



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Análisis ergonómico de las condiciones de trabajo del área de subensamble de llantas de una empresa ensambladora de motocicletas fundamentado en criterios biomecánicos y fisiológicos (Ergonomic analysis of the working conditions of the tire subassembly area of a motorcycle assembly company based on biomechanical and physiological criteria)

Autor(es)

**Diana Cristina Cuéllar Ramos
Nadia Vanessa Herrera Arce**

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
“Héctor Abad Gómez”
Antioquia, Medellín, Colombia
2022**



**Análisis ergonómico de las condiciones de trabajo del área de subensamble de llantas de una empresa ensambladora de motocicletas fundamentado en criterios biomecánicos y fisiológicos
(Ergonomic analysis of the working conditions of the tire subassembly area of a motorcycle assembly company based on biomechanical and physiological criteria)**

Autor(es)

**Diana Cristina Cuéllar Ramos
Nadia Herrera Arce**

**Tesis o trabajo de grado optar al título de
Especialista en Ergonomía**

Asesor:

Elizabeth Pérez Mergarejo, MSc.

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
“Héctor Abad Gómez”
Medellín, Colombia
Año 2022**

1. TABLA DE CONTENIDO

2.	RESUMEN	7
3.	INTRODUCCIÓN.....	8
4.	OBJETIVOS	10
4.1	Objetivo general.....	10
4.2	Objetivos específicos	10
5.	METODOLOGÍA	10
5.1	Objeto de estudio	10
5.2	Métodos, herramientas y/o equipamiento.....	12
5.2.1	Ergonomic Checkpoints	12
5.2.2	ERIN.....	13
5.2.3	Manual Handling Assessment Charts (MAC).....	14
5.2.4	Gasto energético ISO 8996:2004- Método 2B.....	15
6.	RESULTADOS	16
6.1	Resultados Ergonomic Checkpoint.....	16
6.2	Resultados de la evaluación ERIN.....	22
6.3	Resultados Manual Handling Assessment Charts (MAC).....	27
6.4	Metabolismo basal	30
6.4.1	Resultados Test de pasos del Queen´s College.....	30
6.4.2	Resultados Gasto energético	30
6.5	Propuestas de intervención:	32
6.5.1	Rediseño en puesto de trabajo montadoras de llantas:.....	32
6.5.2	Rediseño en Puesto de trabajo N.1 y N.3 ensamble de Ring:	32
6.5.3	Rediseño de medios.....	34
6.5.4	Organización del trabajo	35
6.5.5	Ambiente de Trabajo.....	36
6.5.6	Costo Beneficio	36
7.	DISCUSIÓN.....	37
7.1	Lecciones Aprendidas.....	37
7.2	Reflexiones sobre intervenciones ergonómicas.....	38
7.3	Consideraciones Finales	38
8.	CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	39
9.	CONCLUSIONES.....	39

10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
11.	ANEXOS.....	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de Riesgo ERIN.....	12
Tabla 2. Resultados Ergonomic Checkpoint.....	16
Tabla 3. Evaluación ERIN Puesto N. 1 y N.3.....	21
Tabla 4. Evaluación ERIN Puesto N. 1 y N.3.....	23
Tabla 5. Evaluación MAC para levantamiento de carga.....	26
Tabla 6. Evaluación MAC para transporte de cargas.....	27
Tabla 7. Gasto energético total y ponderado.....	29
Tabla 7. Costo Beneficio.....	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado test de paso Queen´s college.....	40
Anexo 2. Hoja de campo ERIN puesto N.1 y N.3.....	42
Anexo 3. Hoja de campo ERIN puesto N.1 y N.3.....	43



2. RESUMEN

- El proyecto de grado se realizó en el área de subensamble de llantas de una empresa ensambladora de motocicletas. Esta área genera cifras de accidentalidad, ausentismo y sintomatología debido, entre otras causas a la exposición de sus trabajadores a factores de riesgo biomecánicos tales como postura, esfuerzos y frecuencia de movimientos. **Objetivo:** Realizar un análisis ergonómico de las condiciones de trabajo en los puestos trabajo del área de subensamble de llantas fundamentado en criterios biomecánicos y fisiológicos. **Metodología:** Estudio observacional descriptivo en el cual se aplicaron cuestionarios y métodos para identificar los criterios biomecánicos a partir de la exposición a factores de riesgo por desórdenes musculoesqueléticos en el proceso; también se estimó el gasto energético que se generaba en la realización de las actividades de los puestos de trabajo del área y se comparó con la capacidad de trabajo físico del trabajador que lo ejecutaba y por último se usó la herramienta del Ergonomic Checkpoint como insumo valioso para la propuesta del Layout de la planta. **Principales resultados:** De acuerdo a las evaluaciones realizadas con los diferentes métodos ergonómicos, se realiza un diagnóstico inicial con el Ergonomic Checkpoint; utilizando una lista de verificación de 42 puntos de control donde 19 requerían mejoras y se priorizaron 16 de ellas, en cada una de las categorías se tomaron los ítems de mayor impacto a intervenir en el área. También se pudo encontrar con el método ERIN las variables más críticas del puesto de trabajo tales como: cuello, brazo, muñeca y ritmo; con la metodología Manual Handling Assessment Charts (MAC) en el levantamiento de cargas nos arroja un puntaje de 17, y sus variables más críticas son la distancia horizontal entre las manos y la espalda baja seguido por las zonas de levantamiento vertical, para el transporte de la carga nos da como resultado 7 y su variable más crítica es la distancia horizontal entre las manos y la espalda baja. Para el análisis fisiológico de los puestos más críticos del área se utilizaron los métodos 2B de la ISO 8996:2004, y se realiza la prueba del Test de pasos del Queen's College para establecer la capacidad física del trabajador (VO máx.) y posteriormente se realizan los cálculos de gasto energético ponderado de las actividades ejecutadas en el ciclo de trabajo, de acuerdo a los resultados y comparación de estos se indentificó que el trabajador no esta asumiendo una sobrecarga de trabajo al realizar esta actividad física, siguiendo este método de trabajo. **Conclusiones:** Las propuestas de intervención tuvieron enfoque ergonómico y se dividieron tres categorías: Diseño de puesto de trabajo en la cual se recomendó adquirir un accesorio para la máquina montadora de llantas que permitirá la disminución de esfuerzo y posturas críticas, además de un rediseño de puesto de trabajo y medio de transporte y almacenamiento. En organización del trabajo con el layout de la planta se recomendó el traslado de los subensambles al desempaque de partes anticipado, esto permitirá disminución de ritmo en los subensambles, disminución de tiempos de ocios en la línea, además de se asegurarán las partes completas en las motocicletas evitando motocicletas incompletas y por último para ambiente de trabajo con la acción mencionada anteriormente podremos mejorar estas variables.

Palabras clave: Desórdenes musculo esqueléticos (DME), Evaluación biomecánica, Evaluación fisiológica, Factores de riesgo.



3. INTRODUCCIÓN

los Desórdenes musculo esqueléticos (DME) relacionados con el trabajo son una lesión de los músculos, tendones, ligamentos, nervios, articulaciones, cartílagos, huesos o vasos sanguíneos de los brazos, las piernas, la cabeza, el cuello o la espalda que se produce o se agrava por la exposición de varios factores determinantes en el trabajo y que conlleva a una serie de signos y síntomas como dolor, rigidez, hinchazón, adormecimiento, cosquilleo entre otros, que disminuye la capacidad laboral de un individuo.(1)

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) cada año se reportan alrededor de 160 millones de casos nuevos de enfermedades profesionales no mortales, que causan enormes costos para los trabajadores y sus familias, así como para el desarrollo económico y social de los países, esta organización estima que los accidentes y las enfermedades profesionales originan la pérdida del 4% del producto interno bruto (PIB), es decir cerca de 2.8 billones de dólares, en costos directos e indirectos.(2)

En el 2010 se reportaron 22.013 casos de enfermedades profesionales en Argentina, con trastornos musculo esqueléticos (TME), en 2011, Japón informó un total de 7.779 casos de enfermedades profesionales relacionadas principalmente con trastornos lumbares y neumoconiosis, en el 2005 en los 27 Estados miembros de la unión europea(UE), los DME representan los trastornos de salud relacionados con el trabajo más comunes, el síndrome del túnel carpiano, representan 59% de todas las enfermedades reconocidas cubiertas por las Enfermedades Profesionales Europeas, en el 2009, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que los DME representaron más del 10% de todos los años perdidos por discapacidad, en República de Corea, los DME aumentaron drásticamente de 1.634 casos en 2001 a 5.502 en 2010 y En Gran Bretaña, los DME constituyeron aproximadamente el 40% de todos los casos de enfermedades para el período 2011-12.(2)

En Colombia, los DME son la primera causa de morbilidad profesional y se localizan principalmente en el segmento superior y en espalda. El último reporte de enfermedad profesional 2003-2005, señaló que los DME representan un 82% de las enfermedades profesionales (EP) en el régimen contributivo del Sistema de Seguridad Social en Salud. Dentro de los cinco primeros diagnósticos de EP se reportaron: el síndrome de túnel del carpo, el lumbago, los trastornos de los discos intervertebrales, la hipoacusia sensorial y el síndrome del manguito rotador; cómo se puede evidenciar, cuatro de ellas corresponden a DME.(3)

El informe de la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda) de 2011 muestra el comportamiento de los diagnósticos más frecuentes calificados como enfermedades laborales, donde se encuentran asociadas una gran cantidad a DME, los principales diagnósticos fueron: primer lugar síndrome de túnel carpiano, seguida síndrome del manguito rotador y epicondilitis lateral.(4)

La mayoría de los DME relacionados con el trabajo se desarrollan con el tiempo. Por lo general estos trastornos no tienen una sola causa y, a menudo, son el resultado de combinar varios factores de riesgo, como factores físicos, fisiológicos y biomecánicos, factores organizativos y los psicosociales, así como factores individuales.(5)

Entre los factores de riesgo biomecánicos, físicos y fisiológicos se pueden mencionar:

Biomecánicos:

- la manipulación de cargas, especialmente al flexionar o girar el cuerpo;
- los movimientos repetitivos o enérgicos;
- las posturas forzadas y estáticas.
- El trabajo a un ritmo rápido;
- Una posición sentada o erguida durante mucho tiempo sin cambiar de postura(5).



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

Físicos:

- Las vibraciones, una mala iluminación o los entornos de trabajo a temperaturas bajas;
- Calidad del aire.

Fisiológicos

- Individuales: anatomía, edad, antropometría y género.
- Cardiopulmonar, sistema musculo esqueléticos y entrenamiento.
- Mentales: motivación, actitud y factores sociales
- Tarea: actividad, duración y frecuencia. (6)

Entre los factores de riesgo organizativos y psicosociales se pueden mencionar:

- las altas exigencias de trabajo y la baja autonomía;
- la falta de descansos o de oportunidades para cambiar de postura en el trabajo;
- el trabajo a gran velocidad, también como consecuencia de la introducción de nuevas tecnologías;
- las jornadas muy largas o el trabajo por turnos;
- la intimidación, el acoso y la discriminación en el trabajo; una baja satisfacción laboral.(5)

En general, todos los factores psicosociales y organizativos (especialmente cuando se combinan con los riesgos físicos) que pueden producir estrés, fatiga, ansiedad u otras reacciones, lo que, a su vez, aumenta el riesgo de padecer DME.

Entre los factores de riesgo individuales se pueden mencionar:

- los antecedentes médicos;
- la capacidad física; el estilo de vida y los hábitos (como fumar o la falta de ejercicio físico).(5)

En este proyecto nos enfocaremos en analizar los factores de riesgo desde el punto de vista biomecánico y fisiológicos que afectan el objeto de estudio. Es importante reconocer que para ejecutar este estudio requerimos a la ergonomía como el estudio científico de la relación entre el hombre y su ambiente de trabajo. La palabra “ambiente” se emplea para indicar no solo el medio físico, sino también las herramientas y los materiales, así como los métodos y la organización del trabajo en los ámbitos tanto individual como grupal (7). Si bien, la ergonomía se centra en el humano y la optimización del sistema de trabajo, es necesario subrayar que la población objeto será intervenida bajo metodologías de esta disciplina y de acuerdo a los resultados obtenidos de las actividades en campo, se realizarán recomendaciones bajo una visión sistemática e integral las cuales estarán documentadas en este proyecto.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar un análisis ergonómico de las condiciones de trabajo en los puestos trabajo del área de subensamble de llantas fundamentado en criterios biomecánicos y fisiológicos.

4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la exposición a factores de riesgo de DME desde el enfoque biomecánico en los puestos de trabajo del área subensamble de llantas.
2. Estimar el gasto energético que conlleva la realización de las actividades en los puestos de trabajo del área subensamble de llantas.
3. Proponer medidas de intervención encaminadas a reducir la exposición a factores de riesgo biomecánicos y fisiológicos en el área de subensamble de llantas.

5. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó bajo la modalidad de trabajo de grado conocida como “Intervención de una situación”. Se aplicaron métodos que nos permitieron identificar y evaluar criterios biomecánicos y fisiológicos, para realizar propuestas de intervención encaminadas a reducir la exposición a factores de riesgos asociados a DME en el área subensambles de llantas.

5.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio se encuentra ubicado en una empresa productora de motocicletas, en un área específica que se encarga de subensamblar las llantas que posteriormente se agregan a las líneas de ensamble hasta llegar al producto final.

