mano
- Software en línea del método BIOMECH
- Uso de cinta métrica antropométrica para medición de distancias de segmentos corporales
- Registros de examen médico para obtención de talla y peso de los trabajadores
- Aplicación de la metodología BIOMECH para la evaluación del nivel de riesgo ergonómico
- Capacitación al personal

4.4.6 Procedimiento

1. Como primer paso se obtuvo la autorización del área operativa para acceder e iniciar con el estudio de campo
2. Se solicitó la documentación relacionada al puesto de llantero a la jefatura operativa, entre las cuáles se obtiene el PETS e IPERC
3. Se emplea el formato de campo para el registro de datos generales del trabajador

4. Medición antropométrica de cada trabajador
5. Se emplea el formato de percepción del esfuerzo de BORG antes y después de la implementación del control de ingeniería en las tres partes del trabajo: Ajuste, desajuste y traslado empleándose la pistola neumática.
6. Se toma fotos y videos durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos, los cuáles se emplearon para análisis por el método BIOMECH para el cálculo del nivel de riesgo ergonómico
7. Se registran los tiempos de ajuste y desajuste con y sin control ergonómico, para evaluar la influencia en la productividad.
8. Se solicita al área de supervisión los datos de trabajos de llantería relacionados al ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos por mes, así como otros asociados al puesto para el cálculo de productividad.
9. Se realizó la capacitación para el uso adecuado de la medida de control de ingeniería durante la actividad.
10. Finalmente se implementó el uso del soporte de apoyo de llave de impacto para la actividad de desajuste y reajuste de tuercas de neumáticos.

4.5 Aplicación y obtención de resultados

4.5.1 Detalles del puesto

En la empresa de servicios de mantenimiento el puesto de llantero ejecuta en promedio por día 40 a 45 acciones de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos de aro R22.5 y R24, para ello emplea la herramienta pistola neumática de peso aprox. 14.5 kg.

Los trabajadores a la fecha poseen una antigüedad mayor a 3 años, durante las actividades han manifestado dolor en la zona lumbar y fatiga al ejecutar las actividades, lo cual les genera la necesidad de parar unos minutos para descansar y luego reanudar.

4.5.2 Reconocimiento de la actividad

Los trabajadores pertenecen al área de llantería la cual se visualiza en la figura 20, dentro de este taller reciben unidades de carga pesada de aro R22.5 y R24, donde según la necesidad de la intervención requieren ejecutar la actividad de reajuste y desajuste de tuercas de neumáticos para lo cual emplean la pistola neumática.

Se hace la revisión de la matriz IPERC y PETS el cual fue facilitado por el supervisor del área, estos pueden ser consultados en el Anexo 1 y 2.

Figura 20

Taller de llantería



Nota: Fuente propia

4.5.3 Medidas antropométricas de los trabajadores

Se recaban los datos de las medidas antropométricas requeridos por el método BIOMECH, donde:

Para el puesto de llantero 1, se obtiene las siguientes medidas:

Tabla 4

Medidas antropométricas de llantero 1

Medida antropométrica	Dato	Und	Detalle
Peso	85.2	kg	Obtenido de examen médico
Talla	158	cm	Obtenido de examen médico
Mano	18.5	cm	Medición de campo
Codo-Muñeca	23.3	cm	Medición de campo
Hombro-Codo	24.4	cm	Medición de campo
Hombro-L5/S1	47.5	cm	Medición de campo
L5/S1-Cadera	7.2	cm	Medición de campo
Cadera-Rodilla	32.1	cm	Medición de campo
Rodilla-Suelo	45.6	cm	Medición de campo
Tobillo-Suelo	9.8	cm	Medición de campo

Nota: Fuente propia

Para el puesto de llantero 2, se obtiene las siguientes medidas:

Tabla 5

Medidas antropométricas de llantero 2

Medida antropométrica	Dato	Und	Detalle
Peso	59.6	kg	Obtenido de examen médico
Talla	164	cm	Obtenido de examen médico
Mano	19.5	cm	Medición de campo
Codo-Muñeca	27.5	cm	Medición de campo
Hombro-Codo	23.5	cm	Medición de campo
Hombro-L5/S1	47.1	cm	Medición de campo

L5/S1-Cadera	7.5	cm	Medición de campo
Cadera-Rodilla	33	cm	Medición de campo
Rodilla-Suelo	46.7	cm	Medición de campo
Tobillo-Suelo	10.2	cm	Medición de campo

Nota: Fuente propia

Los detalles de las mediciones se revisan en el Anexo 3.

4.5.4 Evaluación del riesgo – Método IPERC

Identificación del peligro:

- PROCESO: Mantenimiento de unidades de carga pesada
- ACTIVIDAD: Cambio y reparación de neumáticos
- TAREA: Desajuste y ajuste de tuercas
- PUESTO DE TRABAJO: Llantero
- TIPO DE ACTIVIDAD: Rutinaria
- PELIGRO: Posturas inadecuadas
- DETALLE DEL PELIGRO: Debido al uso de Pistola neumática de peso aproximado de 14.5 kg, y un plano de trabajo de 30 a 90 cm

Evaluación del riesgo: Metodología acorde a lo descrito en el ANEXO 7 del DS

024-2016-EM

- Riesgo asociado: Sobreesfuerzo
- Consecuencia: Trastornos musculoesqueléticos
- Causas que originan el riesgo: Adopción de posturas inadecuadas, combinado con una carga alejada del cuerpo
- Estimación del riesgo:

Tabla 6

Estimación del riesgo sin controles

Severidad	Probabilidad	Resultado	Valor resultante	Nivel de riesgo
3	C	C3	13	MEDIO

Nota: Fuente propia

4.5.5 Evaluación del riesgo – Método BIOMECH

Parámetro de evaluación del puesto:

- Sexo: Masculino
- El soporte de la carga es a 2 manos
- Peso de carga: 14.5 kg
- Datos antropométricos se emplean los descritos en la tabla 4 y 5
- Coeficiente de rozamiento calzado/suelo, por default de 0.5
- Tiempo acumulado de adopción de las posturas: Mayor a 1 hora
 - El trabajador ejecuta un promedio de 40 a 45 acciones de ajuste y/o desajuste de tuercas de neumáticos, cada neumático posee una cantidad de 10 tuercas, lo que le demanda por neumático un tiempo promedio de 90 segundos, por tanto, en 45 acciones el tiempo total resulta de 67.5 minutos, distribuidas en 9 horas de trabajo.
- Frecuencia de repetición: Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos, ya que el resultado según la tabla 7 fue de 0.625.

Tabla 7

Cálculo de la frecuencia de veces de ajuste y desajuste

N° Veces de ajuste y desajuste de tuercas	Tiempo promedio por ajuste y/o desajuste (min)	Tiempo promedio dedicado al ajuste y desajuste (min)	Tiempo total disponible	Veces / minuto	N° Veces / 5 min
45	1.5	67.5	540	0.125	0.625

Nota: Fuente propia

Ángulos corporales de la postura frecuente

El puesto adopta dos posturas frecuentes para el desarrollo de la tarea

Figura 21

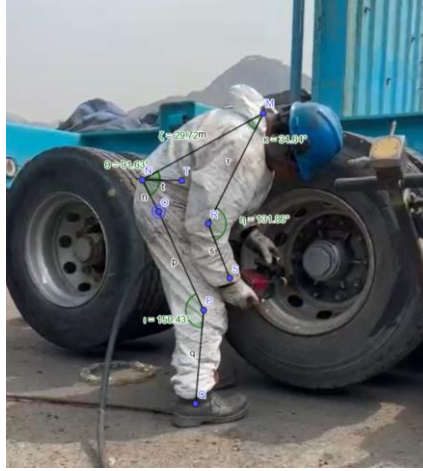
Postura frecuente 1



Nota: Fuente propia

Figura 22

Ángulos corporales en postura frecuente 1



Nota: Fuente propia

Figura 23

Postura frecuente 2



Nota: Fuente propia

Figura 24

Ángulos corporales en postura frecuente 2



Nota: Fuente propia

Se ingresan los parámetros anteriores en el SOFTWARE ERGONAUTAS

- Para el caso del llantero 1

Se obtienen los resultados para la postura frecuente 1:

Tabla 8

Resultados postura 1 llantero 1

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	32.86	-18.36	44%	NO
Hombro	129.38	-114.88	11%	NO
Lumbar(L5/S1)	11.32	3.18	128%	SI
Cadera	5.12	9.38	283%	SI
Rodilla	13.23	1.27	110%	SI
Tobillo	12.82	1.68	113%	SI

Nota: Fuente propia

Se obtienen los resultados para la postura frecuente 2:

Tabla 9

Resultados postura 2 llantero 1

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	15.53	-1.03	93%	NO
Hombro	31.2	-16.7	46%	NO
Lumbar(L5/S1)	7.32	7.18	198%	SI
Cadera	2.57	11.93	565%	SI
Rodilla	4.17	10.33	348%	SI
Tobillo	3.63	10.87	399%	SI

Nota: Fuente propia

- Para el caso del llantero 2

Se obtienen los resultados para la postura frecuente 1:

Tabla 10

Resultados postura 1 llantero 2

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	33.15	-18.65	44%	NO
Hombro	128.19	-113.69	11%	NO
Lumbar(L5/S1)	15.75	-1.25	92%	NO
Cadera	9.43	5.07	154%	SI
Rodilla	15.09	-0.59	96%	NO
Tobillo	15.01	-0.51	97%	NO

Nota: Fuente propia

Se obtienen los resultados para la postura frecuente 2:

Tabla 11*Resultados postura 2 llantero 2*

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	15.82	-1.32	92%	NO
Hombro	30.96	-16.46	47%	NO
Lumbar(L5/S1)	10.78	3.72	135%	SI
Cadera	6.13	8.37	236%	SI
Rodilla	6.89	7.61	210%	SI
Tobillo	6.16	8.34	235%	SI

Nota: Fuente propia

4.5.6 Jerarquía de controles

Para el control del riesgo se plantea la siguiente jerarquía de controles acorde a la tabla 12

Tabla 12*Jerarquía de controles propuesta*

PUESTO	ELIMINAR	SUSTITUIR	CONTROL DE INGENIERÍA	ADMINISTRATIVOS	EPP
Llantero	-	-	1. Soporte de apoyo de llave de impacto	1. PETS 2. Capacitar al personal en el uso del soporte de llave de impacto	1. Uso de rodilleras

Nota: Fuente propia

4.5.7 Control de ingeniería soporte de llave de impacto

Como control de ingeniería se plantea la implementación de un soporte de llave de impacto según la figura 25, la cual posee una capacidad de soporte de hasta 23 kg para la herramienta o equipo a sostener, esta cuenta con un pistón de gas que contrapesa el peso de la pistola neumática reduciendo este a menos del 30%, lo cual resulta que el peso de 14.5 kg se vería reducido a no más de 4.35 kg aproximadamente, esto comentado por experiencia del fabricante. Este control impacta sobre la postura que adopta el trabajador y la carga que sostiene.

Figura 25

Soporte de llave de impacto IMPACT BOOM



Nota: Fuente (MARTINS, 2024)

4.5.8 Costo de implementación

El costo de adquisición del control de ingeniería resulta ser de 820 dólares por unidad, detallado en el anexo 6.

4.5.9 Implementación del control

Posterior a la adquisición del soporte de apoyo de llave de impacto se procedió a:

- Actualizar matriz IPERC, detallado en el anexo 1.
- Actualizar PETS, detallado en el anexo 2.
- Instruir al personal en su uso, detallado en el anexo 10.
- Implementación de rodilleras para mayor confort durante la labor, ficha técnica en el anexo 11.

