

**REDISEÑO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EN LA LÍNEA  
METALMECÁNICA DE LA ELABORACIÓN Y ENSAMBLE DEL CUERPO  
DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE LA EMPRESA "INDUSTRIAS  
ELECTROMAGNÉTICAS MAGNETRON S.A" PLANTA 2 PARA  
MEJORAR LAS CONDICIONES DE LOS TRABAJADORES Y  
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD.**



Universidad  
Tecnológica  
de Pereira

**JUAN CAMILO OREJARENA ACEVEDO  
FELIPE AGUSTÍN LONDOÑO BOTERO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2017**

**REDISEÑO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EN LA LÍNEA  
METALMECÁNICA DE LA ELABORACIÓN Y ENSAMBLE DEL CUERPO  
DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE LA EMPRESA "INDUSTRIAS  
ELECTROMAGNÉTICAS MAGNETRON S.A" PLANTA 2 PARA  
MEJORAR LAS CONDICIONES DE LOS TRABAJADORES Y  
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD.**

**JUAN CAMILO OREJARENA ACEVEDO  
FELIPE AGUSTÍN LONDOÑO BOTERO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Industrial

**Director  
M.Sc. Jorge Hernán Restrepo Correa**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

FIRMA DIRECTOR

---

FIRMA JURADO

---

FIRMA JURADO

Pereira, 02 de Junio de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos enormemente al profesor Jorge Hernán Restrepo Correa quien fue nuestro tutor, profesor, ayudante y amigo, quien nos brindó su paciencia y dedicación para la elaboración de este trabajo.

Agradecemos a nuestras familias por brindarnos la oportunidad de estudiar y de acompañarnos en todo el proceso.

Agradecemos a la empresa "Industrias Electromagnéticas Magnetron S.A" por abrirnos sus puertas y permitirnos realizar nuestro trabajo allí, por brindarnos su confianza y su entera disposición a nuestra presencia.

A la Universidad Tecnológica de Pereira quien nos brindó durante toda la carrera, las herramientas y la metodología adecuada para realizar este estudio de la mejor manera.

## **DEDICATORIA**

Para Jorge Hernán, por supuesto.

**Anónimo**

## CONTENIDO

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.4. DELIMITACIÓN	17
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	19
3.1. OBJETIVO GENERAL	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3.3. HIPÓTESIS	19
3.3.1. Hipótesis de Primer Grado	19
3.3.2. Hipótesis de Segundo Grado	19
4. MARCO DE REFERENCIA	21
4.1. ANTECEDENTES	21
4.2. MARCO TEÓRICO	26
4.3. MARCO CONCEPTUAL	35
4.4. MARCO ESPACIAL	36
4.5. MARCO TEMPORAL	36
5. METODOLOGÍA	37
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
5.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.3. MÉTODO DE TRABAJO	38
5.3.1. Método REBA:	38
5.4. PLAN DE ANÁLISIS	53

5.4.1.	Recolección de la información	53
5.4.2.	Instrumento de recolección	56
5.4.2.1.	Tabla REBA actual:	56
5.4.2.2.	Tabla REBA después de la aplicación de propuestas	59
5.4.3.	Tabulación y Análisis de datos	63
5.4.3.1.	Análisis REBA para el estado actual:	63
5.4.3.2.	Análisis REBA después de aplicarse las propuestas:	64
6.	DIAGNOSTICO	65
6.1.	Planos de la planta	65
6.2.	Estación N°1: Armado piezas	65
6.3.	Estación N°2: Armado del tanque	66
6.4.	Estación N°3: Soldadura	66
6.5.	Estación N°4: Terminado	66
6.6.	Problemas ergonómicos de los puestos.	67
7.	PROPUESTAS	67
7.1.	Mesa de soporte:	68
7.2.	Mesa elevadora móvil de doble tijera.	72
7.3.	Escalera móvil:	73
7.4.	Estabilizador de carga – Tipo SteadyCam – Movi-Freefly	74
8.	EJECUCIÓN	80
8.1.	REDISEÑO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO	80
8.1.1.	Área de armado de accesorios	80
8.1.2.	Armado de tanque	81
8.1.3.	Soldadura	83
8.1.4.	Área de terminado y pulido	84
8.1.5.	Vista superior línea de producción	85
9.	CONCLUSIONES	85
10.	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	89