Se seleccionó una muestra a conveniencia de cuatro operarios en sus cuatro puestos de trabajo: N. 1- montaje de sproker, N. 2- montadora llanta delantera, N. 3 - montaje de sproker y piezas y, N. 4 -montadora de llanta trasera. En estos puestos de trabajo, los operarios de ensamble tienen un turno de 10 horas y media (6am- 4:30 pm, con 15 minutos de descanso en la mañana, 30 minutos para almorzar y 15 minutos de descanso en la tarde para pausas) de lunes a viernes con programaciones los días sábados. El promedio de llantas diarias para ensamblar para las líneas son 400 llantas (traseras y delanteras), el peso promedio de las llantas delanteras puede variar entre 9 a 11 kg y de las llantas traseras de 11,5 kg a 15 kg (sin ensamblar).

La cadencia del subensamble de llantas está sincronizada a la línea de ensamble de motocicletas, es decir entre más rápido se ensamblen las motos, los trabajadores deben aumentar la velocidad organizando las llantas. Esta área se encuentra ubicada al lado izquierdo continuo a la línea de ensamble, su espacio es reducido y más aún por estar rodeada de los demás subensambles de partes, materias primas, medios y demás trabajadores que deben ensamblar las motocicletas.



Imágenes 1: Fotografía panorámica del área de trabajo



Imágenes 2: Fotografías del puesto N.1 y N. 2 Montadora de llanta delantera



Imágenes 3: Fotografías del puesto de trabajo N.3 y N. 4 Montadora de llanta trasera.

5.2 Métodos, herramientas y/o equipamiento

Las condiciones actuales del objeto de estudio han desencadenado sintomatología, ausentismo y accidentalidad por diagnósticos asociados a DME en los trabajadores, pues se realizan tareas que implican posturas prolongadas, movimientos repetitivos y esfuerzos al manipular pesos constantemente, adicionando las condiciones del entorno, equipos y herramientas que aumentan la exposición a estos factores.

5.2.1 Ergonomic Checkpoints

La herramienta del Ergonomic Checkpoints se toma como base para realizar un diagnóstico inicial para el área de subensamble de llantas. A partir de los recorridos realizados y analizando los requerimientos del proceso productivo de la ensambladora, se identifica que las recomendaciones arrojadas por este método ampliarían el alcance de un área en específica hacia toda la planta de producción, de manera que las sugerencias serían transversales a todas las líneas de ensambles lo que resultaría valioso insumo para el Layout (rediseño) de la misma.

¿Qué es el Ergonomic Checkpoints?

El Ergonomic Checkpoints es una compilación de "puntos de comprobación ergonómica", que pueden usarse para encontrar soluciones prácticas para la mejora de las condiciones de trabajo desde una perspectiva ergonómica, el objetivo de esta herramienta es facilitar recomendaciones y sugerencias a las diferentes situaciones que se puedan presentar en las empresas para que mejoren la seguridad, salud y eficiencias en sus procesos (8). En el manual se encuentran 132 soluciones realistas y flexibles a problemas ergonómicos aplicables, en una amplia gama de situaciones laborales, se conforma por: almacenamiento y manipulación de materiales, herramientas manuales, seguridad de la máquina, diseño de estaciones de trabajo, iluminación, locales, control de sustancias y agentes peligrosos; servicios de bienestar; organización del trabajo (9).

Para la aplicación de esta herramienta, se realizó un reconocimiento del área de trabajo, el día 30 de septiembre del 2021 y posteriormente en la planta de producción. De acuerdo a las principales problemáticas que observaban, se revisa la lista de chequeo y se comprueban los ítems que se requerían intervenir, al diligenciar cada uno de los puntos de comprobación de las listas nos arrojaba una serie de recomendaciones enfocadas en:

- Soluciones fáciles y precisas que implicaban la participación activa de los trabajadores del área de producción.



- Potencialización del trabajo en equipo para establecerlo como una ventaja en la planificación y aplicación de las mejoras prácticas
- Referenciación de los procesos con la empresa en la que se iniciaron operaciones de ensamble la cual tiene una amplia trayectoria en el mercado.
- Y por último se recomendó que las mejoras locativas sean transversales a todos los procesos y que perduraran en el tiempo para apalancar el mejoramiento continuo.

¿Cómo se aplicó?

Durante el uso del método en el recorrido se evidenció los diferentes procesos por las 3 líneas de ensamble: en el primer piso encontramos los desempaques, líneas ensamble con sus subensambles y calidad de las líneas N.1 y N.2 además del espacio para pruebas de gases y motocicletas totalmente terminadas e incompletas por los diferentes espacios de la planta sin un orden específico.

Para la recolección de información de las listas de chequeo se realizaron entrevistas con algunos operarios, líderes de procesos, coordinador del área de mantenimiento y jefe de seguridad y salud en el trabajo. Por directrices organizacionales y de confidencialidad del proceso, no fue posible tomar registro fotográfico panorámico y videos de toda la planta, solo de los lugares específicos.

De los 42 puntos de control verificados 19 requerían mejoras y se priorizaron 16 de ellos. En cada una de las categorías del método se tomaron los ítems de mayor impacto a intervenir en el área: almacenamiento y materiales 6 puntos de la lista, herramientas de mano, locales y riesgo ambiental: 1 punto; seguridad en maquinaria y puestos de trabajo: 2 puntos y organización del trabajo 3 puntos. Posteriormente dentro del esquema de evaluación se dejó registro de las fotografías que el equipo de seguridad y salud en el trabajo permitió la toma en comparativo con la recomendación.

5.2.2 ERIN

El método seleccionado Evaluación de Riesgo Individual (ERIN) nos permitió evaluar la tarea repetitiva de miembros superiores a través de sus siete variables: postura y frecuencia de movimiento del tronco, hombro / brazo, mano / muñeca y cuello; el ritmo resultante de la interacción de la velocidad de trabajo y la duración de cada tarea; intensidad del esfuerzo; y la evaluación del trabajador del estrés requerido en la realización de la tarea. Esto nos arrojó como resultado el nivel de riesgo de la interacción entre la carga postural y el movimiento de la región del cuerpo del trabajador que realiza el montaje de la llanta dentro del ring, evidenciando claramente las partes o segmentos del cuerpo más afectados durante el proceso. Además, que es una herramienta fácil de aplicar, no requiere muchos recursos y permite la interacción con el trabajador evaluado.(10)

Tabla N. 1 Niveles de riesgo y acciones ergonómicas recomendadas según el riesgo global en ERIN.

Zona	Riesgo Global	Nivel de Riesgo	Acción Ergonómica
Verde	07-14	Bajo	No son necesarios cambios
Amarillo	15-23	Medio	Se requiere investigar a fondo es posible realizar cambios
Naranja	24-35	Alto	Se requiere realizar cambio en breve periodo de tiempos
Rojo	>36	Muy Alto	Se requiere cambios inmediatos



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

Fuente:(11)

Pasos para aplicar ERIN:

1. Observe al trabajador y seleccione la postura crítica para la región del cuerpo evaluado (auxiliarse con las figuras y el texto)
2. Adicione el ajuste en caso que corresponda para obtener la carga postural
3. Determine el riesgo por variable dado por la interacción entre la cargas postural y el movimiento de la región del cuerpo, anotelo en la casilla correspondiente
4. Determine el valor de riesgo para la variables ritmo, esfuerzo y autovaloración según se indica en cada tabla, anotelo en la casilla correspondiente
5. Sume los valores de riesgo para obtener el riesgo total
6. Determine el nivel de riesgo correspondiente.(12)

Para la aplicación de este método se realizó visita de campo a la empresa ensambladora de motocicletas el día 30 de septiembre de 2021 en horas de la tarde. Se aplicó la herramienta ERIN de manera observacional con entrevistas a los trabajadores del área de subensambles de llantas en los puestos de trabajo N.2 y N4 donde se realiza el montaje de llantas delantera y trasera y en lugares de trabajo N.1 y N.3 donde se ensambla el sproker y piezas en los rines delanteros y traseros, todas estas evaluaciones estuvieron acompañadas con el jefe de seguridad y salud en el trabajo, el cual permitió tomar registro fotográfico y videos para el proceso académico.

5.2.3 Manual Handling Assessment Charts (MAC)

Para evaluar el levantamiento y transporte de cargas la herramienta de evaluación utilizada fue Manual Handling Assessment Charts (MAC) esta nos permitió identificar los factores de riesgo más comunes en el levantamiento, descenso y transporte de las partes y llantas totalmente ensambladas. Como resultado nos ayudará a priorizar los factores que se necesita modificar para controlar o reducir los riesgos presentes en esta manipulación manual en la medida de lo posible.

Estructura del MAC:

Hay tres tipos de evaluación que se pueden realizar con el MAC:

1. Operaciones de levantamiento.
2. Operaciones de transporte de cargas.
3. Operaciones de manejo en equipo.

La evaluación del método MAC se realiza a través de banda de colores y puntuación numérica.

G = VERDE - Nivel de riesgo bajo

A = AMBER - Nivel de riesgo medio

R = ROJO - Alto nivel de riesgo

P = PÚRPURA - Nivel de riesgo inaceptable, asociada a frecuencia de carga



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

La evaluación de este método se realizó al levantamiento y transporte de la carga más crítica del área de subensamble de llantas con el peso de 14 kg.

La aplicación de la metodología MAC, se realizó visita a la empresa en estudio el día 7 de octubre de 2021 en horas de la mañana. Este proceso se ejecutó mediante la observación al puesto de trabajo montadora de llantas y entrevista con el trabajador, contando con el acompañamiento de la analista de seguridad y salud en el trabajo, la cual permitió tomar registro fotográfico y videos requeridos para la evaluación.

5.2.4 Gasto energético ISO 8996:2004- Método 2B

Se estimó el gasto energético de las actividades que se realizaban en el puesto de trabajo N.3 y N.4 del área de subensamble de llantas, los cuales son los más críticos por los pesos y desplazamientos que realizan durante el montaje de las llantas.

Este ejercicio se realizó bajo la metodología de la ISO 8996:2004, su uso también permite evaluar el estrés térmico, el cual se establece calculando el límite de referencia de exposición de WBGT (índice de temperatura del globo y bulbo húmedo) (ISO 7423: 2017) y también la ecuación de balance térmico. En el caso de la carga física del trabajo se utilizó el gasto energético para realizar una comparación de la capacidad de trabajo físico del individuo y la energía que requirió para desempeñar una tarea determinada o asumir una carga de trabajo.(6)

Se usaron los métodos de observación del Nivel 2 de la norma ISO 8996: 2004; los cuales son valores que se proporcionan en las tablas de los anexos A y B que han sido establecidos respecto a una persona normal, trabajando en un ambiente térmico cómodo. No obstante, puede estimarse que: para un mismo trabajo y bajo las mismas condiciones de trabajo, la tasa metabólica puede variar de una persona a otra en tomo al $\pm 5\%$; para una persona entrenada en la actividad, la variación es en tomo al $\pm 5\%$, en condiciones de estudio; y en condiciones de campo cuando la actividad a medir no es exactamente igual de un ensayo a otro, puede esperarse una variación de hasta el 20%. Dado este riesgo de error, no se justifica, en general y para este nivel de evaluación, tener en cuenta diferencias de altura o sexo.(13)

El método 2B establecido en la norma de ISO8996:2004, se aplicó al trabajador de la montadora de llanta trasera el cual permanentemente debe realizar las acciones del puesto de trabajo N. 3 y N.4 del área de subensambles de llantas de la línea 2, además que este manipula la llanta más pesada durante la jornada. Por lo que se requirió conocer la cifra de su estatura y peso para establecer la superficie corporal mediante la fórmula ya establecida en la norma; para la capacidad física de trabajo (consumo máximo de oxígeno -VO máx.) se realizó el test de pasos del Queen's College.(14)

Durante la visita se tomó videos y registros fotográficos que permitieron identificar las tareas y sus tiempos en el ciclo de trabajo, con lo que se determinó la tasa metabólica por actividad, luego gasto energético ponderado, y se comparó con la capacidad de trabajo físico (consumo máximo de oxígeno -VO máx.) del trabajador obtenida en el test de pasos del Queen's College. Esta se realizó en un taburete de 41,3 cm de altura durante un total de 3 minutos a un ritmo de 24 ciclos por minuto que se fijó con un metrónomo. Una vez finalizado el ejercicio se pidió al trabajador que permaneciera de pie y midiéndose la frecuencia del pulso radial entre 5 y 20 segundos del periodo de recuperación, el valor de la frecuencia del pulso en 15 segundos se toma para un minuto y se utiliza la ecuación para predecir la máxima capacidad de oxígeno.(14)

El test de pasos del Queen's College se lleva a cabo de la siguiente manera el día 2 de diciembre en horas de la mañana en la planta ensambladora:

1. Previamente al test se le explica el procedimiento al trabajador y se realiza consentimiento informado, se realizan preguntas referentes a su actividad física y condiciones de salud actuales. (ver anexo N. 1)
2. Preparamos el reloj o cronómetro para la prueba: 3 minutos para el trabajador intervenido.