4.5.10 Reevaluación del riesgo – Método IPERC

Reevaluación del riesgo: Metodología acorde a lo descrito en el ANEXO 7 del DS 024-2016-EM, contemplándose la implementación del soporte de apoyo de llave de impacto

- Riesgo asociado: Sobreesfuerzo
- Consecuencia: Trastornos musculoesqueléticos
- Causas que originan el riesgo: Adopción de posturas inadecuadas, combinado con una carga alejada del cuerpo
- Estimación del riesgo:

Tabla 13

Estimación del riesgo con controles

Severidad	Probabilidad	Resultado	Valor resultante	Nivel de riesgo
5	D	D5	24	BAJO

Nota: Fuente propia

4.5.11 Reevaluación del riesgo – Método BIOMECH

Parámetros de evaluación del puesto:

- Sexo: Masculino
- El soporte de la carga es a 2 manos
- Peso de carga: 4.5 kg, valor aproximado debido a la reducción.
- Datos antropométricos se emplean los descritos en la tabla 4 y 5
- Coeficiente de rozamiento calzado/suelo, por default de 0.5
- Tiempo acumulado de adopción de las posturas: Mayor a 1 hora
- Frecuencia de repetición: Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez

Ángulos corporales de la postura adoptada al emplear el control de ingeniería

- Análisis de los ángulos corporales para el puesto de llantero 1

Figura 26

Postura de llantero 1 con control del riesgo



Nota: Fuente propia

Figura 27

Ángulos corporales de llantero 1



Nota: Fuente propia

- Análisis de los ángulos corporales para el puesto de llanero 2

Figura 28

Postura de llanero 2 con control del riesgo



Nota: Fuente propia

Figura 29

Ángulos corporales de llanero 2



Nota: Fuente propia

Se ingresan los parámetros anteriores en el SOFTWARE ERGONAUTAS

- Para el caso del llantero 1

Se obtienen los resultados:

Tabla 14

Resultados del control de riesgo llantero 1

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	15.16	-10.66	30%	NO
Hombro	10.32	-5.82	44%	NO
Lumbar(L5/S1)	11.43	-6.93	39%	NO
Cadera	8.38	-3.88	54%	NO
Rodilla	6.08	-1.58	74%	NO
Tobillo	6.93	-2.43	65%	NO

Nota: Fuente propia

- Para el caso del llantero 2

Se obtienen los resultados:

Tabla 15

Resultados del control de riesgo llantero 2

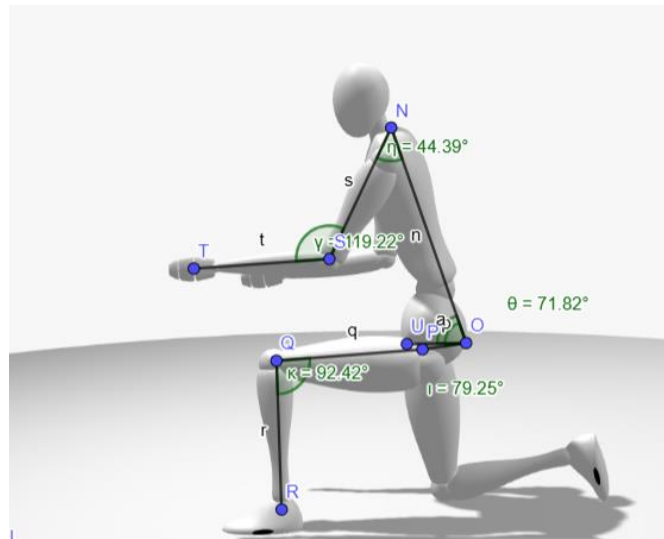
Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	13.74	-9.24	33%	NO
Hombro	9.53	-5.03	47%	NO
Lumbar(L5/S1)	15.82	-11.32	28%	NO
Cadera	13.74	-9.24	33%	NO
Rodilla	6.11	-1.61	74%	NO
Tobillo	14.91	-10.41	30%	NO

Nota: Fuente propia

- Análisis de posturas recomendadas para el desarrollo de la tarea:

Figura 30

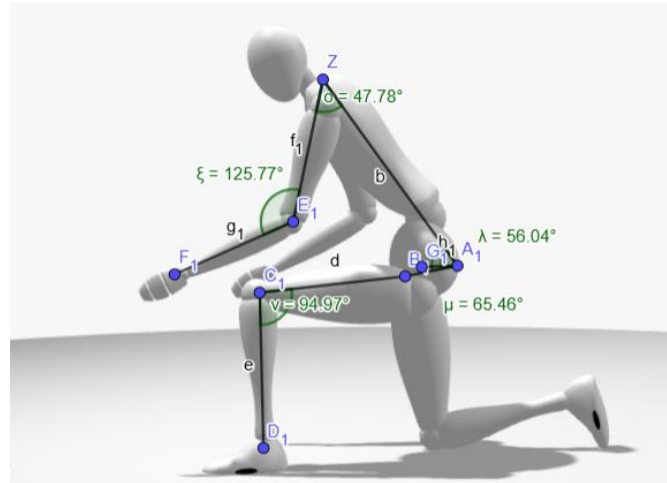
Postura recomendada 1



Nota: Fuente propia

Figura 31

Postura recomendada 2



Nota: Fuente propia

Se ingresan los parámetros anteriores en el SOFTWARE ERGONAUTAS

- Para el caso de la postura recomendada 1

Se obtienen los resultados para los datos del llantero 1:

Tabla 16

Resultados postura recomendada 1 Llantero 1

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	14.12	-9.62	32%	NO
Hombro	11.12	-6.62	40%	NO
Lumbar(L5/S1)	16.29	-11.79	28%	NO
Cadera	12.15	-7.65	37%	NO
Rodilla	6.99	-2.49	64%	NO
Tobillo	-	-	0%	NO

Nota: Fuente propia

Se obtienen los resultados para los datos del llantero 2:

Tabla 17

Resultados postura recomendada 1 Llantero 2

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	12.65	-8.15	36%	NO
Hombro	10.62	-6.12	42%	NO
Lumbar(L5/S1)	17.02	-12.52	26%	NO
Cadera	13.07	-8.57	34%	NO
Rodilla	12.6	-8.1	36%	NO
Tobillo	-	-	0%	NO

Nota: Fuente propia

- Para el caso de la postura recomendada 2:

Se obtienen los resultados para los datos del llantero 1:

Tabla 18

Resultados postura recomendada 2 Llantero 1

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	15.08	-10.58	30%	NO
Hombro	14.08	-9.58	32%	NO
Lumbar(L5/S1)	13.57	-9.07	33%	NO
Cadera	8.56	-4.06	53%	NO
Rodilla	12.13	-7.63	37%	NO
Tobillo	-	-	0%	NO

Nota: Fuente propia

Se obtienen los resultados para los datos del llantero 2:

Tabla 19

Resultados postura recomendada 2 Llantero 2

Articulación	Carga máxima (kg)	Sobrecarga (kg)	% de carga máxima	Riesgo
Codo	13.5	-9	33%	NO
Hombro	13.07	-8.57	34%	NO
Lumbar(L5/S1)	15.32	-10.84	29%	NO
Cadera	10.53	-6.03	43%	NO
Rodilla	14.8	-10.3	30%	NO
Tobillo	-	-	0%	NO

Nota: Fuente propia

4.5.12 Influencia del control sobre la productividad

Para determinar la influencia del control de ingeniería sobre la productividad de la tarea, se ejecuta una tabla comparativa de como esta actividad de ha venido ejecutando, teniéndose en cuenta los siguientes parámetros:

- Sueldo bruto del llantero: S/ 2200 / mes
- Costo hora – hombre: S/ 11.46
- Horas trabajadas por mes: 192
- Promedio acciones de ajuste y desajuste de neumáticos: 45 veces / día
- N° de trabajadores en sede: 2
- Días laborales: Se trabaja 6 días a la semana durante 52 semanas, dando un total de 312 días de trabajo
- Tiempo promedio empleado por cada tarea, provisto por el supervisor del área

Con base en los parámetros anteriores, se consolida la tabla 20:

Tabla 20

Resultados del cálculo de productividad

Detalle de casos	Tiempo empleado promedio (minutos)	Tiempo empleado (segundos)	Tiempo empleado (horas)	# Veces de ejecutar tarea	# Trabajadores	Pago por S/ Hora	Gasto día	Gasto mes	Gasto anual	Productividad Anual (# Acciones) / (Recursos empleados) * 100%
Retiro de llanta con Aflojador de tuercas manual	8	480	0.133	45	2	S/ 11.46	S/ 137.50	S/ 3,300.00	S/ 42,900.00	33%
Retiro de llanta con pistola neumática	1.5	90	0.025	45	2	S/ 11.46	S/ 25.78	S/ 618.75	S/ 8,043.75	175%
Retiro de llanta con pistola neumática más soporte de apoyo de llave de impacto	0.83	50	0.014	45	2	S/ 11.46	S/ 14.32	S/ 343.75	S/ 4,468.75	314%

Nota: Fuente propia

4.5.13 Influencia del control sobre el esfuerzo percibido

Para determinar la influencia del control de ingeniería sobre el esfuerzo percibido de la tarea, se emplea la estimación del esfuerzo de Borg, de acuerdo con el anexo 8 y 9, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Resultados de la estimación del esfuerzo de Borg, previo a la implementación del control:

Tabla 21

Resultados de estimación de percepción previo al control

Puesto	Tarea evaluada	Puntuación de Borg	Denominación	% Contracción voluntaria máxima	Condición
Llantero 1	Traslado de pistola neumática	3	Moderado	30%	Condiciones habituales
Llantero 1	Desajuste de tuercas de neumáticos	5	Fuerte	50%	Condiciones habituales
Llantero 1	Ajuste de tuercas de neumáticos	4	Moderado+	40%	Condiciones habituales
Llantero 2	Traslado de pistola neumática	4	Moderado+	40%	Condiciones habituales
Llantero 2	Desajuste de tuercas de neumáticos	6	Fuerte+	60%	Condiciones habituales
Llantero 2	Ajuste de tuercas de neumáticos	5	Fuerte	50%	Condiciones habituales

Nota: Fuente propia

- Resultados de la estimación del esfuerzo de Borg, posterior a la implementación del control:

Tabla 22

Resultados de estimación de percepción posterior al control

Puesto	Tarea evaluada	Puntuación de Borg	Denominación	% Contracción voluntaria máxima	Condición
Llantero 1	Traslado de pistola neumática	1	Muy débil	10%	Control implementado
Llantero 1	Desajuste de tuercas de neumáticos	1	Muy débil	10%	Control implementado
Llantero 1	Ajuste de tuercas de neumáticos	1	Muy débil	10%	Control implementado
Llantero 2	Traslado de pistola neumática	1	Muy débil	10%	Control implementado
Llantero 2	Desajuste de tuercas de neumáticos	2	Débil	20%	Control implementado
Llantero 2	Ajuste de tuercas de neumáticos	1	Muy débil	10%	Control implementado

Nota: Fuente propia

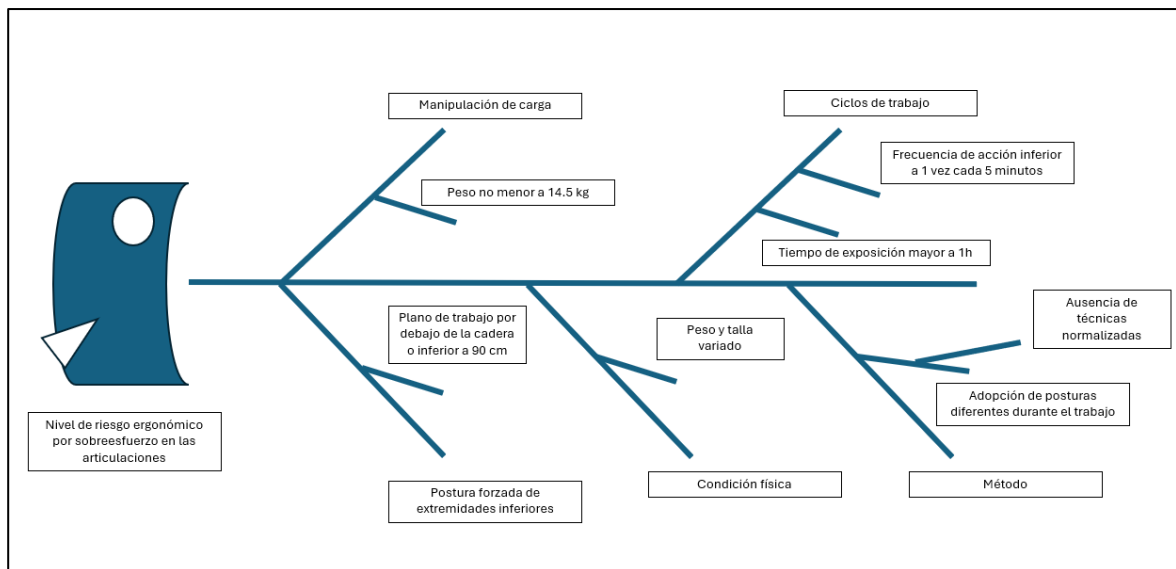
Capítulo V: Análisis y discusión de resultados

5.1 Análisis y discusión de resultados

Producto del análisis de los resultados se evidencian las siguientes causas que dan origen a la presencia del riesgo ergonómico:

Figura 32

Diagrama de análisis de causas del nivel de riesgo



Nota: Fuente propia

Al iniciar con el estudio se evalúa el nivel de riesgo de la actividad previo a la implementación del control por la metodología correspondiente al anexo 7 del DS 024-2016-EM, para el peligro de posturas inadecuadas, de riesgo sobreesfuerzo, se obtuvo un nivel de riesgo MEDIO, según la tabla 6, para el cual corresponde la adopción de medidas preventivas.