## **Lista de Ilustraciones:**

Ilustración 1. Movimiento del brazo	39
Ilustración 2. Grupos Partes	39
Ilustración 3. Inclinación Tronco	42
Ilustración 4. Rotación o inclinación del tronco.	42
Ilustración 5. Inclinación del cuello.	43
Ilustración 6. Inclinación o rotación lateral de la cabeza.	43
Ilustración 7. Posición de las piernas.	44
Ilustración 8. Flexión de las piernas.	45
Ilustración 9. Flexión brazo.	46
Ilustración 10. Soporte del brazo.	46
Ilustración 11. Posición del antebrazo.	47
Ilustración 12. Posición de la muñeca.	48
Ilustración 13. Flexión de la muñeca.	48
Ilustración 14. Vista superior de la planta actual (Realizada en VISIO)	65
Ilustración 15. Diseño Mesa de soporte.	69
Ilustración 16. Vista Superior Mesa de soporte	70
Ilustración 17. Vista Lateral 1 Mesa de Soporte	71
Ilustración 18. Vista Lateral 2 Mesa de Soporte	71
Ilustración 19. Vista Mesa de Soporte Interna	71
Ilustración 20. Vista Lateral Mesa de Soporte Interna	72
Ilustración 21. Mesa Elevadora móvil de Doble Tijera.	73
Ilustración 22. Escalera Plataforma 2 Escalones.	74
Ilustración 23. Partes SteadyCam	75
Ilustración 24. SteadyCam Profesional	76
Ilustración 25. MōVI PRO	77
Ilustración 26. MōVI M5	77
Ilustración 27. Diseño SteadyTrafo (AutoCad)	79
Ilustración 28. Vista SteadyTrafo (AutoCad)	79
Ilustración 29. Vista Lateral SteadyTrafo (AutoCad)	80
Ilustración 31. Plano Estación 1- Armado de Accesorios	81
Ilustración 32. Armado del Tanque – Estación N°2	82
Ilustración 33. Soldadura – Estación N°3	84
Ilustración 34. Terminado y Pulido – Estación N°4.	84
Ilustración 35. Vista general planta.	85

## Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los movimientos.	33
Tabla 2. Posición y puntuación del tronco.	41
Tabla 3. Puntuación rotación o inclinación del tronco.	42
Tabla 4. Posición y puntuación del cuello.	43
Tabla 5. Posición y puntuación del cuello.	43
Tabla 6. Posición y puntuación de las piernas.	44
Tabla 7. Puntuación Flexión piernas.	44
Tabla 8. Posición y puntuación del brazo.	46
Tabla 9. Puntuación soporte del brazo.	47
Tabla 10. Puntuación posición del antebrazo.	47
Tabla 11. Puntuación posición de la muñeca.	48
Tabla 12. Puntuación flexión de la muñeca.	48
Tabla 13. Puntuación grupo A.	49
Tabla 14. Puntuación grupo B.	49
Tabla 15. Puntuación al incrementar la carga.	50
Tabla 16. Fuerza aplicada a la carga.	50
Tabla 17. Calidad del agarre.	50
Tabla 18. Ejemplos para clasificar el agarre.	51
Tabla 19. Puntuación C.	51
Tabla 20. Puntuación final.	52
Tabla 21. Niveles de actuación.	52
Tabla 22. Hoja de campo.	56
Tabla 23. Tabla REBA tronco y piernas actual.	57
Tabla 24. Tabla REBA brazo izquierdo actual.	58
Tabla 25. Tabla REBA brazo derecho actual.	59
Tabla 26. Tabla REBA tronco y piernas después.	60
Tabla 27. Tabla REBA brazo izquierdo después.	61
Tabla 28. Tabla REBA brazo derecho después.	62
Tabla 29. Análisis REBA actual.	63
Tabla 30. Análisis REBA después de la intervención.	64
Tabla 31. Especificaciones mesa de soporte.	68
Tabla 32. Especificaciones Mesa Elevadora	73
Tabla 33. Especificaciones Escalera Móvil.	74