3. Se activa el metrónomo: para el trabajador se fija a 96 latidos/minuto (BPM: pulsaciones/min) y cada vez que el metrónomo sonó el trabajador dio el paso.
4. El participante realizó la prueba durante el tiempo establecido (3 minutos), sube y baja el escalón a un ritmo de 24 veces por minuto.
5. Al terminar los 3 minutos de la prueba, el participante permaneció de pie durante 5 segundos e inmediatamente se tomó el pulso durante 15 segundos. El participante estaba en posición sentado.
6. El número de latidos palpados durante estos 15 segundos se multiplicaron por 4, dicho valor resultante, se conoce como la Frecuencia Cardíaca de Recuperación (FC rec).
7. Posteriormente, se estimó el consumo máximo de oxígeno mediante las ecuaciones de regresión lineal, el cual se corresponde con la capacidad máxima de trabajado físico, ese cálculo lo realizamos utilizando la ecuación.
 $VO2máx = 111,33 - (0,42 * FC \text{ rec}).$

Para realizar el cálculo de gasto energético es necesario establecer la superficie corporal y el metabolismo basal del trabajador, esto se obtiene mediante las fórmulas con constantes establecidas en la norma ISO 8996:2004 de la siguiente manera:

Superficie corporal: $0,208 + 0,006789 * H^{0,725} * PC^{0,425}$ donde H se refiere a la altura del trabajador en cm, y PC el peso que tiene.

Metabolismo basal para hombres (en Watts) : $128 \text{ w/kg} * PC$, donde PC es el peso del trabajador.(13)

6. RESULTADOS

Los resultados de las diferentes evaluaciones realizadas con los métodos ergonómicos se describirán a continuación; posteriormente se expondrán las recomendaciones estimadas para intervenir el área en estudio y se plantearán desde un enfoque ergonómico de la siguiente manera:

- Rediseño de puestos de trabajo
- Organización del trabajo.
- Ambiente de trabajo.
- Costo beneficio de las recomendaciones de intervención.

Con estas posibles soluciones buscamos disminuir los factores de riesgo más críticos identificados en las variables de las herramientas y métodos implementados.

6.1 Resultados Ergonomic Checkpoint

A continuación, se relaciona ítems, hallazgos y observaciones arrojadas de la inspección y análisis de los resultados del ejercicio de la aplicación del método del Ergonomic Checkpoint, también se puede evidenciar algunos registros fotográficos.

Tabla N. 2 Resultados y recomendaciones basados en el método Ergonomic Checkpoint



1 8 0 3

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

N.	Preguntas	Hallazgos	Evidencias	Observaciones	Ilustraciones
Almacenamiento y manipulación de materiales					
1.	Despejar y marcar las rutas de transporte	En la inspección se evidencio que en el área de ensamble se cuenta con una vía estipulada para el tránsito de montacargas, pero no se encuentran demarcadas o señalizadas, tampoco se evidencia un pasillo por donde transite el personal de manera segura y que no se expongan a atropellamientos en el recorrido de la montacarga, también en algunos momentos en la misma vía se encuentran los medios, lo que implica que el conductor de la montacarga deba estar muy atento por los diferentes obstáculos y distractores en su recorrido.		<p>1. Defina las vías de transporte de forma distinta a las áreas de almacenamiento en las zonas de trabajo o entre estas zonas. Consulte a los trabajadores sobre cómo indicar las vías de transporte que sean necesarias. Retire los obstáculos. Luego, marque en el suelo con pintura, ambos bordes de las vías de transporte.</p> <p>2. cuando las marcas de las vías de transporte estén ubicadas cerca de máquinas móviles o de materiales almacenados, proporcione vallas o barandillas de mano para hacer seguros los movimientos de los trabajadores.</p> <p>3. Asegúrese de que no se coloca nada en las vías de transporte definidas, o se retira de ellas. Es necesaria la colaboración de todos en el lugar de trabajo. Asegúrese de que haya lugares apropiados para el almacenamiento, y para los desperdicios, próximos a las zonas de trabajo.</p>	
2.	Mantenga los pasillos y corredores lo suficientemente anchos para permitir el transporte en ambos sentidos	En conclusión, los pasillos no son claros para los diferentes actores que intervienen en el proceso.		<p>1. Cuando las marcas de las vías de transporte estén ubicadas cerca de máquinas móviles o de materiales almacenados, proporcione vallas o barandillas de mano para hacer seguros los movimientos de los trabajadores.</p>	
5.	Mejorar la distribución del área de trabajo para minimizar la necesidad de mover los materiales	En el área de subensamble de llantas no se cuenta con suficiente espacio que permita el transporte en ambos sentidos ya que se encuentra ocupado por medios u otros elementos de la actividad.		<p>1. Disponga la situación de una serie de puestos de trabajo, de modo que los elementos de trabajo que lleguen del puesto precedente puedan ir directamente a la siguiente área de trabajo.</p> <p>2. Es importante realizar la distribución de las áreas de subensamble para evitar desplazamiento que impliquen más desgaste del trabajador y tener una ganancia de tiempo importante para los subensamble de piezas incluyendo el de llantas.</p> <p>3. Teniendo en cuenta las intervenciones anteriormente mencionadas se propone realizar un layout de las líneas</p>	

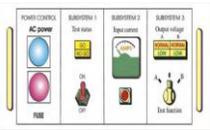


6.	Utilizar carros y carretillas de manos y otros dispositivos con ruedas o rodillos al mover los materiales	En el subensamble de llanta trasera se evidencia una serie de desplazamientos que debe realizar el operario para realizar el ensamble, tomando de diferentes puntos los elementos para llegar al producto final, no se evidencia un trabajo consecutivo lo que conlleva a transportar de manera frecuente cargas, además de disminuir el tiempo para realizar el ensamble de las llantas.		<p>1. Proporcione una vía de rodillos por la que los materiales puedan ser empujados fácilmente hasta el siguiente puesto de trabajo. Una vía de rodillos de 2 metros de longitud puede ser muy útil. Emplee pallets, bidones o cajas que puedan ser cargados fácilmente en un carro de mano o empujados a través de rodillos. Diseñe algunos especiales para productos diferentes, de forma que estén protegidos de daños y sean fáciles de contar e inspeccionar.</p> <p>Realizar evaluación con el metodo MAC que nos permite evaluar los riesgos asociados con manipulación manual de cargar y transporte de cargas</p>	
14.	Elimine las tareas que requieran agacharse o retorcerse al manipular materiales	En el área de sub ensamble de llantas se hace uso de una ayuda llamada medios para trasportar algunos elementos, en la inspección se evidencia que estos son pesados y sus ruedas no generan la facilidad de desplazamiento porque se restringe su movimiento, lo que implica realizar un esfuerzo mayor al empujar.		<p>Cambie la altura de trabajo (por ejemplo, cambiando la altura de la mesa de trabajo o del punto de alimentación) de forma que el trabajador pueda manipular el objeto de trabajo sin inclinar el cuerpo .</p> <p>Realizar evaluación con el metodo ERIN para determinar el nivel de riesgo biomecanicos en las 4 regiones corporales y la interacción de estas con frecuencia de movimiento</p>	
21	Marcar las vías de evacuación y mantenerlas libres de obstáculos.	En la tarea de ingresar el neumático en la llanta se evidencia que el operario debe realizar un flexión severa del tronco al no tener una mesa o apoyo a nivel de la cintura que le permita realizar la actividad de manera segura		<p>1. Asegúrese de que haya, al menos, dos vías de salida en cada área de trabajo .</p> <p>2. Tenga en cuenta la posibilidad de que el fuego se desencadene cerca de una vía de evacuación . Compruebe los requerimientos legales para las vías de evacuación.</p>	



1 8 0 3

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

Herramientas de mano.					
32.	Minimizar las vibraciones y ruido de herramientas manuales	Se evidencia en el ensamble de ring el uso de taladros neumáticos y eléctricos que generan vibración a nivel de manos.		1. En herramientas neumáticas (movidas por aire), utilice reguladores de presión de modo que, las herramientas trabajen a la presión diseñada y no a la presión de la línea general.	
Seguridad de las máquinas-					
49	Usar señales de aviso que el trabajador comprenda fácil y correctamente.	Las montadoras de llantas tienen todas sus señales y etiquetas en inglés donde se puede generar mal interpretación del personal. No se evidencia señalización en el área que informe de los riesgos presentes en el proceso.		1. Utilice una señal de aviso que contenga a cuatro elementos esenciales: a) Una palabra-señal - para comunicar la gravedad del riesgo, por ejemplo, "Peligro", "Cuidado", "Precaución". La palabra-señal "Peligro" es la más severa mientras que "Precaución" es la menos severa. b) El riesgo - en relación con su naturaleza. c) La consecuencia - lo que podría suceder. d) Una instrucción - cuál es el comportamiento apropiado para evitar el riesgo	
50	Formar a los trabajadores para que operen de forma segura y eficiente.	En conversaciones con el jefe de SST, se evidencia tener un plan de formación con el personal, pero no se tiene desde un enfoque ergonómico, solo se realizan charlas de pausas activas, sin tener un enfoque desde la seguridad en maquinaria y su entorno.	N/A	1. Establezca programas de formación que incluyan a todos los trabajadores. En los procesos de selección de nuevos trabajadores, organice sesiones de formación que incluyan el entrenamiento formación en seguridad y eficiencia productiva. 2. Para la formación de los trabajadores, utilice la información proporcionada por el fabricante de la maquinaria y del equipamiento. Traduzca esta información al idioma local. Si esto resulta demasiado complejo utilice procedimientos "paso a paso". 3. En la sesión de formación, haga que intervengan trabajadores que ya tengan experiencia en el uso de las máquinas, en particular, para que muestren cómo operar de forma segura y eficiente	



Puestos de trabajo					
57	Ajustar la altura de trabajo a cada trabajador, situándola al nivel de los codos o ligeramente más abajo.	Se evidencia que las montadoras de llantas y las mesas de trabajo en el área de subensamble de llantas no son ajustables, en estos puestos se ubican personas de altura 1.50 mts hasta de 1.80 mts de alturas manteniendo el mismo plano de trabajo		<p>Verifique el espacio libre para las piernas y rodillas de los puestos de trabajo utilizados por los trabajadores más grandes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Si fuera demasiado reducido, piense cómo se podría incrementar. Por ejemplo, levante la altura de la mesa de trabajo o aumente su tamaño. 2. Pregunte a los trabajadores de mayor envergadura dónde se sienten más inseguros, o si el espacio es demasiado reducido. Ocupe primero de las condiciones inseguras, y luego de las situaciones de discomfort. <p>Realizar evaluación con el metodo ERIN para determinar el nivel de riesgo biomecanicos en las 4 regiones corporales y la interacción de estas con frecuencia de movimiento.</p> <p>Realizar propuesta de intervención de puesto de trabajo bajo <u>las medidas antropométricas</u></p>	
58	Situar los materiales, herramientas y controles más frecuentemente utilizados en una zona de cómodo alcance.	En el área de subensamble de llantas, específicamente en las montadoras de llantas se evidencia algunos elementos del puesto fuera del alcance de los trabajadores.		<p>Coloque todos los materiales usados frecuentemente dentro de esta área preferente, o en el borde de ella. Cuando los materiales son aprovisionados en cajas o cubos, o en pallets o estantes, debería estar situados en una zona de alcance cómodo y en tomo a la altura de los codos.</p> <p>En puestos de trabajo que sean similares, organice la colocación de herramientas, controles, materiales y otros elementos de forma que estén bien combinados entre sí. Por ejemplo, cuando diversos tipos de materiales se recogen al mismo tiempo, o uno detrás de otros, sitúelos dentro de la misma área en recipientes diferentes.</p> <p>Estandarice la colocación de todos estos elementos contando con las opiniones de los trabajadores</p> <p>Realizar evaluación con el metodo ERIN para determinar el nivel de riesgo biomecanicos en las 4 regiones corporales y la interacción de estas con frecuencia de movimiento</p>	
Locales					
85	Instalar sistemas efectivos de extracción localizada que permitan un trabajo seguro y eficiente.	...cicleta, pero no es totalmente eficiente, e		<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar un sistema de extracción de tipo cabina si las sustancias son muy peligrosas o el área a ventilar es pequeña. Con un sistema de tipo cerrado se consigue que el efecto de la ventilación sea mayor. 2. Si no se puede tener un sistema de tipo cerrado, utilice campanas y ranuras junto con ventiladores de extracción. Las campanas y ranuras limitan el flujo de aire procedente de direcciones no deseadas y así incrementan la eficiencia de la captura del aire contaminado. 	