Posterior a ello, se procede con la evaluación específica del riesgo a nivel ergonómico empleándose la metodología BIOMECH, previo a la implementación del control, para lo cual se reconocen 2 posturas frecuentes que adoptan los trabajadores al ejecutar la tarea empleando la pistola neumática, las cuales corresponden a las figuras 21 y 23.

Análisis de los resultados para la postura frecuente 1 del llantero 1

Se evidencia que para la postura frecuente 1, el trabajador presenta riesgo de sobreesfuerzo en las articulaciones:

- Lumbar (L5/S1) a un nivel de 128%
- Cadera a un nivel de 283%
- Rodilla a un nivel de 110%
- Tobillo a un nivel de 113%

Análisis de los resultados para la postura frecuente 2 del llantero 1

Se evidencia que para la postura frecuente 2, el trabajador presenta riesgo de sobreesfuerzo en las articulaciones:

- Lumbar (L5/S1) a un nivel de 198%
- Cadera a un nivel de 565%
- Rodilla a un nivel de 348%
- Tobillo a un nivel de 399%

Análisis de los resultados para la postura frecuente 1 del llantero 2

Se evidencia que para la postura frecuente 1, el trabajador presenta riesgo de sobreesfuerzo en la articulación:

- Cadera a un nivel de 154%

Análisis de los resultados para la postura frecuente 2 del llantero 2

Se evidencia que para la postura frecuente 1, el trabajador presenta riesgo de sobreesfuerzo en las articulaciones:

- Lumbar (L5/S1) a un nivel de 135%
- Cadera a un nivel de 236%
- Rodilla a un nivel de 210%
- Tobillo a un nivel de 235%

Los resultados mostrados evidencian la presencia de un riesgo de sobreesfuerzo, ya que el esfuerzo supera el 100% de lo permitido, en lumbar y extremidades inferiores al ejecutar la tarea bajo las condiciones descritas, por lo que requiere se adopten medidas correctivas.

Al determinarse las necesidades de control se planteó una jerarquía de controles para la reducción del riesgo, posterior a su implementación se obtuvieron los siguientes resultados.

- La reevaluación del riesgo posterior a la implementación del control por la metodología correspondiente al anexo 7 del DS 024-2016-EM, para el peligro de posturas inadecuadas, de riesgo sobreesfuerzo, se obtuvo un nivel de riesgo BAJO, según la tabla 13, lo cual significa que el riesgo se encuentra controlado.

Posterior a ello, se procede con la reevaluación específica del riesgo a nivel ergonómico empleándose la metodología BIOMECH, posterior a la implementación del control las cuales corresponden a las figuras 26 y 28.

Análisis de los resultados del llantero 1 con el control de ingeniería implementado

Se evidencia que para el trabajador los esfuerzos en las articulaciones resultan:

- Lumbar (L5/S1) a un nivel de 39%
- Cadera a un nivel de 54%
- Rodilla a un nivel de 74%
- Tobillo a un nivel de 65%

Análisis de los resultados del llantero 2 con el control de ingeniería implementado

Se evidencia que para el trabajador los esfuerzos en las articulaciones resultan:

- Lumbar (L5/S1) a un nivel de 28%
- Cadera a un nivel de 33%
- Rodilla a un nivel de 74%
- Tobillo a un nivel de 30%

Los resultados mostrados evidencian la presencia de una reducción del esfuerzo, ya que el esfuerzo en las articulaciones de estudio no supera el 100% de lo permitido, en lumbar y extremidades inferiores al ejecutar la tarea bajo las condiciones descritas, por lo que el riesgo de sobreesfuerzo no está presente.

Análisis de la influencia del control sobre el esfuerzo percibido

Para el puesto de llantero 1, previo a la implementación del control, se obtuvo un valor del 50% de esfuerzo percibido según metodología de BORG, posterior a la implementación, este valor se reduce a 10%, por lo que se evidencia una reducción en el esfuerzo percibido.

Para el puesto de llantero 2, previo a la implementación del control, se obtuvo un valor del 60% de esfuerzo percibido según metodología de BORG, posterior a la

implementación, este valor se reduce a 20%, por lo que se evidencia una reducción en el esfuerzo percibido.

Los resultados mostrados evidencian una influencia positiva para el trabajador ya que se ve reducido el esfuerzo que supone ejecutar las tareas analizadas posterior a la implementación del control.

Análisis de la influencia del control sobre la productividad

El puesto de llantero ejecuta 45 acciones en promedio de forma diaria ejecutando la tarea de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos, al analizarse los valores obtenidos de la tabla 20, se obtienen los siguientes resultados para la productividad según el método empleado:

- Método 1, retiro de llanta con aflojador de tuercas manual, ofrece un valor de productividad del 33%
- Método 2, retiro de llanta con pistola neumática, ofrece un valor de productividad del 175%
- Método 3, retiro de llanta con pistola neumática más soporte de apoyo de llave de impacto, ofrece un valor de productividad del 314%

Los resultados mostrados evidencian una influencia positiva para el trabajador y la organización ya que al emplearse el método 3, la productividad incrementa en un 139%.

Análisis y discusión de los resultados según los objetivos planteados:

- Con base al objetivo específico 1, se logra determinar el riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería, el cual resulta en riesgo de

sobreesfuerzo obtenido por la metodología BIOMECH, debido a sus resultados superiores al límite de 100% en 4 articulaciones.

- Con base al objetivo específico 2, se logra determinar el riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería, el cual resulta en sin riesgo de sobreesfuerzo obtenido por la metodología BIOMECH, debido a sus resultados inferiores al límite de 100% en las 4 articulaciones.
- Con base al objetivo específico 3, se logra determinar la influencia de la implementación del control sobre el esfuerzo percibido, ya que se evidencia un menor esfuerzo percibido según metodología de BORG para ejecutar las tareas.
- Con base al objetivo específico 4, se logra determinar la influencia de la implementación del control sobre la productividad, ya que se evidencia un incremento del 139%.
- Con base al objetivo general, se logra implementar el soporte de apoyo de llave de impacto en las operaciones.

5.2 Contratación de hipótesis

Al analizar la Hipótesis específica 1, se pudo confirmar que al evaluar la actividad de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos es significativo, ya que los resultados obtenidos evidencian por medio de la metodología BIOMECH, un riesgo de esfuerzo superior al 100%, en 4 articulaciones, lo cual significa que el riesgo es significativo y amerita el control.

Al analizar la Hipótesis específica 2, se pudo confirmar que posterior a la implementación del control a la tarea de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos el riesgo de ser significativo, pasa a no serlo ya que los resultados son inferiores al límite de sobreesfuerzo de 100%, en las articulaciones de estudio, por lo que es evidente la reducción en el nivel de riesgo.

Al analizar la Hipótesis específica 3, previo a la implementación del control de ingeniería el puesto de llantero presenta como resultado al esfuerzo percibido de 50% y 60%, para los puestos de llantero 1 y 2, respectivamente, posterior a la implementación estos valores se ven reducidos a 10% y 20%, por lo que se confirma que sí existe una influencia del control sobre el esfuerzo percibido.

Al analizar la Hipótesis específica 4, previo a la implementación del control de ingeniería, el puesto de llantero presenta un valor de productividad de 175%, al emplearse el método 2, posterior a la implementación del control, empleándose el método 3 para la tarea, esta productividad resulta de 314%, por lo que se confirma que sí existe una influencia del control sobre la productividad de la tarea.

Al analizar la Hipótesis general, previo a la implementación del control se evidencia un nivel de riesgo significativo, en 4 articulaciones donde el valor del esfuerzo resulta ser superior al límite del 100%, durante la tarea de desajuste y ajuste de tuercas de neumáticos, al implementarse el control el riesgo resulta no significativo, ya que en las 4 articulaciones el esfuerzo resulta ser inferior al límite del 100%, esto evidencia la existencia de aporte en la reducción del riesgo, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Conclusiones

Como resultado de la investigación aplicada presentada, se ejecutó la implementación de un soporte de apoyo de llave de impacto para la reducción del nivel de riesgo ergonómico en el puesto de llanero durante la actividad de ajuste y desajuste de tuercas de neumáticos en una empresa contratista de servicios de mantenimiento.

El nivel de riesgo evaluado por el ANEXO 7 del DS 024-2016-EM, se ve reducido de MEDIO a BAJO al implementarse el control de ingeniería.

Al emplearse el control el nivel de riesgo por sobreesfuerzo en las articulaciones evidencia una reducción de:

- Lumbar (L5/S1) de hasta 159%
- Cadera de hasta 511%
- Rodilla de hasta 274%
- Tobillo de hasta 334%

Los resultados del riesgo por sobreesfuerzo en las articulaciones están relacionados al peso, talla y dimensiones antropométricas de los trabajadores, donde un trabajador con un mayor IMC puede presentar un mayor esfuerzo y en consecuencia un mayor riesgo sobre estas, respecto a uno que posee un IMC menor, bajo las mismas condiciones de carga, frecuencia y ángulos corporales.

Los resultados mostrados evidencian una influencia positiva para el trabajador ya que se ve reducido el esfuerzo percibido del trabajador estimado según la escala de BORG la cual, al ejecutarse las tareas analizadas posterior a la implementación del control, se ve reducido este esfuerzo del 50% y 60% para el llanero 1 y 2 respectivamente, a un valor de 10 y 20%.

Los resultados mostrados evidencian influencia sobre la productividad, ya que al emplearse el método 3, esta incrementa en un 139%, respecto al método previo a la implementación del control.

Al evaluarse las posturas recomendadas correspondiente a las figuras 30 y 31, pueden evidenciarse una reducción en la articulación de la rodilla de hasta el 40% respecto a las posturas adoptadas en las figuras 26 y 28.

Al consolidarse los objetivos, y resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

Conclusión específica 1: El nivel de riesgo ergonómico previo a la implementación del control de ingeniería resulta ser significativo ya que se evidencian valores superiores al límite de 100% en las articulaciones, lumbar(L5/S1), cadera, rodilla y tobillo.

Conclusión específica 2: El nivel de riesgo ergonómico posterior a la implementación del control de ingeniería resulta NO ser significativo ya que se evidencian valores inferiores al límite de 100% en las articulaciones, lumbar(L5/S1), cadera, rodilla y tobillo.

Conclusión específica 3: Existe influencia de la implementación del control sobre el esfuerzo percibido de los trabajadores ya que se evidencia una reducción de este posterior a la implementación del control.

Conclusión específica 4: Existe influencia de la implementación del control sobre la productividad de los trabajadores ya que se evidencia un incremento del 139%.

Conclusión general: La implementación del control de ingeniería aporta a la reducción del riesgo ergonómico por esfuerzo articular, lográndose controlar, por otra parte, el esfuerzo que las tareas suponen se ven reducidas, asimismo el disponer de este

control aporta a la productividad del proceso y del trabajador ya que se reduce el tiempo de trabajo.

Por lo anterior el control aporta a la seguridad, salud y productividad del puesto y proceso.

Recomendaciones

Terminado el trabajo de investigación, se considera importante investigar aspectos relacionados, por lo que se recomienda:

- Investigar sobre las diversas metodologías que cuantifiquen las posturas y cargas de forma combinada con una frecuencia y periodo de exposición, a nivel biomecánico esto con la finalidad de poder comparar y poder disponer de más información para la toma de decisiones.
- Investigar sobre nuevas tecnologías que permitan reducir el esfuerzo que ejecutan los técnicos de mantenimiento, esto con la finalidad de reducir ello y poder apuntar a un puesto de menor esfuerzo y mayor productividad.
- Profundizar e investigar sobre equipos que permitan la suspensión de herramientas del tipo dinámico, esto significaría un mayor alcance en el desarrollo de las tareas ya que el equipo implementado en la presente tesis atiende una necesidad de hasta 90 cm.
- Profundizar e investigar sobre el impacto que tiene el IMC sobre la ejecución de las tareas y su relación con el nivel de riesgo del tipo biomecánico.