## **Anexos**

Anexo 1. Fotos Estación Armado:	91
Anexo 2 .Fotos Estación Armado tanque:	92
Anexo 3. Fotos estación Soldadura:	93
Anexo 4. Fotos Estación Terminado:	94

## RESUMEN

Un buen diseño de un puesto de trabajo está basado en los principios fundamentales de ergonomía, los cuales aplicados correctamente mejoran sustancialmente la calidad de vida del empleado, evitando problemas físicos, ambientales y psicológicos que pueden afectar el buen desempeño de su labor dentro de la compañía. Este estudio pretende identificar los problemas que se presentan en los puestos de trabajo para así proponer soluciones que ayuden al mejoramiento cada puesto. Para ello se requiere de un análisis actual de cada puesto de trabajo con el fin de identificar sus falencias.

La aplicación de estos principios permite evaluar a través de métodos ergonómicos, al buscar comprender e identificar los procesos que se presentan y poder hacer una retroalimentación o ajustes a lo largo del proceso de diseño.

La línea metalmecánica de producción de tanques de transformadores de potencia "INDUSTRIAS ELECTROMAGNETICAS MAGNETRON S.A". Se prestó para un estudio ergonómico del rediseño de sus puestos de trabajo, el cual consistió en analizar y evaluar cada puesto a través de un método de indicador de riesgo, con el fin de generar un diagnóstico basado en la identificación de los niveles de riesgo y su nivel de actuación. A partir de los resultados obtenidos se elabora una propuesta de rediseño que genere un impacto positivo en la compañía.

El método aplicado en este estudio es el Raid Entire Body Assessment (REBA) el cual valora el grado de exposición del trabajador al riesgo por la adopción de posturas inadecuadas considerando factores como las fuerzas ejercidas y la repetitividad.

Palabras claves: Ergonomía, REBA, puesto de trabajo, nivel de riesgo, nivel de actuación.

## **ABSTRACT**

A good job design is based on the fundamental principles of ergonomics, which applied correctly improve substantially the quality of life of the employee, avoiding physical, environmental and psychological problems that can affect the good performance of their work within the company . This study aims to identify the problems that arise in the work positions so as to propose solutions that help the improvement of each position. This requires a current analysis of each job in order to identify their shortcomings.

The application of these principles allows to evaluate through ergonomic methods, when seeking to understand and identify the processes that are presented and to be able to make a feedback or adjustments throughout the design process.

The metalmechanical line of production of tanks of power transformers "INDUSTRIAS ELECTROMAGNETICAS MAGNETRON S.A". He lent himself to an ergonomic study of the redesign of his jobs, which consisted of analyzing and evaluating each position through a risk indicator method, in order to generate a diagnosis based on the identification of risk levels and their level of performance. Based on the results obtained, a redesign proposal is generated that generates a positive impact on the company.

The method applied in this study is the Raid Entire Body Assessment (REBA) which assesses the worker's degree of exposure to risk by adopting inappropriate postures considering factors such as the forces exerted and the repetitiveness.

Key words: Ergonomics, REBA, workplace, level of risk, level of performance.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día son muy evidentes las consecuencias negativas que producen un puesto de trabajo mal diseñado, tanto para la salud del trabajador, como para la propia productividad de la empresa.