1 8 0 3

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

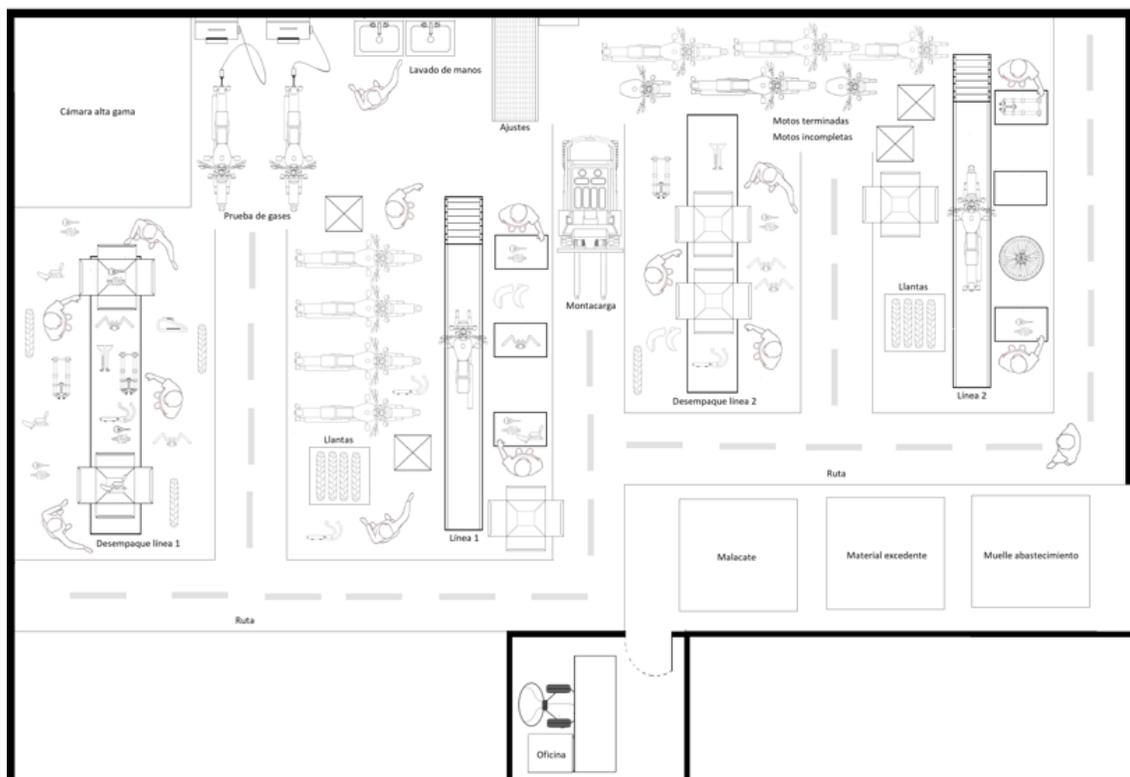
Riesgos Ambientales					
90	Asegurarse de que el ruido no interfiere con la comunicación, la seguridad o la eficiencia del trabajo.	Se evidencia en el área de ensamble de llantas ruido que supera los TLVs por herramientas neumáticas y eléctricas, golpes y música, lo que no permite la comunicación adecuada, afectación en la concentración del personal y generar estrés y más cansancio.	N/A	Reduzca el ruido para facilitar la comunicación y la seguridad.	
Organización del Trabajo					
108.	Implica a los trabajadores en la mejora de los diseños de sus propios puestos de trabajo.	En la empresa se realiza el análisis de mejoras o intervenciones desde las jefaturas o son directrices desde la gerencia, donde no se involucra al personal en la participación de estas mejoras	N/A	Establecer grupos primarios participativos donde uno de los temas a tratar sea los diseños de puesto de trabajos actuales y las mejoras que se pueda realizar, incentivando la participación de los trabajadores	
122.	Proporcionen pausas cortas y frecuentes durante el trabajo continuo y de precisión o por ordenador para aumentar productividad y disminuir fatiga	Se cuenta con un tiempo de pausas, pero no están dirigidas a la recuperación, el personal en este espacio realiza llamadas, se dirigen al baño, unos cuantos se sientan. Estos espacios se realizan antes de iniciar a trabajar 5 minutos para desayunar y 5 minutos para ir al baño; también tienen 30 minutos para almorzar	N/A	Combinar sus pausas con ejercicios relajantes, tales como andar, estiramientos o una gimnasia sencilla. Hacer las pausas cuando usted esté fatigado, es menos efectivo que hacerlas antes de que comience la fatiga. Por lo tanto, establezca la norma de hacer una pausa a intervalos regulares, es decir, cada hora. Desde la gerencia y producción se aprueben y se establezcan tiempos de recuperación dirigidos a pausas activas especialmente con foco a su recuperación	
132.	Conozca y comparta formas de mejorar su lugar de trabajo a partir de buenos ejemplos de su propia empresa y de otras.	Desde SST se realiza las inspecciones y han realizado algunas mejoras, pero se requiere mayor participación de la gerencia y de los jefes del proceso	N/A	Examine los puestos de trabajo de su propia empresa y haga una lista con los buenos ejemplos de mejora de los métodos de trabajo y de las condiciones de seguridad y salud. Las soluciones sencillas, de bajo costo, son particularmente importantes. Examine cómo se llevaron a cabo estas mejoras. Visite otras empresas de su vecindario, o mire en los manuales de mejora, y aprenda de los buenos ejemplos.	



Una vez realizada la reunión grupal para el análisis de los resultados de la verificación del método, se destaca la intervención del layout de la planta, ya que con este se podrían mejorar la organización del trabajo, pues con un desempaque anticipado se podría contar con la materia prima completa al momento de ensamble, y además disminuir la cadencia de los subensambles, en el cual se incluye el subensamble de llantas interviniendo la variable ritmo; además que se podrían tener costo- beneficio en producción. (Ver ítems de costo beneficio página 36)

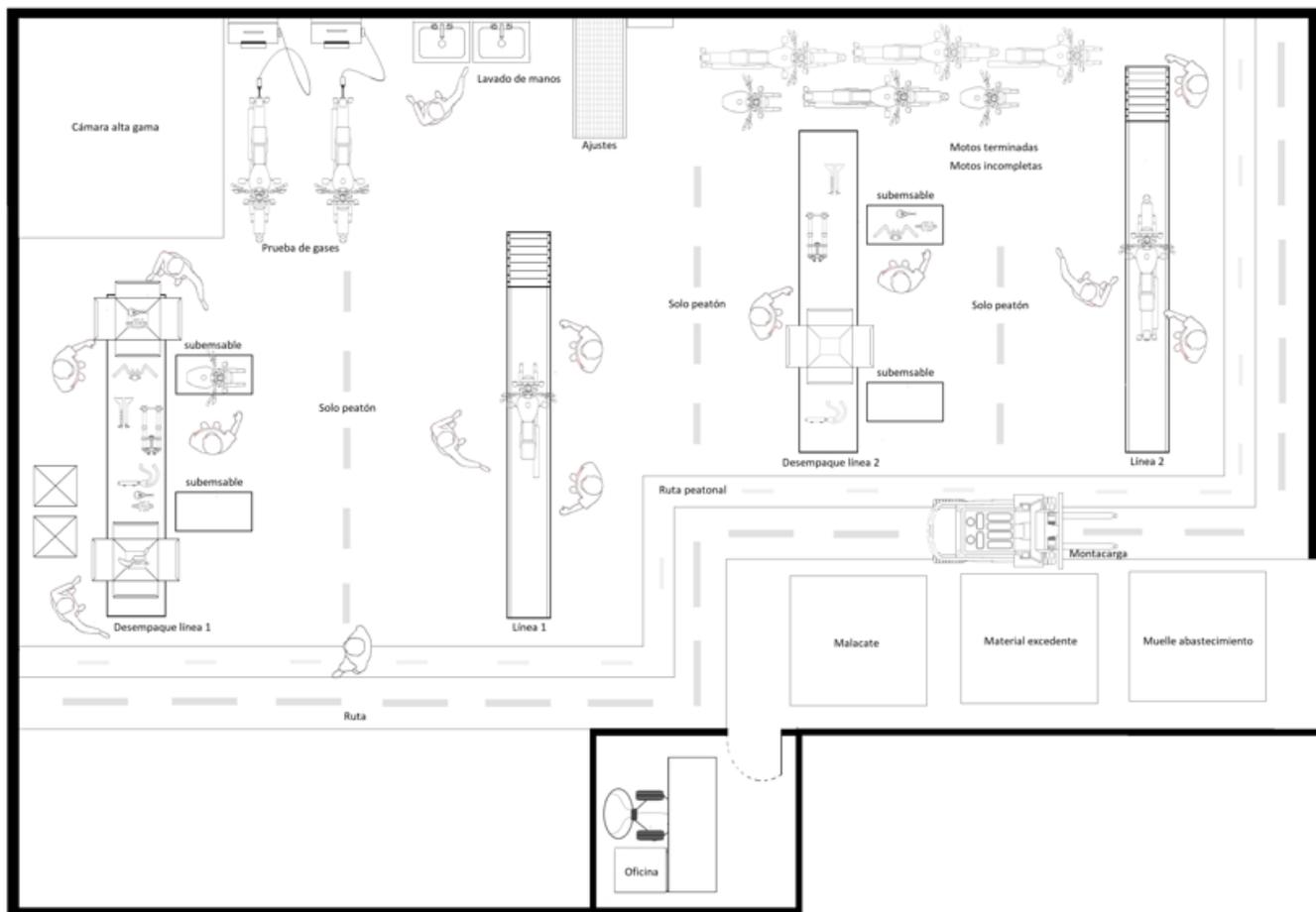
A continuación, se muestra el esquema del antes y el después de la propuesta del layout en la planta ensambladora.

Imágenes 4: Diseño actual de la planta



Actualmente la planta ensambladora realiza en la línea de ensamble todos los subensambles de piezas, en el área desempaque solo se encargan de desempacar las piezas y los surtidores las transportan hasta la línea el mismo día que están produciendo las motocicletas, estableciendo tiempos de producción altos y un ritmo constante. También se evidencia el ingreso de montacargas hasta los puestos de trabajo y no hay un sendero peatonal claro; adicionalmente en gran parte de las áreas se encuentran obstáculos, déficit de orden y hacinamiento en los procesos.

Imágenes 5: Propuesta de Layout



Dentro de la propuesta del Layout se determinó que para intervenir de manera transversal todos los procesos de la planta ensambladora, significaba trasladar no solamente el subensamble de llantas, si no todos los subensambles de piezas de motos de las líneas de ensamble a los desempaque a fin de que se disminuyeran los tiempos y el ritmo de la cadencia de las líneas durante el ensamble mediante un desempaque y subensambles anticipado. Esta propuesta permitirá que en la programación del modelo de cada moto que se realice se cuenten con las piezas completas y no haya reprocesos, pendientes de completación y evitar pérdidas monetarias al no poder salir la moto completa a la venta, a parte de generar un mejor orden en las líneas, se delimitarían las áreas y se tendrían espacios de circulación del peatón y montacargas específicos y señalizados.

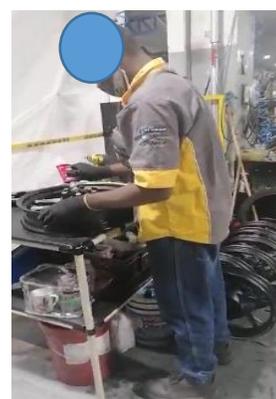


6.2 Resultados de la evaluación ERIN

La aplicación del método ERIN se dividió en 2 evaluaciones, en la primera se toma el puesto N. 1 y N.3 (adición de partes al ring) y la segunda N.2 y N.4 (montadora de llantas) estos puestos realizan tareas similares variando en algunos, partes de motocicletas por diferencias en el proceso en llantas delanteras y traseras. Esto permitió agrupar las evaluaciones ya que las tareas se realizan de forma semejante, se usan los mismos grupos musculares y los patrones de movimientos son similares.

Tabla N.3: Evaluación ERIN puesto N.1 y N.3

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE	VALOR Puesto 1-3 - Montaje de Ring y anexos
Tronco	Postura: Flexión moderada (20-60°) o sentado mal apoyado o sin apoyo Frecuencia de movimiento: Poco frecuente 5 veces/ min Ajuste: El Tronco está girado y/o inclinado	3
Brazo	Postura: Flexión moderada (45-90°) Frecuencia de movimiento: Poco frecuente (movimientos intermitentes) Ajuste: El Brazo está separado del tronco (abducido) Lado: Derecho	4
Muñeca	Postura: Flexión o extensión ligera (0-45°) Frecuencia de movimiento: Frecuente 11 - 20 veces/ min Ajuste: La mano sostiene un objeto más del 50 % del tiempo total de ciclo Lado: Derecho	4
Cuello	Postura: Flexión severa 20° Frecuencia de movimiento: Constantemente Ajuste: El Cuello está girado y/o inclinado lateralmente	7
Ritmo	Velocidad de trabajo:(velocidad normal de movimiento) Duración efectiva: >8 horas	5
Esfuerzo	Esfuerzo percibido: Algo pesado [3] (relajado-esfuerzo poco notorio-) Frecuencia: 6-10 esfuerzos/min	2
Autovaloración	Nada estresante	0
TOTAL		25



Imágenes 6: Puesto de trabajo N.1

Imágenes 7: Puesto de trabajo N. 3

El nivel de riesgo individual de los puestos de trabajo N.1 y N.3 nos da como resultado de 25 el cual, de acuerdo a los rangos establecidos en este método, se encuentra en un nivel alto y se requiere realizar cambio en breve tiempo.

Dentro de las variables más críticas encontramos el cuello ya que durante el proceso del ensamble de piezas en el ring el trabajador debe permanecer con una flexión severa en el cuello y regularmente debe girarlo para tomar piezas de los costados de la mesa. Seguido a esta encontramos el ritmo, este debe estar sujeto a la cadencia de la línea de ensamble y por supuesto debe contar con una holgura para que el siguiente puesto cuente con este insumo para montar la llanta en la máquina. También encontramos a la muñeca con puntuación de 4 con flexión ligera y que sostiene el ring por más del 50 % del tiempo total de ciclo esto se debe a la manipulación constante de las herramientas y la forma del proceso de ensamble dentro del ring. El brazo presenta una flexión moderada con abducción de brazo ya que el trabajador debe utilizar las herramientas eléctricas o neumáticas para apretar los pernos del ring; el tronco presenta puntuación de 3 porque su flexión es moderada y por último en la valoración del esfuerzo al entrevistar al colaborador y conocer la pieza se identifica que tiene peso, pero no es considerable.