Oportunidades de mejora en la prueba de percepción del esfuerzo de BORG:

Se considera importante pueda evaluarse de forma cuantitativa por medio del uso de un dinamómetro, con ello el valor sería más objetivo y menos subjetivo a la experiencia de los trabajadores.

Referencias bibliográficas

AEE. (2021). *¿Qué es la ergonomía?* Obtenido de <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>

Diego, M., & Jose, A. (2015). *Análisis biomecánico estático coplanar. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia.* Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>

DS005-2012-TR. (2012). *Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.* Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571763/Decreto_Supremo_N__005-2012-TR.pdf?v=1585259918

DS-024-2016-EM. (2016). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (28 de julio del 2016).* Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/901782/DS-024-2016-EM.pdf>

EPIDOR. (2018). *La pistola de impacto una de las herramientas más versátiles del sector.* Obtenido de <https://epidor.com/blog/la-pistola-de-impacto-una-de-las-herramientas-mas-versatiles/>

INSST. (2024). *ANTROPOMETRÍA.* Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/524376/DTEAntropometriaDP.pdf/032e8c34-f059-4be6-8d49-4b00ea06b3e6>

ISO. (2018). *Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (ISO 45001:2018)*.

Obtenido de <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/37/63787.html>

Ley.N°29783. (2011). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (20 de agosto del 2011)*.

Obtenido de <https://diariooficial.elperuano.pe/Normas/obtenerDocumento?idNorma=38>

Martinez, F., & Calderón, M. (2021). *PROPUESTA DE MEJORA ERGONÓMICA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE UN TALLER DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA. [Tesis de pregrado ,Universidad Católica San Pablo]. Repositorio de Universidad Católica San Pablo.*

Obtenido de <https://repositorio.ucsp.edu.pe/item/ca1d8325-6f7a-4861-93aa-a8e93e4e0124>

MARTINS. (2024). *Impact Boom - Soporte de apoyo de llave de impacto*. Obtenido de

https://martinsindustries.com/us_es/impact-boom-soporte-de-apoyo-de-llave-de-impacto-mmiiwss?srsltid=AfmBOop5kqxqMOMJNtJOig9TwGIExviDFuWAQsBGIJKuVri-TOxXtx3J

MINSAL. (2019). *Percepción de esfuerzo físico mediante uso de escala de Borg*. Obtenido

de https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota_T%C3%A9cnica_BORG%20_140819%20%282%29_pdf.pdf

Moran, R. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA REDUCIR LOS RIESGOS ERGONÓMICOS EN EL PERSONAL DEL ÁREA DE DESARMADO DE MOTORES DE UNA EMPRESA DE MAQUINARIA PESADA.[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San*

Marcos].Repositorio de la UNMSM. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/9556bce7-dbfa-4a0e-91d2-8f40757ef52b>

Orué, J. J. (2021). *FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE BOTA PERNOS (HERRAMIENTA) COMO MEDIDA DE CONTROL PARA MINIMIZAR RIESGO DE ACCIDENTE EN EL PERSONAL QUE REALIZA TRABAJOS DE DESPERNADO DE* .[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].Repositorio institucional UNI. Obtenido de <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22517>

Prevalia. (2014). *Riesgos Ergonómicos y sus medidas preventivas*. Obtenido de https://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_ergonomicos.pdf

PRODUCTION_TOOLS. (2024). *¿Qué es una llave de impacto?* Obtenido de <https://productiontools.es/herramientas-industriales/llave-de-impacto-neumatica/#:~:text=La%20llave%20de%20impacto%20neum%C3%A1tica,par%20de%20apriete%20muy%20elevado.>

RIMAC. (2013). *ERGONOMÍA Y BIOMECÁNICA*. Obtenido de https://www.prevencionlaboralrimac.com/Cms_Data/Contents/RimacDataBase/Media/fasciculo-prevencion/FASC-8588152601149574370.pdf

RM-375-2008-TR. (2008). *Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico (28 de noviembre del 2008)*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/394457-375-2008-tr>

Santander. (2024). *¿Qué es la productividad y como se calcula?* Obtenido de <https://www.bancosantander.es/glosario/productividad>

SUNAFIL. (2022). *MANUAL PARA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3929426/Manual%20para%20Identificaci%C3%B3n%20de%20Peligros%20y%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Riesgos%20y%20Determinaci%C3%B3n%20de%20Controles%20-%20IPERC.pdf.pdf?v=1670947327>

TWIND. (2024). *Jerarquía de Control de Riesgos: Guía Completa ISO 45001*. Obtenido de <https://twind.io/cl/jerarquia-de-control-de-riesgos-iso-45001/>

UNE. (2017). *Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1:Definiciones de las medidas del cuerpo y referencia (UNE-EN ISO 7250-1:2017)*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0059144>

Valencia, S. (2023). *PROPUESTA DE DISEÑO DE MESA DE TRABAJO CON ENFOQUE ANTROPOMÉTRICO Y ERGONÓMICO PARA EL PUESTO DE CAJERO EN UNA TIENDA DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS* .[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].Repositorio institucional UNI. Obtenido de <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/27028>

VAPSINT. (2018). *El resorte a gas y su funcionamiento*. Obtenido de <https://www.vapsint.com/es/funcionamiento-y-caracteristicas-de-los-resortes-a-gas/>

Anexos

Anexo 1: Matriz IPERC de llantero	1
Anexo 2: PETS Desmontaje y montaje de neumáticos.....	7
Anexo 3: Medidas antropométricas de los trabajadores	10
Anexo 4: Fotos de medición antropométrica llantero 1	12
Anexo 5: Fotos de medición antropométrica llantero 2	13
Anexo 6: Cotización de control de soporte de apoyo.....	14
Anexo 7: Características técnicas del soporte de apoyo	15
Anexo 8: Procedimiento de estimación del esfuerzo percibido BORG.....	18
Anexo 9: Registros de estimación de percepción del esfuerzo BORG.....	27
Anexo 10: Registro de instrucción en el uso del soporte de apoyo.....	31
Anexo 11: Ficha técnica de Rodilleras.....	32
Anexo 12: Parámetros de evaluación postura 1 llantero 1.....	33
Anexo 13: Parámetros de evaluación postura 2 llantero 1.....	34
Anexo 14: Parámetros de evaluación postura 1 llantero 2.....	35
Anexo 15: Parámetros de evaluación postura 2 llantero 2.....	36
Anexo 16: Parámetros de resultados del control del riesgo llantero 1	37
Anexo 17: Parámetros de resultados del control del riesgo llantero 2	38
Anexo 18: Parámetros postura recomendada 1 llantero 1	39

Anexo 19: Parámetros postura recomendada 2 llantero 1	40
Anexo 20: Parámetros postura recomendada 1 llantero 2	41
Anexo 21: Parámetros postura recomendada 2 llantero 2	42

Anexo 1

Matriz IPERC de llantero

	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL		
--	--	--	--

Gerencia / Superintendencia: TRANSPORTE Área: MANTENIMIENTO / SUPERVISOR DE NEUMÁTICOS, LLANTERO Fecha de elaboración: 22/12/2024

Proceso	Actividad	Tarea	Tipo de actividad (R = Rutinario, NR = No Rutinario, E = Situación de emergencia)	Enfoque de género (F = Femenino, M = Masculino)	Puesto (s) de trabajo asociado(s)	Peligro	Riesgo	Descripción de la consecuencia	Evaluación de Riesgos					Controles Actuales					Reevaluación							
									Nivel de Severidad (S)			Resultado	Nivel de Probabilidad sin controles (P)	Riesgo Inicial (P x S)	Eliminación	Sustitución	Control de Ingeniería	Control Administrativo	EPP Específico (adicional al uso del casco, lentes y zapatos de seguridad)	Nivel de Severidad (S)				Probabilidad con Controles Actuales (P)	Riesgo con controles Actuales (P x S)	
									Persona	Propiedad	Proceso									Persona	Propiedad	Proceso	Resultado			
Reajuste y desajuste de tuercas de espárragos	Reajuste y desajuste de tuercas de espárragos	Rutinario	M	Técnico llantero	Torquímetro	exposición a contacto con torquímetro	Golpes, hematoma	3	5	4	3	C	C3	Medio	-	-	-	Inspección visual de torquímetro, uso adecuado de torquímetro.	Uso de EPP básico (casco, uniforme, lentes, zapato de seguridad) Guantes de badana.	3	5	4	3	D	D3	Bajo
					Compresora	Exposición a contacto con energía eléctrica	descarga eléctrica, electrocución	3	4	4	3	C	C3	Medio	-	-	Uso de llaves termomagnéticas/diferenciales	Inspección de marcador de neumáticos, inspección de cables y tomas de energía eléctrica.	Uso de EPP básico (casco, uniforme, lentes, zapato de seguridad), guante de badana.	3	4	4	3	D	D3	Bajo

Anexo 2

PETS Desmontaje y montaje de neumáticos

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Elaborado: CCL	PETS-MANT-007
	DESMONTAJE Y MONTAJE DE NEUMÁTICOS DE ARO CON PESTAÑA	Revisado: CCP/AFR	Revisión: 01
		Aprobado: JCHA	Fecha A.: 13/08/2024

1. PERSONAL

- 1.1 Supervisor de neumáticos.
- 1.2 Técnico llantero.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Pantalón drill
- 2.2 Polo manga larga
- 2.3 Zapato de seguridad.
- 2.4 Lentes de seguridad oscuro y/o claro.
- 2.5 Protector de cabeza.
- 2.6 Guante de badana y/o zorbít.
- 2.7 Tapón auditivo.
- 2.8 Orejeras.
- 2.9 Traje Tyveck.

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- 3.1 Pistola neumática de impacto.
- 3.2 Soporte de pistola neumática
- 3.3 Gata hidráulica.
- 3.4 Caballetes.
- 3.5 Manquera de aire de 1/2".
- 3.6 Espárragos.
- 3.7 Palanca de ruedas.
- 3.8 Conos de seguridad.



4. PROCEDIMIENTO

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
4.1	El técnico llantero procede a llenar su IPER C, OT; para luego hacerlo validar por el supervisor de neumáticos y SSOMA.		
4.2	El supervisor de neumáticos coordina con el jefe de patio para el ingreso de la unidad de transporte y/o unidad vehicular menor al área de llantería.	Atropello, choque	Uso de vigía y radio. Colocar el freno de parqueo, colocar los tacos tipo cuña en los neumáticos posteriores.
4.3	El técnico llantero bloqueará la unidad con el candado y tarjeta de bloqueo para luego colocar los tacos tipo cuña en los neumáticos posteriores.		Colocar el freno de parqueo.
4.4	Colocar la gata hidráulica en el eje de neumático para el levantamiento del eje, dejando un espacio entre el piso y la banda de rodamiento del neumático de aproximadamente 5 cm.	Atrapamiento, golpes	Inspeccionar las herramientas antes de ser utilizadas.
4.5	Una vez levantado o suspendido el eje de neumático		

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Elaborado: CCL	PETS-MANT-007
	DESMONTAJE Y MONTAJE DE NEUMÁTICOS DE ARO CON PESTAÑA	Revisado: CCP/APR	Revisión: 01
		Aprobado: JCHA	Fecha A.: 13/08/2024

4.6 Colocar la pistola neumática en el grillete del soporte de la pistola.	Golpes, cortes.	Supervisión constante, uso de EPP completos y Charla previa del PETS de la operación
4.7 Acoplar la manguera de aire con la pistola neumática y la compresora de aire.		
4.8 Conectar el compresor de aire a la toma de energía eléctrica y encenderá el mismo.		
4.9 Colocar el dado de impacto en la pistola de acuerdo con el encastre de la tuerca del neumático.	Lesión auditiva irreversible	Es obligatorio el uso de tapón de oído y las orejeras.
4.10 Embocar el dado de la pistola neumática en la tuerca del perno de neumático.		
4.11 Activar la pistola neumática para aflojar la tuerca del perno de neumático.	Golpes, cortes	Supervisión constante
4.12 Retirar las tuercas del perno de forma manual y colocarlas en una bandeja u otro recipiente.		
4.13 Colocar la palanca de rueda por debajo del neumático.		
4.14 Con una mano tomando la palanca de rueda y con la otra mano tomando la parte superior del neumático, maniobrar moviendo el neumático hacia el exterior hasta que el neumático salga de la boca maza.	Esguinces, lesiones en brazo y mano	Pausas activas, supervisión constante
4.15 Una vez que el neumático haya salido de la bocamaza, rodarlo y colocarlo en un rack.		
4.16 Acercar el neumático hacia la boca maza para su montaje.	Golpes, cortes.	Supervisión constante
4.17 Colocar la palanca de rueda debajo del neumático.		
4.18 Con una mano tomando la palanca de rueda y con la otra mano tomando la parte superior del neumático, maniobrando, levantando el neumático hasta que este encaje en la boca maza.	Esguinces, lesiones en brazo y mano	Pausas activas, supervisión constante
4.19 Una vez que el neumático encaja en la bocamaza seguir maniobrando hasta que el		