La productividad de una compañía se entiende como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados, relacionándose directamente con el desempeño de los trabajadores. Es fundamental que las condiciones de trabajo de los operarios y de los empleados en general sean óptimas para el desarrollo de sus tareas y así puedan cumplir con las metas propuestas por la empresa, lo cual conlleva a la generación de utilidades que es el fin de toda compañía con ánimo de lucro.

Un diseño adecuado de un puesto de trabajo genera un impacto positivo en el desempeño del trabajador, tanto para factores productivos como para el bienestar del trabajador, este se logra teniendo en cuenta aspectos ergonómicos y tecnológicos los cuales deben permanecer siempre bajo la filosofía de mejora continua. Cuando el diseño del puesto de trabajo no se realiza de manera adecuada se ve afectada directamente la productividad de la empresa, no siendo óptimo el desempeño del operario dentro de la línea de producción.

Al intervenir un puesto de trabajo se debe tener en cuenta los principios de ergonomía los cuales buscan reducir al mínimo el esfuerzo empleado para la ejecución de tareas, y algún indicador que refiera que la tarea se hace con sobre esfuerzos y perjudique al operario a la hora de realizarla. Para este estudio se utilizó el indicador REBA, (Raid Entire Body Assessment, por sus siglas en ingles), es un método de análisis postural especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura, como consecuencia normalmente de la manipulación de cargas inestables o impredecibles. Su aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a una postura, principalmente de tipo músculo-esquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

En la actualidad la ergonomía no solo busca propiciar un ambiente laboral más sano y seguro, creando condiciones de trabajo, sino también adaptar las existentes limitaciones humanas para que el trabajador se desempeñe de manera efectiva.

Las empresas hoy en día, no le han prestado la atención suficiente al diseño de los puestos de trabajo, lo cual afecta el mal uso de las herramientas o dispositivos, provocando enfermedades en el sistema ósea y muscular de los operarios, pero, no solamente ocasiona efectos físicos sino que también influye en el contenido del trabajo, es decir, en la parte mental ocasionando enfermedades psicológicas como el estrés, la fatiga y la ansiedad; este tipo de consecuencias ocurren por el afán de generar más productividad sin tener en cuenta la calidad de vida del operario en su entorno, es por esto que la ergonomía permite identificar factores de riesgo en cada puesto de trabajo, a través de métodos de valoración, proponiendo soluciones efectivas a los empleados, brindándoles mejor eficiencia y confort en su entorno laboral.

Al efectuar un análisis de los diferentes puesto de trabajo en un proceso productivo, se realiza una evaluación de las condiciones laborales, que permite comprender como se desempeña el operario en su entorno y como resultado, se realiza un diagnóstico y propuesta de modificación que mejor se adapte a las tareas a realizar, en función de las características de los empleados involucrados en el proceso. Lo cual constituye una reducción en los peligros a los que se exponen, siendo a corto o a largo plazo, proponiéndoles un entorno idóneo.

# **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la empresa "Industrias Electromagnéticas Magnetron S.A", el actual diseño de los puestos de trabajo para la línea de ensamble de los transformadores trifásicos no es óptimo generando condiciones no favorables para los operarios. Cada puesto de trabajo cuenta con un solo trabajador por jornada. Éstos se someten a altas temperaturas en los procesos de soldadura y a altos esfuerzos físicos durante la manipulación del producto y la herramienta empleada. Debido a estas condiciones prolongadas, los trabajadores se exponen a enfermedades laborales y a disminuir su capacidad productiva, lo cual no es conveniente para las utilidades e imagen de la empresa. Con un adecuado rediseño de los puestos de trabajo, se mejorarían las condiciones anteriormente mencionadas basándose en los principios de ergonomía.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el diseño óptimo de los puestos de trabajo basado en los principios de economía de movimientos para mejorar la productividad en la línea de ensamble del cuerpo de los transformadores de la empresa "Industrias Electromagnéticas Magnetron S.A.S"?