Tabla N.4 Evaluación ERIN puesto N.2 y N.4

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE	VALOR Puesto 2 - 4 Montadora de llantas delantera y trasera
Tronco	Postura: Flexión moderada (>60°) o sentado mal apoyado o sin apoyo Frecuencia de movimiento: frecuente 6-10 veces/ min	6
Brazo	Postura: Flexión ligera (0-45°) Frecuencia de movimiento: Muy frecuente (casi movimientos continuos)	3
Muñeca	Postura: Flexión o extensión severa (>45°) Frecuencia de movimiento: Muy Frecuente >20 veces/ min Ajuste: La mano sostiene un objeto más del 50 % del tiempo total de ciclo	6

	La muñeca esta girada o desviada	
Cuello	Postura: Flexión severa 20° Frecuencia de movimiento: Constantemente	6
Ritmo	Velocidad de trabajo:(rápido posible de soportar) Duración efectiva: >8 horas	7
Esfuerzo	Esfuerzo percibido: pesado [4-5] (esfuerzo evidente expresión facial sin cambios) Frecuencia: 6-10 esfuerzos/min	7
Autovaloración	Un poco estresante	1
TOTAL		36



Imágenes 8: Puesto de trabajo N.2

Imágenes 9: Puesto de trabajo N. 4

El nivel de riesgo individual los puestos de trabajo N.2 y N.4 de los montadores de llantas nos dio como riesgo total de 36 el cual, de acuerdo a los rangos establecidos en este método, se encuentra en un nivel muy alto y se requieren cambios inmediatos.

La variable más crítica fue la muñeca ya que alcanza su máximo valor posible de riesgo, por tanto, debe trabajarse en mejorar la carga postural y la frecuencia de movimiento de la muñeca.

Por otro lado, el ritmo tiene una calificación importante de 7 porque este subproceso está condicionado a la cadencia de la línea de ensamble, además que se debe contar con una holgura para que siempre haya disponibilidad de las llantas y no se tengan paros en la línea de producción.

También encontramos el cuello como una variable con criticidad significativa pues durante el proceso del montaje de la llanta dentro del ring el trabajador debe guiar y ayudar al brazo de montaje a colocarla, lo que provoca que permanentemente deba visualizar este proceso con una postura de flexión del cuello. Además, el esfuerzo que debe ejercer al presionar la llanta durante el giro de la misma para montarla en el ring y el peso que esta tiene cuando debe ubicarla en los respectivos medios.

Por último, el tronco tiene una flexión severa durante el proceso del montaje de ring, toda vez que, al presionar la llanta para montarla, el trabajador debe permanecer en esta posición gran parte del tiempo de ensamble, aplicando fuerza constantemente.

En ese orden de ideas, las recomendaciones que se plantearán en este proyecto tendrán el propósito de tratar de disminuir las variables más críticas de los 4 puestos de trabajo que se encuentran en este subensamble y así mismo ayudar a prevenir accidentes de trabajo y a largo plazo enfermedades laborales por DME.

6.3 Resultados Manual Handling Assessment Charts (MAC)

Cuando se evaluó con este método se tomó el puesto de trabajo N.4 ya que se identificó que en este se manipulaba la llanta más pesada con peso aproximado de 14 kg. Se aplicó la herramienta MAC, método observacional y entrevista con el trabajador y con acompañamiento con el jefe de seguridad y salud en el trabajo, el cual permitió tomar registro fotográfico y videos requeridos para el ejercicio académico.



Imagen 10

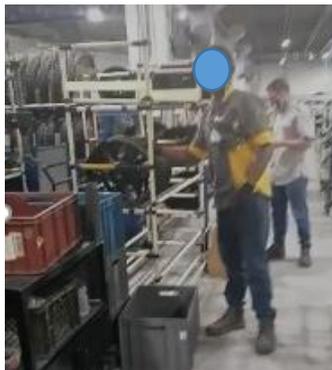


Imagen 11



Imagen 12



Imagen 13



Imagen 14



Imagen 15



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

Tabla N.5 Evaluación MAC para levantamiento de carga

Factores de riesgo	MAC (Manual handling assessment charts)			
	variable Levantamiento	Levantar Color	Levantar Puntaje	Descripción
Peso y frecuencia de la carga	A	4	5 levantamiento cada 3,18 minutos= 94 levantamiento hora	Se toma la llanta más pesada: Peso de carga: 14 kg
Distancia horizontal entre las manos y la espalda baja	R	6	Torso erguido. Brazos completamente extendido	Ver imagen 3.
Zonas de levantamiento vertical	R	3	Manos en altura de la cabeza o por encima al tomar el ring o colocar las llantas en el medio.	Ver imagen 3.
Rotación y flexión lateral de la espalda (Espalda flexionada lateralmente.)	R	2	Torso doblado hacia los lados	Ver imagen 7
Restricciones posturales	G	0	Sin restricciones posturales	Ver imagen 8
Agarre la carga	A	1	Agarre aceptable	Ver imagen 13
Superficie del suelo	G	0	Superficie del suelo en buen estado	
Distancia de transporte	N/A	N/A		
Obstáculos en ruta	N/A	N/A		
Comunicación, coordinación y control	N/A	N/A		
Factores medioambientales	A	1		Se toma como factor el ruido acumulativo por todas las máquinas del proceso de ensamble.> 85db
Puntaje:		17		



Tabla N.6: Evaluación MAC para transporte de carga.

variable Transporte de carga	Transporte	Transporte	Descripción	Observación
	Color	Puntaje		
Peso y frecuencia de la carga	G	0	4 transportes cada 3, 18 minutos=75 transporte hora	Se toma la llanta más pesada: Peso de carga: 14 kg
Distancia horizontal entre las manos y la espalda baja	A	3	Brazos flexionados respecto a la espalda.	
Zonas de levantamiento vertical	N/A	N/A		
Asimetría de la espalda o la carga	A	1	Torso simétrico pero la carga se lleva a un lado	Ver imagen 9.
Restricciones posturales	G	0	Sin restricciones posturales	
Agarre la carga	A	1	sujeción regular	Ver imagen 613.
Superficie del suelo	G	0	Buena superficie del suelo	
Distancia del transporte	G	0		
Obstáculos en ruta	A	1	Obstáculos en el piso, materia prima del proceso.	Ver imagen 1.
Comunicación, coordinación y control	N/A	N/A		
Factores medioambientales	A	1		Se toma como factor el ruido acumulativo por todas las máquinas del proceso de ensamble.> 85db
Puntaje:		7		

Nivel de riesgo por levantamiento y transporte:

La evaluación realizada con el método MAC en el levantamiento nos da con un puntaje de 17, las variables más críticas es la distancia horizontal entre las manos y la espalda baja seguido por las zonas de levantamiento vertical; estas posturas las realiza cuando toma los rines, llantas o coloca la llanta completamente terminada en el tercer eslabón del medio de transporte.

Es necesario subrayar, que en el ejercicio de valoración el peso de la carga que fue tomado se hace con la llanta trasera de una de las motos que regularmente ensamblan en esta línea, con un peso aproximado de 14 kg, la cual es la que más peso tiene. Pero hay que tener en cuenta que dentro del proceso productivo estas cargas pueden variar y disminuir de acuerdo al modelo de moto ensamblado.



Para el transporte de la carga nos da como resultado 7, la variable más crítica en esta evaluación es la distancia horizontal entre las manos y la espalda baja, evidenciándose la flexión de los brazos durante el transporte de la llanta de los medios hacia la mesa, luego la montadora y nuevamente hacia los medios de transporte.

6.4 Metabolismo basal

6.4.1 Resultados Test de pasos del Queen's College

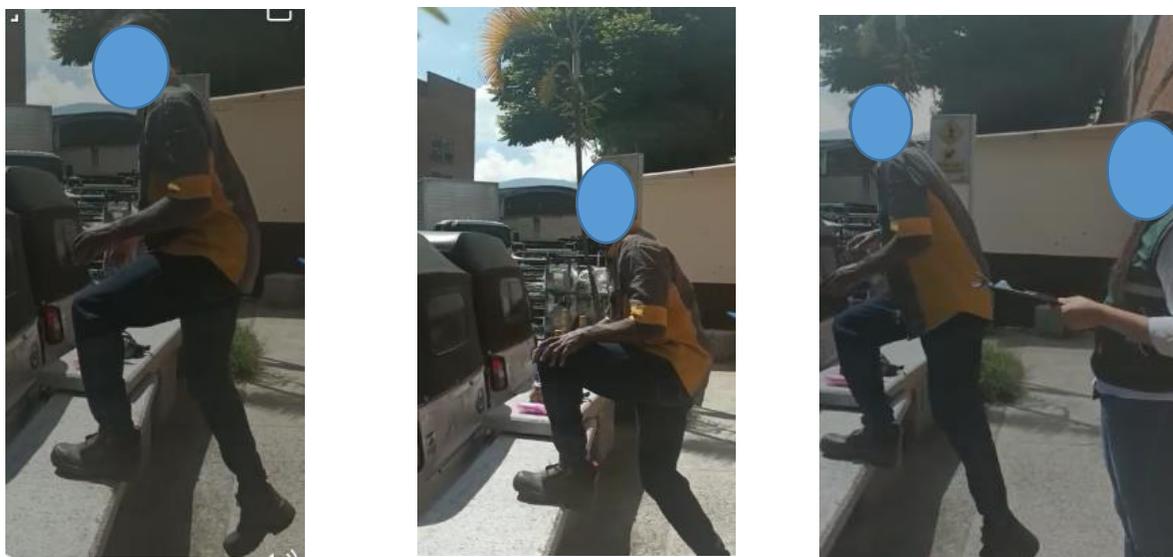
Se realizó el test de pasos del Queen's College dando como resultado 160 x' de frecuencia cardiaca de recuperación y posteriormente se estimó el consumo máximo de oxígeno mediante las ecuaciones de regresión lineal, ese cálculo lo realizamos de la siguiente manera:

$$VO2máx = 111,33 - (0,42 * 160x'')$$

$$VO2máx = 111,33 - 67,2$$

$$VO2máx = 44.1/1000 * 70 \text{ kg}$$

$$VO2máx = 3,08 \text{ lx''}$$



Imágenes 17. Test de pasos del Queen's College

6.4.2 Resultados Gasto energético

Cuando se evaluó el método 2B de la ISO 8996:2004, se tomaron los puestos de trabajo N.3 y N4 ya que se identificó que en este se manipulaban la llanta más pesada, adicionalmente este trabajador actualmente está realizando por una sola persona y durante la jornada realiza diferentes desplazamientos para tomar materia prima, ensamble de piezas y para ubicar el producto terminado.

Las características de los puestos evaluados son:

1. Cada llanta ensamblada se considera un ciclo de trabajo.
2. El trabajador está acostumbrado a las condiciones ambientales del puesto de trabajo, con una antigüedad de 2 años.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

3. La llanta tiene un peso aproximado de 14 kg.
4. La jornada efectiva tiene 540 minutos y 32400 segundos efectivos.
5. La estatura del trabajador evaluado es de 176 cm y el peso es de 70 kg.
6. Durante la jornada se ensamblan 25 llantas cada hora, las cuales se requieren para el ensamble de motocicletas en la línea.
7. Para que no falten piezas durante el ensamble en las líneas se debe contar con una holgura de llantas completamente terminadas, aumentando el ritmo de trabajo.
8. La capacidad de trabajo físico del individuo es de 3,08 litros por minuto. (Hallada en el test de pasos del Queen's College).
9. Superficie corporal: 1,96 m², esta se obtiene mediante el cálculo de la ecuación anteriormente mencionada.
10. Metabolismo Basal 89,6 W esta se obtiene mediante el cálculo de la ecuación anteriormente mencionada.

Tabla N. 7 Gasto energético total y ponderado.

Actividad de Trabajo	Duración (seg)	Número de ciclos	Duración total día (seg)	GEi (J/seg=w)	GE (J)
Desplazamiento con ring desde medio hacia mesa de trabajo	8	227	1812,59	362,92	657833,0
alistamiento de ring (matillar valvula)	3	227	679,72	568,91	386699,1
Alistamiento de ring (montaje de sproker pistola electrica)	17	227	3851,75	196,18	755619,0
Alistamiento de ring (torque de piezas de ring)	14	227	3172,03	313,88	995639,2
Llevar ring ensamblado hacia la montadora de llantas	8	227	1812,59	362,92	657833,0
Montaje de llantas (organizar llanta en máquina y aplicación de agua jabonosa)	19	227	4304,90	196,18	844515,4
Montaje de llantas (instalación de llanta en ring con barra de acero)	13	227	2945,45	451,20	1329000,5
Revisión de llanta e inflarla	34	227	7703,50	137,32	1057866,6
Instalación de demás accesorios	19	227	4304,90	186,37	802289,6
Desplazamiento de llanta completamente lista hacia los medios	8	227	1812,59	362,92	657833,0
				GE TOTAL	8145128,4

33% CTF=0,33* (3,08) l/min =1,016 l/min

33% CTF= 338,8 W

33% CTF 172,70 W/m²

GE PONDERADO	251,39 J/Seg
GE PONDERADO	128,15 w/ m²

GE ponderado < 33% CTF

128, 15 w/m² < 172,70 W/m²

Lo que significa que el trabajador no está asumiendo una sobrecarga de trabajo al realizar esta actividad física, siguiendo este método de trabajo. Lo que implica que el trabajo que realiza actualmente puede no afectar fisiológicamente su salud.