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Elaborado: CCL	PETS-MANT-007
	DESMONTAJE Y MONTAJE DE NEUMÁTICOS DE ARO CON PESTAÑA	Revisado: CCP/AFR	Revisión: 01
		Aprobado: JCHA	Fecha A.: 13/08/2024

	<p>neumático se ubique en su posición final.</p> <p>4.20 Colocar las tuercas de los pernos de manera manual.</p> <p>4.21 El técnico llantero colocará el dado de impacto en la pistola de acuerdo con el encastre de la tuerca del neumático.</p> <p>4.22 Embocar el dado de la pistola neumática en la tuerca del perno de neumático.</p> <p>4.23 Activar la pistola neumática para reajustar la tuerca del perno de neumático.</p> <p>4.24 Una vez ajustada la tuerca con la pistola neumática, proceder a reajustar la tuerca con el torquímetro a 450 lb.</p> <p>4.25 Repetir los pasos descritos para el resto de los neumáticos.</p> <p>4.26 Terminado de realizar el montaje de las ruedas, se procede a ubicar la gata hidráulica o neumática debajo del puente transversal o puente posterior y levantar hasta que los caballetes queden libres para su retiro y luego bajar la gata.</p>	<p>Lesión auditiva irreversible.</p> <p>Golpes, cortes.</p>	<p>Uso obligatorio del tapón de oído y las orejeras.</p> <p>Inspeccionar las herramientas antes de ser utilizadas.</p> <p>Terminada la tarea, desbloquear la unidad de transporte o vehículo menor retirando el candado de bloqueo.</p>
--	--	---	---

5. RESTRICCIONES

- 5.1 No iniciar la tarea si no cuenta con las herramientas de gestión de seguridad (IPERC, OT).
- 5.2 No iniciar la tarea si no cuenta con tapón auditivo y orejeras.
- 5.3 No iniciar la tarea si las herramientas se encuentran en malas condiciones.

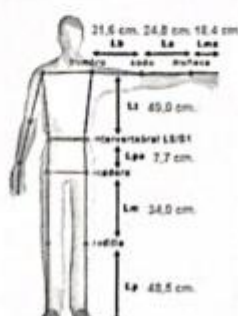
6. CONTROL DE VERSIONES

Versión	Detalle de la inclusión/modificación
01	Versión inicial

Anexo 3

Medidas antropométricas de los trabajadores


TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	
FECHA:	22/1/25
ÁREA:	Mantenimiento
PUESTO OBSERVADO:	Cartero 2
NOMBRE DEL TRABAJADOR:	Ruben Alaya
PESO (KG)	57.6
ESTATURA DEL TRABAJADOR (CM)	164
EDAD	29



Mano	19.5
Codo-Muñeca	27.5
Hombro-Codo	23.5
Hombro-L5/S1	47.1
L5/S1-Cadera	7.5
Cadera-Rodilla	33
Rodilla-Suelo	46.7

LONGITUD TOTAL DE BRAZO	71
LONGITUD TOTAL DE PIERNA	88
LONGITUD DE CABEZA	23.7

Observaciones generales:



Firma

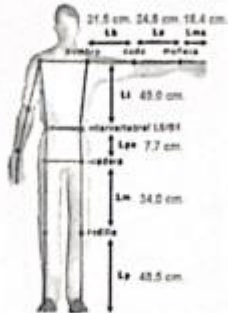
Elaborado por:

Rubén Ángel Alaya

Borramente

TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

FECHA:	23/1/25
ÁREA:	Mantenimiento
PUESTO OBSERVADO:	Carroero 1
NOMBRE DEL TRABAJADOR:	Ralco Segundo
PESO (KG)	85.2
ESTATURA DEL TRABAJADOR (CM)	158
EDAD	43



Mano	18.5
Codo-Muñeca	23.3
Hombro-Codo	24.4
Hombro-L5/S1	44.5
L5/S1-Cadera	7.2
Cadera-Rodilla	32.1
Rodilla-Suelo	45.6

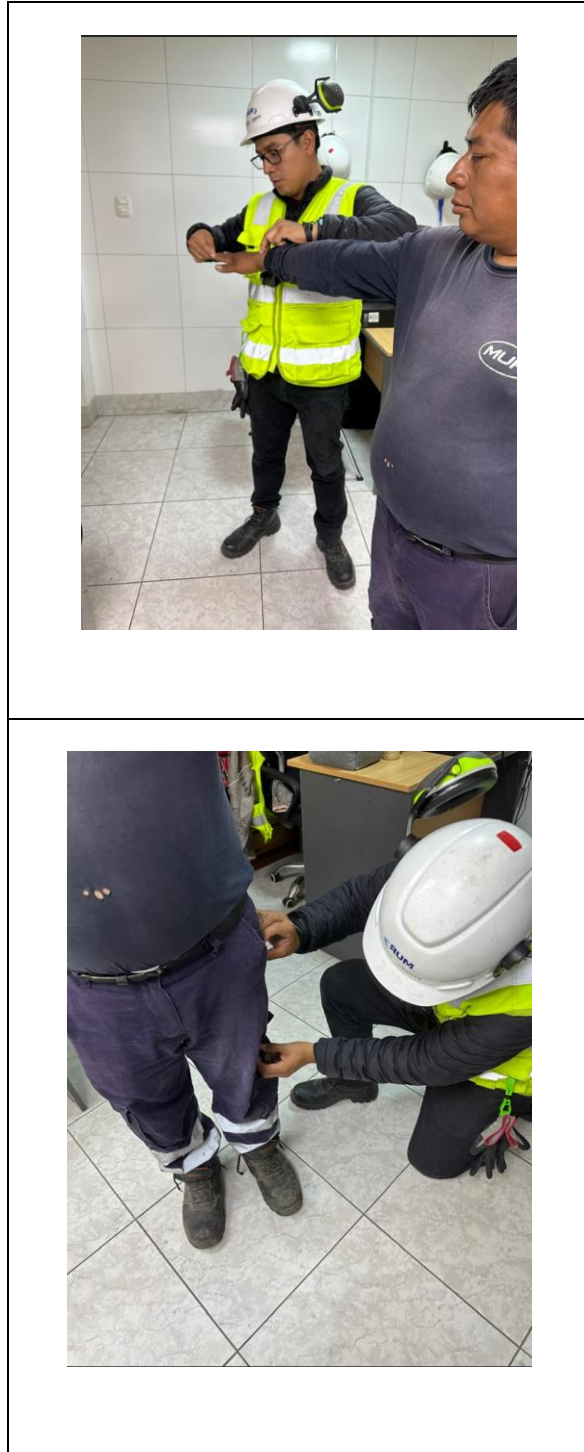
LONGITUD TOTAL DE BRAZO	66
LONGITUD TOTAL DE PIERNA	86
LONGITUD DE CABEZA	24.2

Observaciones generales:

Firma
Elaborado por:
Kerguel Amel
Cordera Bostamante.

Anexo 4

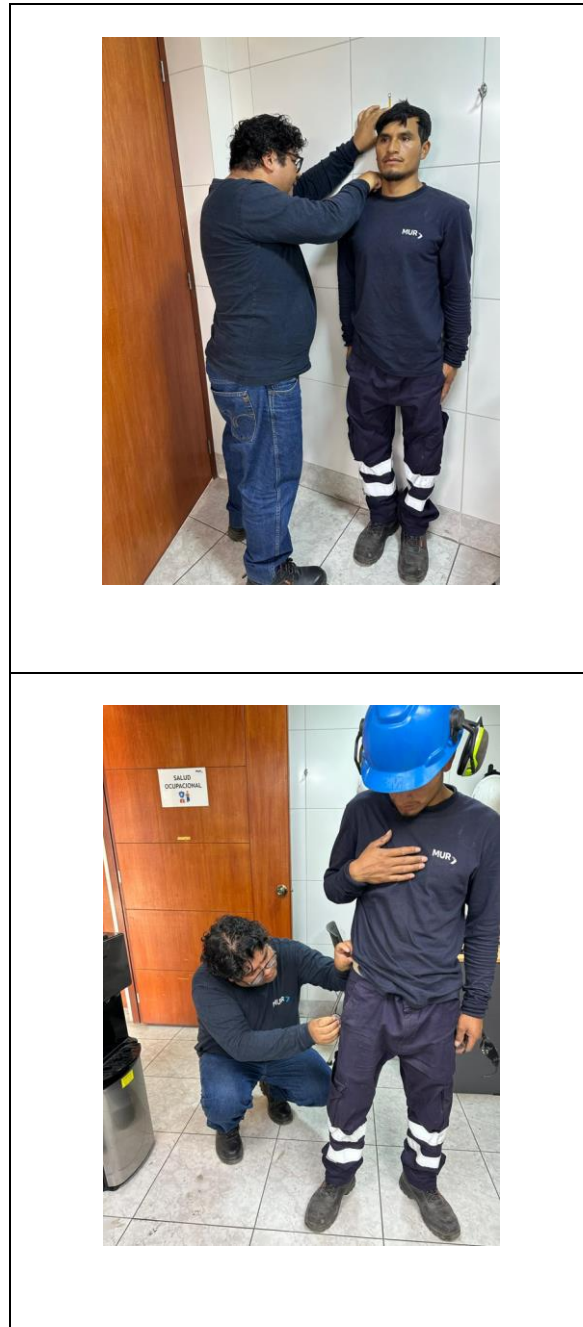
Fotos de medición antropométrica Ilantero 1



Nota: Fuente propia

Anexo 5

Fotos de medición antropométrica Ilantero 2



Nota: Fuente propia

Anexo 6

Cotización de control de soporte de apoyo





INGECORP SEGURIDAD E INGENIERIA E.I.R.L
 Departamento: Lima, Provincia: Lima, Distrito: Miraflores, Dirección: Cal.
 Gral Iglesias 145 dpto 101, Código ubigeo: 150122
 Telf: +51 997896395
 ventas@ingecorpperu.com - https://www.ingecorpseguridad.com/

RUC 20601830338
Cotización
No. 1833

SEÑOR(ES)	MUR - WY S.A.C.	FECHA DE EMISIÓN	21/08/2024
DIRECCIÓN	Av. Malecón Checa Nro. 3777	FECHA DE VENCIMIENTO	21/08/2024
CIUDAD	Lima		
TELÉFONO	RUC 20470407442		

Ítem	Precio	Cantidad	Descuento	Total
Martins - MMIWSS Soporte de Apoyo de Llave de Impacto IMPACT BOOM (Ficha Técnica : Link - https://bit.ly/3WIKcTY - Impact Boom)	\$820	3	0.00%	\$2,460.00
AA4C - T700 Camión -Manipulador de Llantas (Wheel Dolly)	\$855	1	0.00%	\$855.00

Tres mil novecientos once con 70/100 Dolares americanos

Subtotal	\$3,315.00
IGV (18.00%)	\$596.70
Total	\$3,911.70

Ing. Gabriel Salazar Gallo
 Jefe de Ventas
 985 630 483 / 997 896 395
 ventas@ingecorpperu.com

ELABORADO POR

Anexo 7

Características técnicas del soporte de apoyo



MODELO : MMIWSS

ESPECIFICACIONES

Incluido :	Soporte de acero para soportar la llave de impacto. Cilindro de gas.
	Ruedas giratorias (x2).
	Ruedas fijas (x2).
	Bandeja de soporte para tuercas de seguridad.
	Instrucciones de montaje.
Tipos de Ruedas :	Fijas y giratorias.
Peso Neto :	55 lbs - 25 kg
Peso Bruto :	69 lbs - 31 kg
Dimensión Producto :	(23" L) x (22.5" A) x (40.5" H)
Dimensión Paquete :	(43" L) x (25" A) x (13" H)
Color :	Grís y Naranja
Materiales :	Acero, Plástico



Mayor información, observe el siguiente Video.

VIDEO

BENEFICIOS Y CARACTERISTICAS

- ▶ Conserve su energía durante el día, el fuerte resorte de gas soporta llaves de impacto que pesen hasta 50 lb. (23 kg)
- ▶ Arriba, abajo y 360°, el gancho giratorio y la barra de soporte lo seguirán en cualquier patrón de empernado mientras mantiene quieta su llave de impacto.
- ▶ Las tuercas, las cubiertas y los indicadores están al alcance de la mano en la bandeja especialmente diseñada.

Nunca vuelva a dejar su llave de impacto. Manteniéndolo siempre apoyado a la altura correcta, el soporte de llave de impacto móvil Impact Boom realmente mejorará su trabajo diario. Al proporcionar una mejor productividad y precisión al cambiar una llanta o realizar el mantenimiento, el soporte para llaves de impacto Impact Boom también reducirá la fatiga y las lesiones debido al levantamiento y torsión constantes. Además, su soporte de acero versátil es compatible con las llaves de impacto comunes. Al final del día, simplemente empuje hacia abajo la barra de soporte para bloquear de manera segura la llave de impacto en su lugar.

 **Aviso: *La llave de impacto no está incluida.**

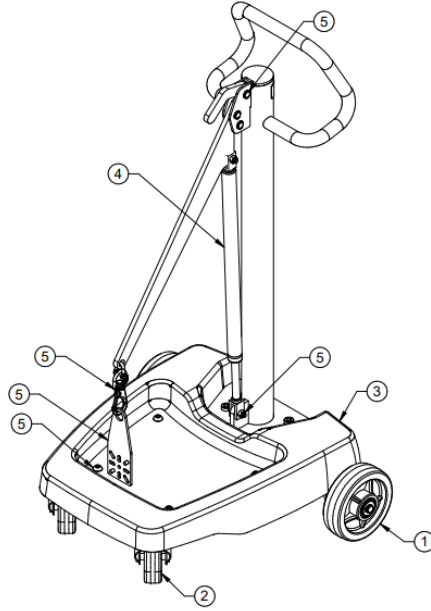
 **INGECORP**
SEGURIDAD E INGENIERIA

Dimensión de la Estructura



MARTINS **MMIWSS**

ITEM	DESCRIPTION	SP #
1	Rigid Wheel (x2)	SP-0073
2	Swivel Caster (x2)	SP-0074
3	Plastic Cover	SP-0075
4	Gas Spring	SP-0076
5	Hardware Kit	SP-0077

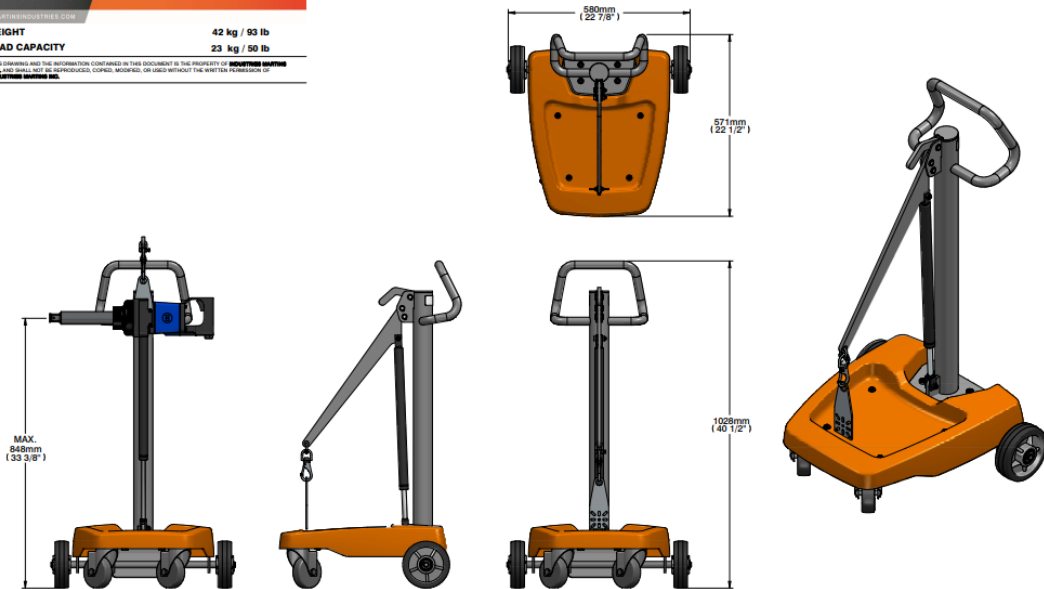


//////READY FOR EFFICIENCY

MARTINS **MMIWSS**

WEIGHT	42 kg / 93 lb
LOAD CAPACITY	23 kg / 50 lb

THIS DRAWING AND THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF MARTINS INDUSTRIES. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PURPOSES SPECIFIED HEREIN. IT IS TO BE KEPT CONFIDENTIAL AND NOT TO BE REPRODUCED, COPIED, MODIFIED, OR USED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF MARTINS INDUSTRIES INC.



//////READY FOR EFFICIENCY

Anexo 8

Procedimiento de estimación del esfuerzo percibido BORG



PERCEPCIÓN DE ESFUERZO FÍSICO MEDIANTE USO DE ESCALA DE BORG

Consideraciones acerca de la utilización del
método en ambientes laborales

Autor:

Jaime Ibacache Araya
Sección Ergonomía
Departamento Salud Ocupacional
Instituto de Salud Pública de Chile

I.- INTRODUCCIÓN

Los seres humanos en el desarrollo de sus actividades, sean estas recreativas, competitivas o laborales, han necesitado regular la intensidad de su esfuerzo físico, utilizando desde el simple hecho de percibirse cansados, hasta mediciones objetivas con datos fisiológicos (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, volumen de oxígeno consumido), o bioquímicos (concentración de ácido láctico en la sangre, depósitos de glucógeno muscular o hepático).

El año 1973, el fisiólogo sueco Gunnar Borg, crea una escala para valorar percepciones respecto al esfuerzo físico, la que permitió determinar y planificar la intensidad del ejercicio a nivel psicofisiológico, sin depender exclusivamente de parámetros más complejos.

Inicialmente se denominó Escala de Esfuerzo Percibido (RPE por sus siglas en inglés) con una escala progresiva de 6 a 20, construida para establecer una relación lineal con la intensidad de ejercicio y frecuencia cardíaca. Posteriormente en el año 1982, Borg desarrolla una escala de 0 a 10 (CR-10 Category Scale for the Rating of Perceived Exertion), siendo actualmente la más utilizada debido a su carácter más práctico.

Diversos estudios científicos han demostrado, en distintas poblaciones, una correlación significativa entre el esfuerzo percibido usando la Escala de Borg y parámetros tales como la frecuencia cardíaca y el lactato en sangre para determinar el umbral anaerobio (Scherr J, et al.); el consumo de oxígeno y el umbral de lactato para la aptitud aerobia (Abe et al.), con resultados que son independientes del sexo, la edad, la modalidad de ejercicio y el nivel de actividad física.

En el mundo laboral, la percepción de esfuerzo físico, describe la intensidad de las exigencias físicas a las que están expuestos los trabajadores, por lo tanto, es un buen reflejo de la aparición de fatiga muscular y/o de trastornos musculoesqueléticos, que se generan a partir de desajustes entre las capacidades

del trabajador y sus demandas. Por lo anterior, es muy relevante para la práctica de la seguridad y salud ocupacional.

La escala de Borg CR-10, que es la más utilizada en el mundo del trabajo, asigna un valor de esfuerzo entre 1 y 10. Si la fuerza que se utiliza en la tarea es "muy, muy débil" o casi ausente, se le asigna el valor de 0.5. Por el contrario, si la fuerza requerida es la máxima se asigna el valor 10. Así mismo, los valores se relacionan con el porcentaje de contracción voluntaria máxima (MCV), en donde 0% significa que el músculo está completamente relajado, en apoyo y sin ejercer esfuerzo alguno y 100% se refiere al esfuerzo máximo que realiza el trabajador cuando está realizando la tarea. (Ver Tabla N° 1).

TABLA N°1: ESCALA DE BORG (CR-10) PARA LA PERCEPCIÓN DE ESFUERZO

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
	10	Máximo	100%

A nivel internacional, la Norma ISO 11226:2000 incorpora la Escala de Borg como referencia para el esfuerzo físico, correlacionando el tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida (independiente de una fuerza externa) y la percepción de esfuerzo físico. También está señalada en la Norma UNE-EN 1005-5:2007 Safety of machinery - Human physical performance - Part 5: Risk assessment for repetitive

handling at high frequency, específicamente en el procedimiento "Una aproximación psicofísica utilizando la Escala Borg CR-10" y que permite calcular la fuerza media ponderada en una actividad con diversas acciones técnicas, donde cada una de ellas está valorada con un nivel de esfuerzo distinto en función del porcentaje de tiempo dedicado.

En Chile, la Escala de Borg se utiliza en la etapa de Identificación avanzada, de la Guía Técnica para el manejo manual de cargas, en donde se pregunta acerca de la magnitud de la fuerza aplicada por los trabajadores, específicamente durante las tareas de empuje y arrastre, considerando un esfuerzo físico "leve" o "condición aceptable" cuando el valor percibido es 2 o menos; y "alto" o "condición crítica" cuando el valor es 8 o más, situación ante la cual se deben tomar medidas de control inmediatas.

También se incluye en la Norma Técnica de Identificación y Evaluación de Factores de Riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos Relacionados al Trabajo, para valorar la fuerza asociada al trabajo repetitivo de extremidades superiores, en donde considera el nivel 3 "Moderado", como una percepción positiva por parte del trabajador para el uso de fuerza. En la lista de chequeo inicial, cuando se considera observar los posibles factores de riesgo por aplicación de fuerza, en algunos casos, solicita tener en vista la percepción del trabajador junto a la observación del evaluador. Ej.: *"Se usan controles donde la fuerza que ocupa el trabajador se observa y se percibe por el trabajador como importante"*. Sin embargo, en la pregunta *"Se empuñan, rotan, empujan o traccionan herramientas o materiales, en donde el trabajador siente que necesita hacer fuerza"*, solo considera el relato del trabajador.

El estudio de puesto de trabajo (EPT) en la calificación médico – legal, incluye el uso de la Escala de Borg para pesquisar el nivel de esfuerzo físico realizado por el trabajador con sus extremidades superiores. Para efectos del registro, se considera uso de fuerza significativa a toda acción técnica donde el uso de fuerza para el segmento en estudio sea estimado por el trabajador en un valor Borg 3 o superior.

II.- USO DE LA ESCALA DE BORG EN AMBIENTES LABORALES:

1.- Antes de utilizar la Escala de Borg se debe:

- Desarrollar un modelo participativo, que incluya a los trabajadores y/o sus representantes, tanto para la identificación y evaluación de riesgos, como para la selección y aplicación de las medidas de control.
- Realizar una observación acuciosa de las actividades, considerando el tiempo necesario para conocerlas y caracterizarlas adecuadamente. Esto es básico antes de emplear la escala, ya que permitirá enfocar correctamente la evaluación.
- Luego de la observación, es necesario seleccionar y describir las tareas que demanden algún esfuerzo físico. La existencia de situaciones tales como: trabajo repetitivo de extremidades superiores; levantamiento/descenso y/o transporte manual de cargas o personas; posturas mantenidas/forzadas de cualquier segmento corporal; reportes de molestias y/o disconfort, especialmente de columna vertebral, extremidades superiores e inferiores, deben ser consideradas para priorizar las tareas a evaluar.
- Los trabajadores pueden ejecutar varias tareas durante la jornada, con variantes individuales para organizarlas y ejecutarlas, lo que además puede estar influenciado por la demanda productiva del momento. Se recomienda tener en cuenta las tareas con mayores tiempos de exposición. También es útil comparar los resultados de las evaluaciones realizadas en una situación de demanda "promedio" con otra en un período "punta" (Ej.: en temporadas de aumento de la producción).
- Para la aplicación de protocolos, normas preventivas o la vigilancia del ambiente laboral, se deben incluir en la evaluación la mayor cantidad posible de trabajadores de tiempo completo y que realizan regularmente la tarea a evaluar, teniendo en cuenta las exclusiones para el uso de la escala descritas más adelante.

- Cuando se evalúa, se debe tener en consideración las diferencias individuales que puedan afectar las respuestas, tales como, experiencia, habilidades individuales, entrenamiento, capacitación, etc. (Ej.: Un trabajador recién ingresado, debido a su periodo de acondicionamiento, puede percibir un esfuerzo físico más extenuante, y que puede cambiar en el tiempo, en la medida que se adapta a las exigencias).