6.5 Propuestas de intervención:

6.5.1 Rediseño en puesto de trabajo montadoras de llantas:

Actualmente el área de trabajo de la línea 2 cuenta con dos montadoras de llantas, para llantas traseras y delanteras. Para montar las llantas a los rines el trabajador debe ingresar una lámina de acero manualmente para ampliar el espacio de la llanta e ingresar el ring realizando una flexión severa de tronco, cuello y además de aplicar fuerza constante para que, al colocar la cabeza de montaje y desmontaje, comúnmente conocida como cabeza de pato, pueda instalarse correctamente al presionar los pedales de accionamiento.

Dentro de la propuesta de intervención planteada, es adicionar un brazo a la máquina como una pinza auxiliar de montaje giratoria que le ayude a presionar fácilmente, esta aplicará más fuerza a las paredes laterales duras de las llantas, permitiendo que el trabajador no realice más flexiones de tronco y muñeca al ayudar a ingresar la llanta dentro del ring.

A continuación, se expondrá la máquina montadora actual y el accesorio auxiliar:



Imagen 18. Máquina actual

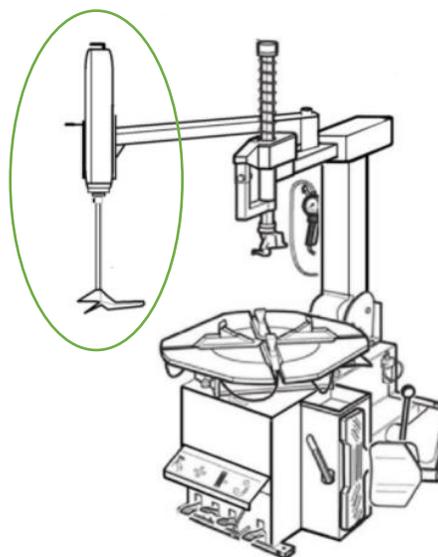


Imagen 19. Propuesta brazo auxiliar

6.5.2 Rediseño en Puesto de trabajo N.1 y N.3 ensamble de Ring:

Los puestos de trabajo N.1 y N.3 realizan ensamble de ring, adicionándoles diferentes piezas utilizando herramientas eléctricas y neumáticas sobre una mesa.

Para intervenir las variables más críticas como el cuello, brazo y muñeca, se realizará una propuesta de intervención de rediseño de puesto de trabajo teniendo en cuenta las medidas antropométricas de la



6.5.3 Rediseño de medios.

También, dentro de las recomendaciones que se propondrán al proceso de subensambles de llantas, es rediseñar los medios de almacenamiento de llantas y rines de motocicletas bajo criterios antropométricos y por supuesto que sean amigables para el manejo en la planta por parte de los surtidores y que se encuentren dentro de los requisitos de la productividad de las líneas. Ahondando un poco más, lo que se pretende hacer es que los medios dejen de ser de tres eslabones, pasen a ser de solo dos; pero que estos puedan almacenar el doble de cantidad en cada piso; esto permitirá disminución de flexiones de brazos al tomar y dejar las piezas dentro de estos soportes. De esta manera:



Imagen 18. Medio actual
Propuestas de medios

Para los medios de almacenamiento se tuvieron en cuenta las dimensiones antropométricas de la población colombiana:

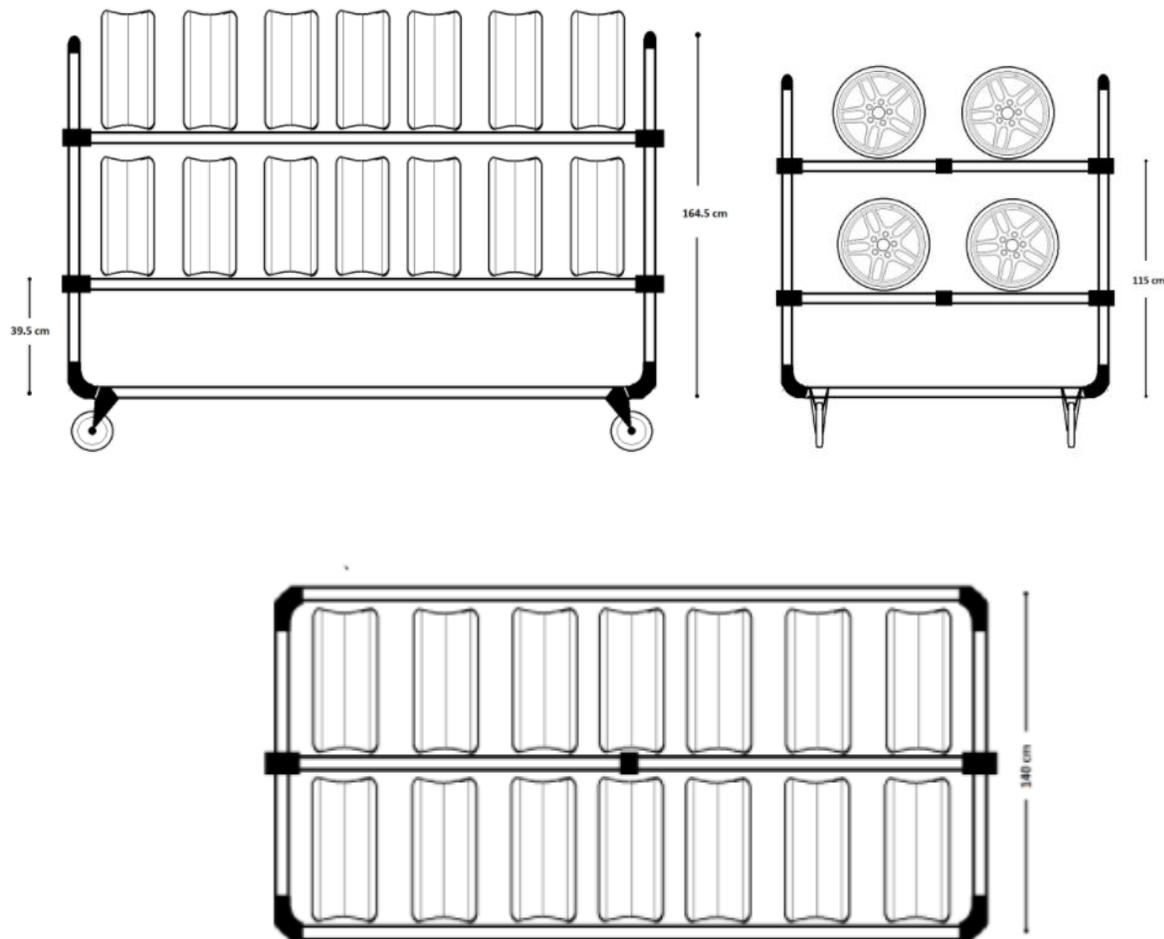
Medidas antropométricas para medios de rines, llantas y producto terminado:

Altura total del medio: 164.5 cm- (115 + 39.5+ 10 rueda)

Altura primer eslabón: Hombre altura poplítea P5: 39.5 CM

Altura segundo eslabón: Hombre altura radial P95: 115 CM

Ancho de cada uno de los eslabones: Diámetro de los rines (70 cm):140 cm



Imagenes 21.Propuesta de Medios

Es importante mencionar, que los medios deberán estar cercanos o continuos a la montadora de llantas para así, evitar desplazamientos continuos con pesos durante la jornada.
 Se debe tener en cuenta que para esta propuesta se debe realizar ensayos y así mismo pruebas de manejo por parte de los surtidores.

6.5.4 Organización del trabajo

Actualmente, el área de trabajo de subensamble de llantas se encuentra ubicado continuo a la línea de ensamble a un costado, este debe proporcionar las llantas completamente ensambladas para que en la línea se instale a las motocicletas.

Como propuesta de intervención, se recomienda el traslado del área de subensambles de llantas a desempaque; para que se realice el montaje de llantas anticipado con programación de producción, es decir de acuerdo a los requerimientos de la línea, se ensamblarán las llantas previamente dejándose listas en los medios. Esto disminuirá



La presión hacia los trabajadores ya que su operación no afectará el paro del proceso por falta de partes, además que permitirá que los trabajadores tengan tiempos de recuperación más amplios subensamblando las llantas.

Esta recomendación está sujeta a lo dispuesto por los jefes de producción y la distribución actual de la planta. Sin embargo, dentro de este documento se recomienda para el Layout (diseño) de la planta no solo el traslado del subensambles de llantas hacia desempaque sino también los demás puestos de subensambles, esta propuesta se estableció dentro del análisis de la metodología del Ergonomic Checkpoint, anteriormente mencionado.

6.5.5 Ambiente de Trabajo

El área de subensambles de llantas es un espacio reducido y está rodeado por los demás subensambles de partes, medios y canastas que los surtidores traen constantemente desde el desempaque, es evidente la ausencia de pasillos establecidos y demarcados que están asociado a falta de planeación de la distribución de la planta, además del ruido que se genera por las herramientas neumáticas de la línea; con las recomendaciones establecidas en el Ergonomic Checkpoint anteriormente mencionado, se intervienen estas variables.

6.5.6 Costo Beneficio

Con las recomendaciones ergonómicas mencionadas anteriormente, es necesario considerar los costos de estos controles o modificaciones al sistema o al lugar de trabajo, lo que proporciona la base del análisis costo-beneficio. La parte relativa al costo es fácil de comprender ya que es simplemente el dinero que se debe invertir para remozar una vieja máquina, comprar una nueva máquina o un dispositivo de seguridad o capacitar a los trabajadores acerca de un método más seguro, ya sea que se realice en un solo pago o sea prorrogable a un determinado periodo. El beneficio que se obtiene es un poco más difícil de comprender debido a que típicamente representa una reducción de los costos de accidentes o en pérdida de producción o dinero ahorrado en lesiones menores y gastos médicos a lo largo de un cierto periodo etc.(15)

A continuación, se mencionan los costos beneficios establecidos para las intervenciones de este proyecto:

Tabla N.8 Costo beneficio proyecto



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

CONCEPTO	Descripción	Costo			Beneficio	
		cantidad Tiempo /Unidad	Formula	Valor	Descripción	cantidad (T)
Análisis ergonómico de área de Sub ensamble de llantas	Reunión con el jefe de SST	2 horas	(Sueldo jefe sst / total horas mensuales)* tiempo reunión	\$ 38.600	Disminución de Ausentismo- AT	Gastos medico, dato valor del ausentismos por AT o Enfermedad asociada a la exposición, dotación de botiquín, valor área protegida.
Análisis ergonómico de área de Sub ensamble de llantas	Entrevista, demostración con personal operativo del área, dos trabajadores	1 horas	CPP = TPH x Th	10.072		
Análisis ergonómico de área de Sub ensamble de llantas	Pruebas y aplicación de métodos (ERIN, MAC. PRUEBA DEL ESCALON Y ERGONOMIC)	6 horas	CPP = TPH x Th	60.600		
Instalación de brazo auxiliar Montadora de llantas	Costo del valor de Pieza auxiliar	7 unidad	Valor pieza auxiliar * 7 montadoras	16.450.000		
Instalación de brazo auxiliar Montadora de llantas	tiempo Instalación de pieza en máquinas (mantenimiento)	1 horas	(Sueldo electromecánico/ total horas mensuales)* tiempo instalación	\$ 7.000		
Instalación de brazo auxiliar Montadora de llantas	valor entrenamiento de uso de pieza auxiliar	30 minutos	CE = (TPH x Th) + (TPH x Th) + CM	21144	Tiempo de ocio	Valor salario* tiempos perdidos por el personal a espera de piezas*# de trabajadores
Diseño ergonómico de los puestos de trabajo n. 1 y 3	Adecuación del puesto de trabajo	6 unidad	Valor de la mesa ajustable *6 puestos de trabajo de 3 líneas	9000000		
Todas las intervenciones	Costo hora del personal que realiza el análisis de ergonomía	10 horas	Valor de la hora del profesional ergonómico* tiempo estipulado asesoría	700000		
Diseño ergonómico de los medios	Adecuación del puesto de trabajo	12 unidad	Valor del material * total de medios	4140000	Tiempo de reprocesos	Valor salario*# número de trabajadores que realizan completación *cantidad de motos incompletas
Diseño ergonómico del layout planta 1	Mano de obra ejecución del medio	8 horas	Valor de hora salario *# de hora de ejecución *# de medios	1344000		
Diseño ergonómico del layout planta 1	Diseño grafico del layout de planta 1	8 horas	Valor hora del diseñador*horas del diseño	160000		
Diseño ergonómico del layout planta 1	Reunión con área de ingeniería y desarrollo	2 horas	Valor del sueldo de los ingenieros*hora de reunión	203122		
			TOTAL	\$ 32.094.082		

Para estimar los costos de las propuestas se tuvieron en cuenta el tiempo de las reuniones y el utilizado en las evaluaciones, salarios de los trabajadores y jefes que intervinieron, valor de las piezas a adquirir, valor de los materiales para los rediseños y su tiempo de ejecución, profesionales externos que son necesarios para acompañar la implementación de los controles. Sin contar el tiempo generado previamente a la realización del proyecto en el análisis de ausentismo y accidentalidad del área intervenida.