2.- Al momento de utilizar la Escala de Borg se debe:



- Informar a los trabajadores cual es el objetivo de medir su percepción del esfuerzo realizado, explicando claramente el significado de cada uno de los niveles de la escala, y destacando que no hay respuestas correctas o incorrectas.
- Si la evaluación está asociada a la calificación de enfermedades, implementación de normativa o aplicación de guías, se debe explicar al trabajador y cumplir todas las especificaciones contenidas en dichos instrumentos.
- Evitar que los trabajadores confundan el esfuerzo muscular con cansancio o fatiga. Se les debe explicar que no tengan en cuenta ningún otro factor, como el dolor en algún segmento corporal o el cansancio por la jornada laboral, si no que se concentren en la sensación de esfuerzo específico durante la ejecución de la tarea seleccionada.
- Mostrar a los trabajadores un ejemplar impreso de la Escala de Borg, legible y con la escala de colores que muestre claramente las zonas verdes, amarillas y rojas y la denominación que permite verbalizar el esfuerzo.

- Solicitar al trabajador que califique su esfuerzo, preguntándole directamente qué nota le daría al esfuerzo físico realizado mientras ejecuta cada una de las tareas consideradas para la evaluación. Es importante que junto al valor numérico, el trabajador pueda expresar su esfuerzo empleando el término verbal o "denominación" descrito en el ejemplar impreso. Si sólo se utiliza el valor numérico, es probable obtener una estimación inadecuada de las exigencias físicas.
- Registrar a lo menos, la información del puesto de trabajo, las tareas u operaciones que se realizan y la identificación del o los trabajadores evaluados (sexo, edad, tiempo de exposición a la tarea evaluada). Recuerde que la escala se puede utilizar todas las veces que estime conveniente.

3.- Exclusiones para el uso de la Escala de Borg

Como todo método de evaluación, el uso de la Escala de Borg en ambientes laborales presenta ciertas limitantes. Entre las condiciones en las cuáles **no se recomienda** su uso destacamos:

- La realización de un trabajo que conjuga los esfuerzos de más de una persona. En este caso, las percepciones se entremezclan, lo que dificulta obtener un resultado confiable.
- Cuando el trabajo es realizado por personas con muy poca experiencia o no entrenadas en las técnicas correctas para ejecutar sus tareas de manera eficiente.
- Un trabajo poco habitual, que no se realiza regularmente. Evaluar una tarea ocasional, probablemente no representa la exposición al riesgo en las tareas rutinarias, a menos que se trate de una labor muy exigente y por lo tanto, se estime que constituye un riesgo importante para la seguridad y salud en el trabajo.
- El trabajo realizado en situaciones ambientales a las que los trabajadores no estén acostumbrados, por ejemplo, la exposición a altitud, temperaturas extremas u otras, puede ser un factor confusor que altere su percepción del esfuerzo.

- Las trabajadoras embarazadas, como medida de protección a su salud, no se deben someter a esfuerzos físicos.
- Los trabajadores con patología concomitante, en especial con dolencias músculo esqueléticas, pueden tender a sobre dimensionar el esfuerzo que realizan en su trabajo.
- No se recomienda su uso para evaluar tareas realizadas por personas menores de 18 años o adultos mayores.

4.- Situaciones especiales:

En Chile, para la calificación médico-legal de una patología músculo esquelética (según lo establecido por la Superintendencia de Seguridad Social), se debe realizar un estudio de puesto de trabajo (EPT). Considerando que el trabajador al momento de la evaluación está cursando un trastorno musculo esquelético, es posible que no se encuentre en condiciones de realizar las demostraciones durante la evaluación; además, su percepción de fuerza podría estar sobrevalorada. En estas circunstancias, se debiera solicitar la demostración de las tareas a otro trabajador, que presente características similares al trabajador afectado (edad, tiempo de experiencia, medidas antropométricas y otras que permitan minimizar las diferencias individuales).

Además, es recomendable - teniendo los resguardos en materia de salud y seguridad - que el evaluador realice las acciones técnicas involucradas en las tareas en estudio, para que valore él mismo el resultado obtenido y pueda comparar con la valoración dada por el trabajador evaluado.

Anexo 9

Registros de estimación de percepción del esfuerzo BORG

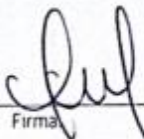
III.- ANEXO 1

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALA DE BORG CR-10

Nombre trabajador (a) evaluado (a): DAICO SEGUNDO	Edad: 43	Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>
Empresa:		
Puesto de Trabajo: Uantero L	Fecha evaluación: 17/10/24	

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
0	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
2	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
4	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
6	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
8	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
10	10	Máximo	100%

Tareas Evaluadas	Puntuación Borg
1 Traslado de pistola neumática	3
2 Desajuste de tuercas de neumáticos	5
3 Ajuste de tuercas de neumáticos	4

Observaciones:		
Miguel A. Ochoa B.	42551475	
Nombre evaluador:	RUT:	Firma:

III.- ANEXO 1

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALA DE BORG CR-10

Nombre trabajador (a) evaluado (a): RUBEN AUYA	Edad: 29	Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>
Empresa:		
Puesto de Trabajo: Cantero 2	Fecha evaluación: 17/10/24	

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
	10	Máximo	100%

Tareas Evaluadas	Puntuación Borg
1 traslado de pistola neumática	4
2 Desajuste de tuercas de neumáticos	6
3 Ajuste de tuercas de neumáticos	9

Observaciones:		
Rubén A. Auyá B.	42891215	cfuel
Nombre evaluador:	Rut:	Firma:


III.- ANEXO 1

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALA DE BORG CR-10

Nombre trabajador (a) evaluado (a): RAICO SEGUNDO	Edad: 43	Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>
Empresa:		
Puesto de Trabajo: Cantero	Fecha evaluación: 10/12/24	

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
	10	Máximo	100%

	Tareas Evaluadas	Puntuación Borg
1	trastado de pistón neumática.	1
2	Desajuste de tuercas de neumáticos	1
3	ajuste de tuercas de neumáticos	1

Observaciones:		
Riquelme A. Correa B	72851425	
Nombre evaluador:	Rut:	Firma:

III.- ANEXO 1

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALA DE BORG CR-10

Nombre trabajador (a) evaluado (a): <i>RUBEN ALAYA</i>	Edad: <i>29</i>	Sexo: <i>F</i>
Empresa:		
Puesto de Trabajo: <i>Uantero 2</i>	Fecha evaluación: <i>10/12/24</i>	

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
0	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
2	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
4	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
6	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
8	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
10	10	Máximo	100%

	Tareas Evaluadas	Puntuación Borg
1	<i>Trastado de pistola neumática.</i>	<i>1</i>
2	<i>Desajuste de tuercas de neumáticos</i>	<i>2</i>
3	<i>ajuste de tuercas de neumáticos</i>	<i>1</i>

Observaciones:

<i>Rubén A. Ochoa B</i>	<i>7251015</i>	<i>[Firma]</i>
Nombre evaluador:	Rut:	Firma:

Anexo 11

Ficha técnica de Rodilleras

STEELPRO
SAFETY

RODILLERA POLIÉSTER
STEELPRO

DESCRIPCIÓN

La Rodillera Profesional Poliéster esta diseñada para proteger zonas especialmente delicadas de los impactos propios del trabajo y el deporte, se adapta perfectamente a la anatomía proporcionando el máximo confort, funcionalidad y eficacia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Fabricado en Poliéster Acolchado de alto gramaje, esto lo hace más resistente, duradero y adaptable a los más diversos rubros, en distintas tareas y ambientes, usos en exterior e interior ilimitados.
- Buen nivel de resistencia para ser usado repetitivamente.
- Protege de la abrasión, impactos y cortes.
- Cumple con recomendaciones de OSHA.

DETALLES

- Rodillera construida de poliéster acolchado.
- Rotula perforada de poliuretano de alta densidad.
- Doble cinta elástica con velcro.
- Medida única.

CONSIDERACIONES

Para las tareas realizadas en el sector de la construcción, las rodilleras son un elemento esencial para poder realizar trabajos minimizando las consecuencias negativas para las articulaciones de las rodillas.

APLICACIONES

Producto diseñado para protección personal, seguridad laboral y desarrollo de actividades forzadas que genera la carga física sobre su rodilla.

USO

Industrial en general soldadura, albañiles, carpintería, mantenimiento, electricistas y usos deportivos. Protege de la abrasión, impactos y cortes.

Esta versátil rodillera esta diseñada para entregar la mejor relación comodidad - protección en su uso.

RECOMENDACIONES

- Utilizar bien ajustada a la rodilla.
- No utilizar si hay partes desgarradas, sueltas o que cuelguen de la rodillera.
- No enganchar ningún tipo de herramientas a la rodillera.
- No utilizar elementos externos a la rodillera.
- Para manutención, solo limpiar con un trapo húmedo.

FICHA TÉCNICA



PROTECCIÓN CORPORAL

*** PROSIMPER | RUC: 2000371261 | WWW.PROSIMPER.COM | DISTRIBUIDOR AUTORIZADO ***

Anexo 12

Parámetros de evaluación postura 1 llanero 1

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 85 Kg

Estatura: 158 cm

[Antropometría ?](#)

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora
 Una hora o más

La postura analizada...

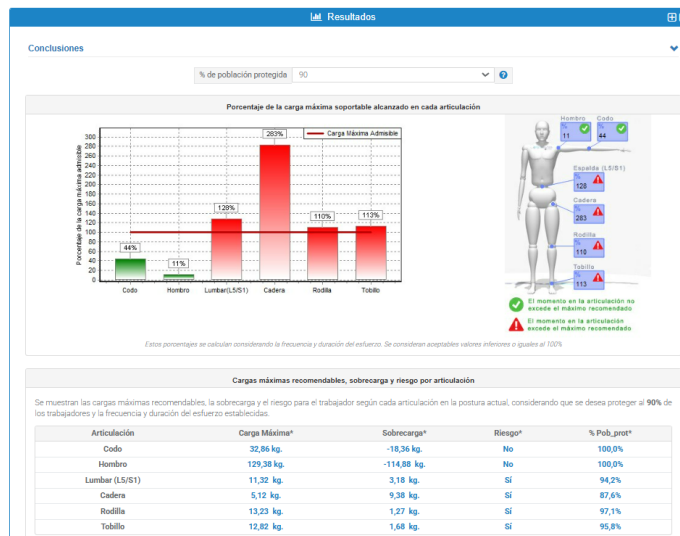
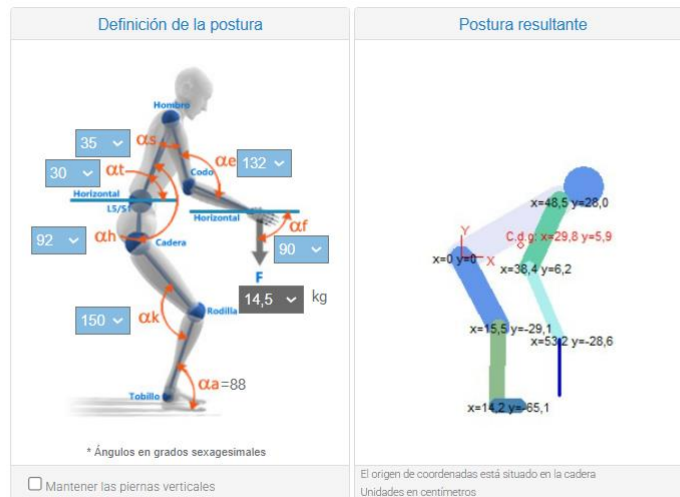
Se mantiene más de un minuto seguido
 Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos
 Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos
 No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0,5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90



Anexo 13

Parámetros de evaluación postura 2 llanero 1

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 85 kg

Estatura: 158 cm

[Antropometría ?](#)

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora
 Una hora o más

La postura analizada...

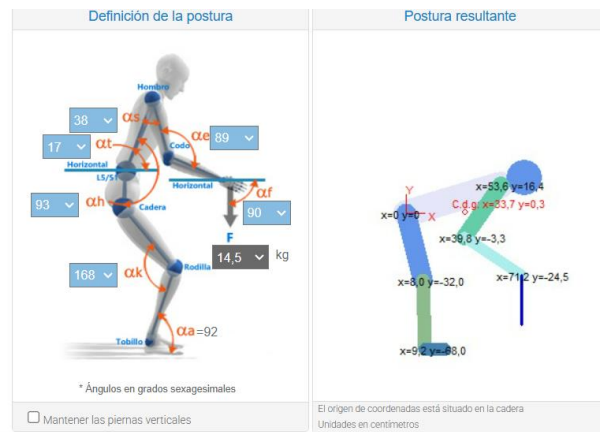
Se mantiene más de un minuto seguido
 Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos
 Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos
 No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90



Anexo 14

Parámetros de evaluación postura 1 llanero 2

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 58 Kg

Estatura: 164 cm

[Antropometría ?](#)

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

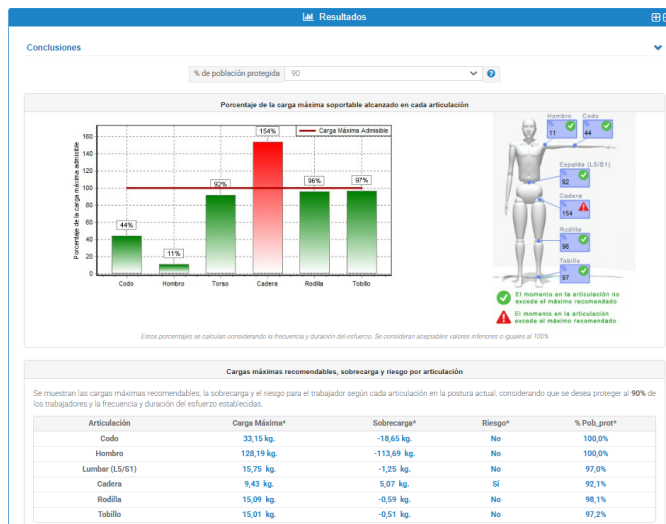
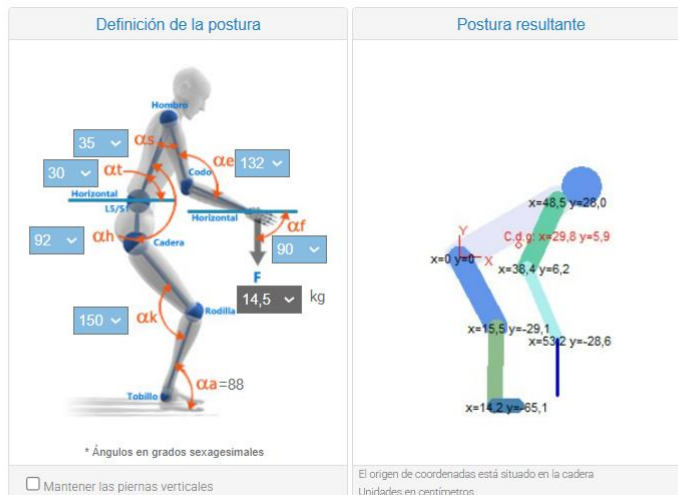
Coef. de rozamiento: 0,5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante



Anexo 15

Parámetros de evaluación postura 2 llanero 2

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 58 Kg

Estatura: 164 cm

Antropometría

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

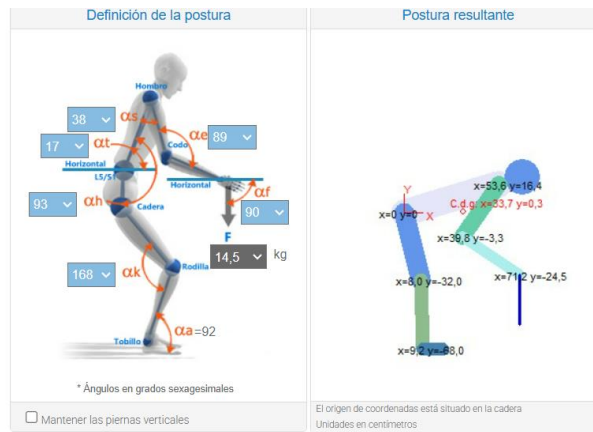
Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coeff. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador
Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante



Anexo 16

Parámetros de resultados del control del riesgo llantero 1

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 85 Kg

Estatura: 158 cm

Antropometría ?

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

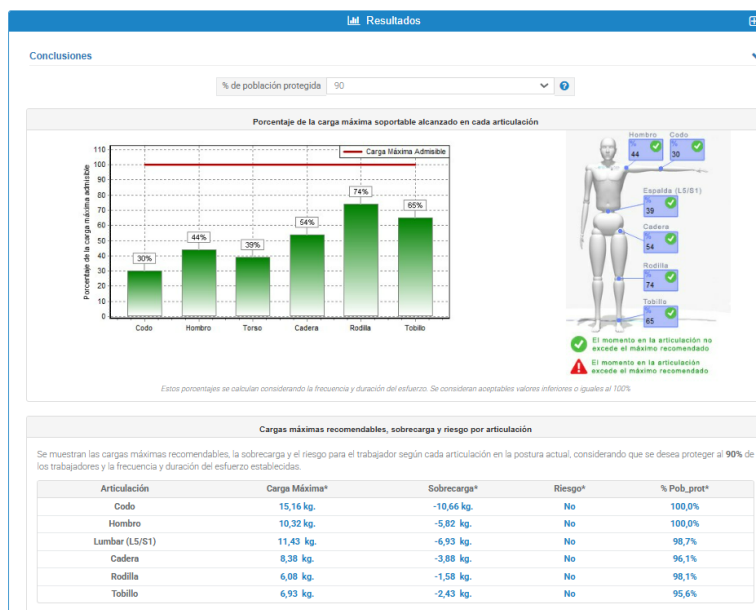
Definición de la postura

* Ángulos en grados sexagesimales

Mantener las piernas verticales

Postura resultante

El origen de coordenadas está situado en la cadera
Unidades en centímetros



Anexo 17

Parámetros de resultados del control del riesgo llantero 2

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 58 Kg

Estatura: 164 cm

Antropometría ?

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora
 Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido
 Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos
 Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos
 No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0,5

Porcentaje de población protegida


% de población: 90

Postura del trabajador

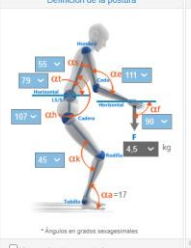
Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante



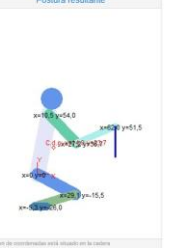
Definición de la postura



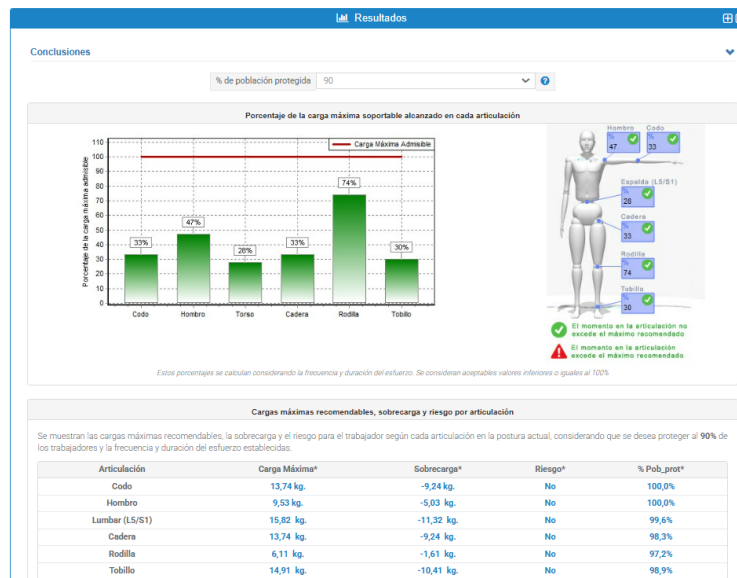
* Ángulos en grados sexagesimales

Mantener las piernas verticales

Postura resultante



El origen de coordenadas está situado en la cadera
basado en el centrofémur.



Anexo 18

Parámetros postura recomendada 1 llanero 1

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 85 Kg

Estatura: 158 cm

Antropometría

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Definición de la postura

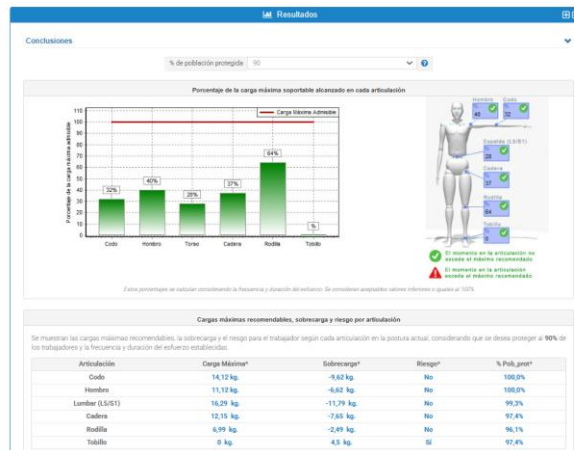
* Ángulos en grados sexagesimales

Muestran las posturas verticales

Postura resultante

El ángulo de inclinación está situado en la cabina

Indicador de coordenadas



Anexo 19

Parámetros postura recomendada 2 llanero 1

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 85 Kg

Estatura: 158 cm

[Antropometría ?](#)

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Coef. de rozamiento: 0.5

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

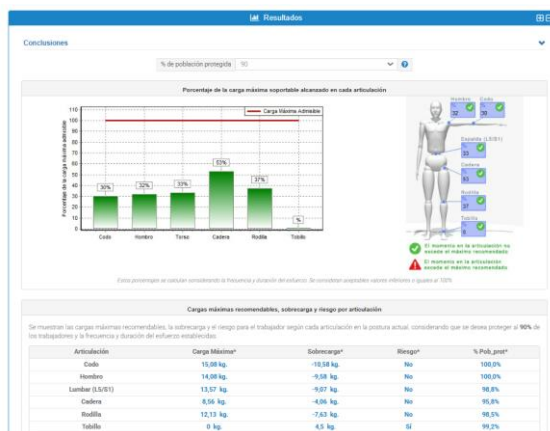
Definición de la postura

* Ángulos en grados sexagesimales

Mantener las piernas verticales

Postura resultante

El ángulo de inclinación está situado en la cadera (distancia en coordenadas)



Anexo 20

Parámetros postura recomendada 1 llanero 2

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 58 Kg

Estatura: 164 cm

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0.5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

Postura del trabajador

Elige una postura de las mostradas en las imágenes o indica los ángulos formados por los diferentes miembros del cuerpo y la carga o fuerza actuante

Definición de la postura

* Ángulos en grados sexagesimales

Mantener las piernas verticales

Postura resultante

El origen de coordenadas está situado en la cadera
Unidades en centímetros

Resultados

Conclusiones

% de población protegida: 90

Porcentaje de la carga máxima soportable alcanzado en cada articulación

Estos porcentajes se calculan considerando la frecuencia y duración del esfuerzo. Se consideran aceptables valores inferiores o iguales al 100%.

✔ El momento en la articulación no excede el máximo recomendado.
⚠ El momento en la articulación excede el máximo recomendado.

Cargas máximas recomendables, sobrecarga y riesgo por articulación

Se muestran las cargas máximas recomendables, la sobrecarga y el riesgo para el trabajador según cada articulación en la postura actual, considerando que se desea proteger al 90% de los trabajadores y la frecuencia y duración del esfuerzo establecidos.

Articulación	Carga Máxima*	Sobrecarga*	Riesgo*	% Pob. prot*
Codo	12,65 kg.	-8,15 kg.	No	100,0%
Hombro	10,62 kg.	-6,72 kg.	No	100,0%
Lumbar (L5/S1)	17,69 kg.	-12,52 kg.	No	99,6%
Cadera	13,07 kg.	-8,57 kg.	No	98,0%
Rodilla	12,6 kg.	-8,1 kg.	No	98,3%
Tobillo	0 kg.	4,5 kg.	SI	99,0%

Anexo 21

Parámetros postura recomendada 2 llanero 2

Datos de la Evaluación

Datos del trabajador

Sexo: Hombre Mujer

Soporte de la carga: Con dos manos Con una mano

Peso: 58 Kg

Estatura: 164 cm

[Antropometría ?](#)

Repetitividad y duración de la postura

¿Cuánto tiempo adopta el trabajador posturas como la analizada?

Menos de una hora

Una hora o más

La postura analizada...

Se mantiene más de un minuto seguido

Se repite cíclicamente más de una vez cada 5 minutos

Se repite en ciclos de frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos

No se repite, se lleva a cabo muy raramente y no más de una vez al día

Coefficiente de rozamiento calzado/suelo

Coef. de rozamiento: 0,5

Porcentaje de población protegida

% de población: 90