Cuando se proyectaron los beneficios, se mencionaron la disminución de cifras de ausentismos y accidentalidad y sus costos directos e indirectos, además de bajar los tiempos de ocio generados por el personal operativo en la espera de las piezas completas de desempaque; también mejorar los tiempos de reprocesos ya que disminuiría la cantidad de motos incompletas y aumentaría productividad. Los valores no fueron registrados ya que no se contaba con datos reales para estimar estos beneficios, por lo que este estudio será entregado a la empresa para que el personal de ingeniería y desarrollo puedan calcularlos, además que realizar ensayos para la implementación de las mejoras.

7. DISCUSIÓN

7.1 Lecciones Aprendidas

A continuación, se mencionan las lecciones aprendidas que se evidenciaron durante la ejecución del proyecto:

- Es de gran importancia que las empresas generen una participación relevante al área de SST en las diferentes intervenciones, mejoras o cambios que se realizan en los diferentes procesos, que contribuyan al mejoramiento productivo con personal sano y disminución de eventos no deseados. Al igual que incentivar la participación de los trabajadores en búsqueda de soluciones o alternativas para los diseños de propuestas que permitan mejorar su entorno laboral.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

- Durante la ejecución del proyecto en la empresa se evidenció que la definición de ergonomía se asocia a la biomecánica y no a que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los humanos y otros elementos del sistema(16), ya que cuando se interviene en la misma, lo realizan enfocándose en la interacción puesto de trabajo y persona, omitiendo involucrar componentes importantes desde la organización, aportes en los equipos de trabajo y ambiente. Para esto es importante desde la fase inicial del estudio realizar una contextualización y sensibilización en Ergonomía a la alta dirección, ya que permitirá ampliar la visión y entendimiento del proyecto.
- Este proyecto de ergonomía se generó a partir de la iniciativa de estudiantes de la Universidad hacia la empresa, por lo que puede ser un reto para la ensambladora implementar las propuestas relacionadas del mismo, incluso si estas intervienen en diferentes procesos productivos, además que este proyecto no fue financiado por la empresa (17). Este material de estudio será entregado a la organización para sus análisis pertinentes y posteriores desarrollos teniendo en cuenta la participación de actores del sistema, expertos y tomadores de decisión.

7.2 Reflexiones sobre intervenciones ergonómicas

A continuación, analizamos algunos factores que influyeron en el desarrollo de las intervenciones ergonómicas del proyecto:

- En Colombia, la normativa asociada a la ergonomía es inexistente y la asocian a un factor de riesgo biomecánico (18), este desconocimiento ha conllevado a que las intervenciones que realizan en las empresas estén asociadas a una prevención de DME ya que representan entre 80%-90% de las enfermedades profesionales en el país (4),siendo una está una perspectiva deficiente acerca de los alcances y beneficios que puede traer la ergonomía como disciplina(16).
- Cuando se aplicó el Ergonomic Checkpoints nos permitió tener un contexto en amplio de las áreas a intervenir, lo que genera una visión en diferentes aspectos desde la organización hasta el individuo, logrando generar impactos relevantes en materia de ergonomía al sistema.
- Al realizar el ejercicio de gasto energético en la evaluación del método 2B de la ISO 8996:2004 aunque se evidencia que el método tiene un $\pm 20\%$ error(13), incluso no se supera la capacidad del trabajo físico del individuo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que así no haya una afectación fisiológica directamente asociada, pueden existir otros factores que provoquen sintomatología y aparición de enfermedades asociadas a DME.
- Con las intervenciones planteadas se estima una disminución del ausentismo al mejorar las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo, esto un impacto importante en mejorar posturas y segmentos corporales, tales como cuello, brazo y muñeca variables críticas identificadas en el método ERIN y MAC.

7.3 Consideraciones Finales

- Todas las metodologías y herramientas utilizadas en este proyecto nos permitieron evaluar las diferentes condiciones de los actores del sistema, esto facilitó conocer e identificar los factores de riesgos a los que estaban expuestos, además que recomendar acciones que pudieran mejorar el ambiente de trabajo. La implementación de estas intervenciones queda sujeta a revisión, aprobación de la empresa que permitió el estudio, por lo que dentro de los valores de costo- beneficio se



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

estableció un rubro para continuar con un asesor externo especialista en ergonomía que permita resolver dudas e inquietudes que puedan surgir durante la implementación.

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo a la resolución número 8430 de 1993 del Ministerio de salud de Colombia. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, establecidos en los artículos 5, 6 y 11 de la presente resolución:

- Los datos suministrados por el personal evaluado y jefatura de seguridad y salud en el trabajo de la empresa en estudio son de carácter confidencial prevaleciendo el respeto a su dignidad y a la protección de sus derechos y su bienestar.
- Este proyecto de grado conocido como intervención de una situación aplicará métodos de manera sistemática y tendrá una participación sin riesgo para el personal objeto de estudio, toda vez que no se realiza ninguna modificación intencionada de las condiciones de los individuos a evaluar.

Durante la recolección de la información para este trabajo, se aseguró que los trabajadores que participaron tuvieran conocimiento del objetivo y alcance de la evaluación realizada. Para la toma de los registros fotográficos y videos, la participación de las personas fue de manera voluntaria y se les explicó claro y preciso el uso que se le daría a dicho material.

9. CONCLUSIONES

- Las propuestas de intervención tuvieron enfoque ergonómico y se dividieron tres categorías: Diseño de puesto de trabajo en la cual se recomendó adquirir un accesorio para la máquina montadora de llantas que permitirá la disminución de esfuerzo y posturas críticas, además de un rediseño de puesto de trabajo y medio de transporte y almacenamiento. En organización del trabajo con el layout de la planta se recomendó el traslado de los subensambles al desempaque de partes anticipado, esto permitirá disminución de ritmo en los subensambles, disminución de tiempos de ocios en la línea, además de se asegurarán las partes completas en las motocicletas evitando motocicletas incompletas y por último para ambiente de trabajo con la acción mencionada anteriormente podremos mejorar estas variables.
- Dentro de las evaluaciones realizadas en la planta se identifica la necesidad e importancia de realizar análisis previos con un equipo interdisciplinario que aporte soluciones desde los diferentes enfoques en la organización para determinar en conjunto los ciclos de trabajo, secuencia de producción, distribución de los espacios, herramientas y equipos a utilizar antes de los montajes de las áreas.
- Las recomendaciones estimadas en este proyecto deben ser analizadas por Seguridad y salud en el trabajo, ingeniería y desarrollo, producción y mantenimiento, para que se pueda realizar pruebas piloto además que deberán contar con un asesor en ergonomía para acompañamiento en la implementación de las mismas.
- Durante el desarrollo y la planeación de las propuestas se encontraron limitantes por la confidencialidad de la información y en la toma de algunos registros fotográficos del proceso, ya que, por directrices organizacionales, esta no podría ser compartida así fuera por ejercicio académico. Solo se utiliza la información que fue generada y permitida por el equipo de seguridad y salud en el trabajo de la compañía.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DHHS (NIOSH) publicación N.º2012-120. Datos Breves de NIOSH: Cómo prevenir los trastornos musculoesqueléticos [Internet]. 2012a ed. Instituto Nacional para la Seguridad y salud Ocupacional. Publicaciones NIOSH; 2012. p. 1. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120_sp/
2. Nikfar S, Kharabaf S. International Labor Organization (ILO). Encycl Toxicol Third Ed. 2014;(April):1075–6.
3. Tolosa-Guzman I. Riesgos biomecánicos asociados al desorden músculo esquelético en pacientes del régimen contributivo que consultan a un centro ambulatorio en Madrid, Cundinamarca, Colombia. Rev Ciencias la Salud [Internet]. 2015;13(1):25–38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/562/56238624003.pdf>
4. Aristizabal, Juan Médico Esp S.O MAS. La enfermedad laboral en Colombia. FASECOLDA [Internet]. 2013;1(Análisis FASECOLDA):48. Disponible en: www.fasecolda.com
5. EU-OSHA. Trastornos musculoesqueléticos [Internet]. EU OSHA. 2020. p. 10. Disponible en: osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders
6. J L Smith, ingeneering D of industrial, university texas tech, lubbock, USA T 79409-3061. physical work capacity (PWC). En: CRC Press Taylor & Francis Group. Retrieved from, editor. International encyclopedia of ergonomics and human factors [Internet]. Boca Raton, Florida, USA; 2006. p. 464,465. Disponible en: <http://choicereviews.org/review/10.5860/CHOICE.39-4939>.
7. Murrel K. Man in his working environment. Ltd. UK. C and H, editor. London: 1965; 1965. 496 p.
8. Organización Internacional del Trabajo. Lista de comprobación ergonómica: soluciones prácticas y de sencilla aplicación para mejorar la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo [Internet]. 2000a ed. Oficina Internacional del trabajo; Organización Internacional de ergonomía, editor. OIT. Madrid; España: Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo; 2000. 275 p. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=ZYIBDofa69YC&pgis=1>
9. OIT en colaboración con la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA). Puntos de control ergonómicos: soluciones prácticas y fáciles de implementar para mejorar la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo [Internet]. 01 de julio de 2010. 2010. p. 1. Disponible en: https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/publications/WCMS_178593/lang--en/index.htm
10. Rodríguez Y, Viña S, Montero R. ERIN: A practical tool for assessing work-related musculoskeletal disorders. Occup Ergon. 2013;11(2–3):59–73.
11. Rodríguez Ruiz Y, Heredia Rico J. Confiabilidad ínter-observador del método de Evaluación de Riesgo Individual. Hacia promoció salud. 2013;18(1):41–56.
12. Rodríguez Ruíz Y. ERIN: Evaluación del Riesgo Individual [Internet]. Vol. 1. 2011. p. 1. Disponible en: [https://upbeduco.sharepoint.com/sites/ErgonomaySST/Materiales por temas/3. Tema 3 Factores de riesgo DMEs. Método ERIN/HojaDeCampoERINEspañol.pdf](https://upbeduco.sharepoint.com/sites/ErgonomaySST/Materiales%20por%20temas/3.%20Tema%203%20Factores%20de%20riesgo%20DMEs.%20Método%20ERIN/HojaDeCampoERINEspañol.pdf)
13. Comité técnico AEN/CTN 81 Prevención y, Desempeña M de PP y C en el T cuya S, AENOR-INSHT. ISO 8996: 2004 Ergonomía del ambiente térmico - Determinación de la tasa metabólica. En: 2004-10 [Internet]. 2004a ed. Junio 2005; 2004. p. 7,8,9,10, 11, 22,23. Disponible en: www.iso.org/standard/34251.html
14. S Chatterjee, P Chatterjee, PS MUKherjee AB. Chatterjee - 2004 - Validity of Queen's College step test for use with ES.pdf. 2003;4.
15. Adris Freivalds; Benjamin W Niebel; Ingenieria Industrial Metodos, estándares y diseño de trabajo [Internet]. Duodécima. Ángel, Toledo Castellanos; Director Higher Education: Miguel Del BA editorial: RAC editorial:



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

MIRM, Roig VE sponsor: PE, Delgado RE de desarrollo: AL, García GS de producción: Z, Murrieta TCRCPEM, editores. Mexico; 2009: DERECHOS RESERVADOS © 2009 respecto a la primera edición en español por: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.; 2009. 586 p. Disponible en: www.mundoindustrial.net

16. Yaniel Torres; Yordán Rodríguez. Surgimiento y evolución de la ergonomía como disciplina : reflexiones sobre la escuela de los factores humanos y la escuela de la ergonomía de la actividad Emergence and evolution of ergonomics as a discipline : reflections on the school dos fatores human. Rev Fac Nac Salud Pública -DOI <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e342868>. 2021;1:1–9.
17. Pérez E, Rodríguez Y, Salazar MC, Alejandra M, Elizabeth P. Human Factors Improving Working Conditions Using the Ergonomic Checkpoints Tool : Application in a Colombian Meat Processing Plant Improving Working Conditions Using the Ergonomic Checkpoints Tool : Application in a Colombian Meat Processing Plant. IISE Trans Occup Ergon Hum Factors [Internet]. 2021;0(0):1–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/24725838.2021.1962622>
18. TRABAJO M DEL. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo DECRETO NÚMERO 1072 DE 2015 (26 may 2015). Colombia; 2017 p. 351.

11. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado prueba escalón

Anexo 2 Hoja de campo ERIN puesto 1 y 3

Anexo 3 Hoja de campo ERIN puesto 2 y 4



Anexo 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Análisis ergonómico de las condiciones de trabajo del área de subensamble de llantas de una empresa ensambladora de motocicletas fundamentado en criterios biomecánicos y fisiológicos.

Usted ha sido invitado(a) a participar en un ejercicio académico para proyecto de grado de la especialización de Ergonomía Cohorte VI de la Universidad de Antioquia, conducida por el profesor y las estudiantes: Nadia Herrera y Diana Cristina Cuéllar, con la asesoría de la profesora Elizabeth Pérez Mergarejo.

¿Por qué se realiza este estudio?

La ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los humanos y otros elementos del sistema, y a la vez la profesión que aplica teorías, principios, datos y métodos al diseño con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el desempeño del sistema global. Los ergónomos contribuyen al diseño y la evaluación de tareas, trabajos, productos, ambientes y sistemas con el objetivo de hacerlos compatibles a las necesidades, habilidades y limitaciones de las personas.

Dentro de estos métodos encontramos la aplicación de la ISO 8996:2004 para establecer el gasto energético y así para realizar una comparación de la capacidad de trabajo físico del individuo y la energía que requerirá para desempeñar una tarea determinada o asumir una carga de trabajo

Para calcular la capacidad de trabajo físico del individuo se requiere realizar el ejercicio de la prueba del escalón el cual es un método indirecto para determinar la capacidad de trabajo físico mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}). Esta prueba submáxima se basa en la aplicación de una carga física en un banco de 40 cm de alto, a un ritmo de subida y bajada específicos y con el control de frecuencia cardiaca como indicador de esfuerzo.

¿Por qué está invitado a participar?

El área de trabajo de la montadora de llantas fue el seleccionado para realizar el ejercicio académico, y se requiere información del personal que realiza estas actividades, en este caso la capacidad de trabajo físico individual.

¿En qué consiste la participación?

El participante realizará las siguientes acciones:

1. la estudiante prepara el reloj o cronómetro para la prueba: 3 minutos tanto para los varones como para las mujeres. A los 3 minutos finaliza la prueba.
2. la estudiante activar el metrónomo: para los hombres se fija a 96 latidos/minuto (BPM: pulsaciones/min) y para las mujeres en 88 latidos/minuto. Cada vez que el metrónomo suene se deberá dar un paso.
3. El participante comienza la prueba. Durante el tiempo que toma la prueba (3 minutos), se sube y baja el escalón a un ritmo de 24 (hombres) y 22 (mujeres) veces por minuto.
4. Cuando se completan los 3 minutos de la prueba, el participante permanece de pie durante 5 segundos e inmediatamente después se toma el pulso durante 15 segundos. El participante debe estar en posición sentado.
5. El número de latidos palpados durante estos 15 segundos se multiplican por 4, para obtener las pulsaciones por minuto. Dicho valor resultante, se conoce como la Frecuencia Cardiaca de Recuperación (FC rec).



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2021.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

6. Estimar el consumo máximo de oxígeno mediante las ecuaciones de regresión lineal correspondientes, el cual se corresponde con la capacidad máxima de trabajado físico, ese cálculo lo realiza la estudiante que aplica la prueba.

¿Tendrá algún costo?

La participación en este estudio no representa ningún costo para usted, más allá del tiempo que invierta en la realización del ejercicio el cual es máximo 5 minutos.

Beneficios o compensación.

Por su participación en este estudio usted no obtendrá ningún beneficio directo de tipo material o económico. Tampoco, su participación implica un vínculo contractual de ningún tipo con los estudiantes o con la Universidad de Antioquia.

Recomendaciones para el ejercicio.

- Realizar la prueba en calzado y ropa cómodos.
- No tener ningún problema en las extremidades inferiores, especialmente en las rodillas.
- No padecer de ninguna enfermedad cardiovascular.
- Realizar un breve calentamiento antes de comenzar la prueba.
- En caso de sentir alguna molestia o malestar durante la realización de la prueba, debe detenerse de inmediato e informar al estudiante a cargo.

Consideraciones éticas:

De acuerdo a la resolución número 8430 de 1993 del Ministerio de salud de Colombia. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, establecidos en los artículos 5, 6 y 11 de la presente resolución:

Durante la recolección de la información para este trabajo, se aseguró que los trabajadores que participaron tuvieran conocimiento del objetivo y alcance de la evaluación realizada. Para la toma de los registros fotográficos y videos, la participación de las personas fue de manera voluntaria y se les explicó claro y preciso el uso que se le daría a dicho material.

Declaración de consentimiento informado

“Declaro que he leído y entiendo la información suministrada en este formato de consentimiento. Todas mis inquietudes relacionadas con el proyecto y mi participación en él han sido adecuadamente contestadas. Declaro que decido libre y voluntariamente participar en el estudio. Entiendo que recibiré una copia firmada de este formato de consentimiento informado”.

Participante:

Nombres y apellidos: William Alberto Garcés

Ciudad y fecha: Itagüí, Antioquia 02/12/2021

Anexo 2.

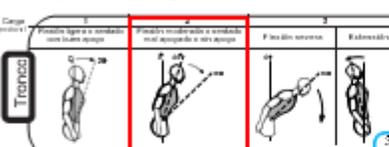
ERIN: Evaluación del Riesgo Individual

Considere los pasos 1, 2 y 3 para las variables Tronco, Brazo, Muñeca y Cuello; para las variables Ritmo, Esfuerzo y Autovaloración el paso 4.

Pasos:

1. Observe al trabajador y seleccione la postura crítica para la región del cuerpo evaluada (así como con las figuras y el texto).
2. Adicione el ajuste de base que corresponda para obtener la Carga postural.
3. Determine el riesgo por variable dado por la interacción entre la Carga postural y el movimiento de la región del cuerpo; asílo en la casilla correspondiente.
4. Determine el valor de riesgo para las variables Ritmo, Esfuerzo y Autovaloración según se indica en cada tabla; asílo en la casilla correspondiente.
5. Sumo los valores de riesgo para obtener el **Riesgo Total**.
6. Determine el **Nivel de Riesgo** correspondiente.

Tronco



3

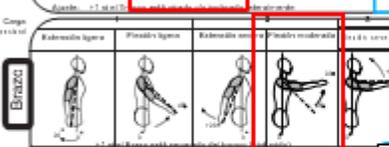
Movimiento del Tronco

Carga postural	Abilado más de un minuto	Poco frecuente (1-10 veces/día)	Frecuente (10-15 veces/día)	Muy frecuente (más de 15 veces/día)
1	1	1	2	3
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	4	5	6	7
5	5	6	7	8

Izquierda Derecha

3

Brazo



4

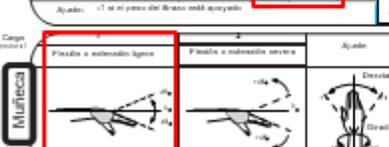
Movimiento del Brazo

Carga postural	Abilado más de un minuto	Poco frecuente (1-10 veces/día)	Frecuente (10-15 veces/día)	Muy frecuente (más de 15 veces/día)
1	1	1	2	3
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	4	5	6	7
5	5	6	7	8

Izquierda Derecha

4

Muñeca



2

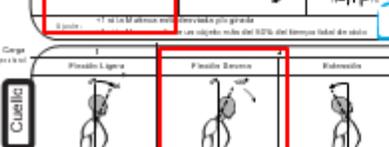
Movimiento de la Muñeca

Carga postural	Poco frecuente (1-10 veces/día)	Frecuente (10-15 veces/día)	Muy frecuente (más de 15 veces/día)
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5
4	4	5	6

Izquierda Derecha

4

Cuello



3

Movimiento del Cuello

Carga postural	Póstrica más de un minuto	Algunas veces	Con frecuencia
1	1	1	2
2	2	2	3
3	3	3	4

7

Niveles de riesgo

Riesgo total	Nivel de riesgo	Acción recomendada
6-14	Bajo	No es necesario cambio
15-24	Medio	Se requiere investigar a fondo, se permite realizar cambios
25-34	Alto	Se requiere realizar cambios en un breve período de tiempo
≥ 35	Muy Alto	Se requiere de cambios inmediatos

Empresa: Industrias Mosa

Puesto de trabajo: Puesto de trabajo 1-3

Tarea: Montaje de ring

Trabajador: _____

Fecha: _____

VELOCIDAD DE TRABAJO

Horas de trabajo (horas)	Muy lenta (menor de 10 veces/día)	Lenta (10-15 veces/día)	Normal (16-20 veces/día)	Rápida (21-25 veces/día)	Muy Rápida (más de 25 veces/día)
0-1 h	1	1	1	4	5
2-4 h	1	2	2	5	6
4-8 h	2	3	3	6	7
8-12 h	2	4	4	7	8

5

ESFUERZO

Clasificación	Peso de carga	Esfuerzos percibidos	Frecuencia	Riesgo
Liviano	0-10 kg	1-2	1-10 veces/día	1
Bajo Pondero	10-20 kg	3-4	1-10 veces/día	2
Medio	20-30 kg	5-6	1-10 veces/día	3
Alto Pondero	30-40 kg	7-8	1-10 veces/día	4
Cualquiera	40-50 kg	9-10	1-10 veces/día	5

2

Autovaloración

Descripción	Riesgo
Nada motivado	1
Un poco motivado	2
Muy motivado	3
Extremadamente motivado	4

0

Riesgo Total

= 25

25

Prof. **Yolanda Edgardo Ruiz, PhD.**
 yruiz@ergoyes.com

Anexo 3.



ERIN: Evaluación del Riesgo Individual

Considere los pasos 1, 2 y 3 para las variables Tronco, Brazo, Muñeca y Cuello; para las variables Ritmo, Esfuerzo y Autovaloración el paso 4.

- Pasos:**
1. Observe al trabajador y seleccione la postura crítica para la región del cuerpo evaluada (Auxiliarse con las figuras y el texto).
 2. Adicione el ajuste en caso que corresponda para obtener la Carga postural.
 3. Determine el riesgo por variable dado por la interacción entre la Carga postural y el movimiento de la región del cuerpo; anótelos en la casilla correspondiente.
 4. Determine el valor de riesgo para las variables Ritmo, Esfuerzo y Autovaloración según se indica en cada tabla; anótelos en la casilla correspondiente.
 5. Sume los valores de riesgo para obtener el **Riesgo Total**.
 6. Determine el **Nivel de Riesgo** correspondiente.

Tronco

Carga postural	1 Flexión ligera o sentado con buen apoyo	2 Flexión moderada o sentado mal apoyado o sin apoyo	3 Flexión severa	Extensión
1	1	1	2	3
2	3	2	4	5
3	8	3	6	7
4	9	4	8	9

Movimiento del Tronco

Carga postural	Estático más de un minuto	Poco frecuente < 5 veces/min	Frecuente 6-10 veces/min	Muy frecuente > 10 veces/min
1	1	1	2	3
2	3	2	4	5
3	8	3	6	7
4	9	4	8	9

Ajuste: +1 si el Tronco está girado y/o inclinado lateralmente.

6

Brazo

Carga postural	1 Extensión ligera	2 Flexión ligera	3 Extensión severa	4 Flexión moderada	5 Flexión severa
1	1	1	2	2	3
2	4	2	5	5	7
3	5	3	6	6	8
4	9	4	9	9	9

Movimiento del Brazo

Carga postural	Estático más de un minuto	Poco frecuente (movimientos intermitentes)	Frecuente (movimientos regulares con pausas)	Muy frecuente (casi un movimiento continuo)
1	1	1	2	3
2	4	2	5	7
3	5	3	6	8
4	9	4	9	9

Ajuste: +1 si el Brazo está apoyado del tronco (abducción) -1 si el peso del Brazo está apoyado

3

Muñeca

Carga postural	1 Flexión o extensión ligera	2 Flexión o extensión severa	Ajuste
1	1	2	3
2	2	4	5
3	3	5	6
4	4	6	6

Movimiento de la Muñeca

Carga postural	Poco frecuente < 10 veces/min	Frecuente 11-20 veces/min	Muy frecuente > 20 veces/min
1	1	2	3
2	2	4	5
3	3	5	6
4	4	6	6

Ajuste: +1 si la Muñeca está desviada y/o girada +1 si la Mano sostiene un objeto más del 50% del tiempo total de ciclo

6

Cuello

Carga postural	1 Flexión Ligera	2 Flexión Severa	3 Extensión
1	1	1	2
2	4	2	6
3	7	3	7

Movimiento del Cuello

Carga postural	Estático más de un minuto	Algunas Veces	Constantemente
1	1	1	2
2	4	2	6
3	7	3	7

Ajuste: +1 si el Cuello está girado y/o inclinado lateralmente

6

Niveles de Riesgo		
Riesgo Total	Nivel de riesgo	Acción recomendada
6-14	Bajo	No son necesarios cambios
15-24	Medio	Se requiere investigar a fondo, es posible realizar cambios
25-34	Alto	Se requiere realizar cambios en un breve período de tiempo
> 35	Muy Alto	Se requiere de cambios inmediatos

Empresa: _____
 Puesto de trabajo: _____
 Tarea: _____
 Trabajador: _____
 Fecha: _____

Ritmo

Duración efectiva de la tarea en (horas)	Velocidad de trabajo			
	Muy lento (ritmo muy relajado)	Lento (tomándose su tiempo)	Normal (velocidad normal de movimiento)	Muy Rápido (difícil o imposible de soportar)
< 2 h	1	1	1	5
2-4 h	1	2	2	6
4-8 h	2	3	3	7
> 8 h	2	4	5	7

7

Esfuerzo

Clasificación	Escala de Borg	Esfuerzo percibido	Frecuencia	
			< 5 esfuerzos/min	> 10 esfuerzos/min
Liviano	0-2	Relajado (esfuerzo poco notorio)	1	2
Algo Pesado	3	Esfuerzo claro-perceptible	1	2
Pesado	4-5	Esfuerzo evidente-expresión facial sin cambios	3	7
Muy Pesado	6-7	Esfuerzo sustancial-cambios en la expresión facial	6	8
Casi Máximo	8-10	Uso de hombros y tronco para hacer esfuerzos	7	9

7

Autovaloración

Descripción	Riesgo
Nada estresante	0
Un poco estresante	1
Muy estresante	2
Excesivamente estresante	3

1

Riesgo Total = 36

Prof. Yordán Rodríguez Ruiz, PhD. ergucuba@gmail.com