## **1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cómo se llevan a cabo las tareas en cada uno de los puestos de trabajo?
- ¿Qué indicador es factible para ser usado en la medición de riesgo de las estaciones de trabajo?
- ¿Qué teoría se maneja para el diseño actual de los puestos de trabajo?
- ¿Cómo perciben los trabajadores las condiciones de trabajo?



- ¿A qué riesgos físicos están expuestos los trabajadores con las condiciones actuales?

#### **1.4. DELIMITACIÓN**

El estudio será realizado con el fin de elaborar un diagnóstico sobre la situación actual de los puestos de trabajo de la línea de ensamble del cuerpo del transformador trifásico que nos permita realizar una propuesta que mejore la productividad, la calidad de la producción, accidentes laborales, ausentismos, enfermedades y riesgos laborales.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

En la empresa "Industrias Electromagnéticas Magnetron S.A" se puede observar que en la línea de ensamble no se aplican los fundamentos teóricos de diseño de puestos de trabajo. La falta de estos estudios impiden la mejora continua en la productividad y a largo plazo puede generar enfermedades laborales que pueden ser muy costosas tanto para la compañía como para el mismo trabajador, afectando su moral y viéndose reflejado en el mal desempeño dentro la compañía. Por lo tanto se pretende rediseñar los puestos de trabajo basándose en los principios de ergonomía. Este rediseño en un principio puede verse como un costo a la compañía, pero que a largo plazo se convierte en una inversión.

El buen rediseño de los puestos de trabajo implica un mejor rendimiento en la línea productiva y en una reducción de costos en seguridad y salud en el trabajo.

Para garantizar resultados prácticos de la propuesta investigativa, la población de estudio serán las 4 celdas de trabajo en las cuales trabaja un operario por jornada para lograr abarcar en su totalidad los defectos ergonómicos del puesto de trabajo.

Por último, el presente proyecto investigativo es realizado como requisito de los autores para optar al título de Ingeniero Industrial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar los puestos de trabajo en la línea metalmecánica de la elaboración y ensamble del cuerpo de los transformadores de la empresa "Industrias Electromagnéticas Magnetron S.A" para mejorar las condiciones de los trabajadores y aumentar la productividad.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el proceso de cada puesto de trabajo en la línea de producción en el área de ensamble del cuerpo del transformador para la recopilación de datos necesarios para la investigación.
- Documentar la información respecto al uso del cuerpo, al manejo del puesto de trabajo y al diseño de herramientas y equipos.
- Comparar la metodología actual empleada por la empresa según un indicador de riesgo.
- Aplicar las teorías de diseño de puestos de trabajo.
- Evaluar las mejoras propuestas que se deberían implementar a través de este estudio.

#### **3.3. HIPÓTESIS**

##### **3.3.1. Hipótesis de Primer Grado**

- El correcto diseño de los puestos del trabajo propicia mejores condiciones laborales para los operarios.
- La productividad de una empresa se ve afectada por las condiciones y la salud de los trabajadores.

##### **3.3.2. Hipótesis de Segundo Grado**

- Un buen diseño de puestos de trabajo basado en los principios de economía de movimientos mejora las condiciones laborales de los trabajadores y su entorno, evitando el deterioro de su capacidad productiva.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. ANTECEDENTES

En los últimos años se han realizado varios estudios y análisis referentes al rediseño de puestos de trabajo en diferentes industrias y en países distintos. Podemos destacar los siguientes trabajos:

*"Buenas prácticas para el diseño ergonómico de puestos de trabajo en el sector metal. La Ergonomía o Ingeniería de los Factores Humanos tal como se le conoce en Norteamérica, es una ciencia aplicada que tiene por objeto el conocer las capacidades y limitaciones humanas, para poder aplicarlas en la mejora de la interacción de las personas con los productos, los sistemas o los entornos que nos rodean".<sup>2</sup>*

La propia Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) la define como "aquella disciplina científica que tiene como objetivo esclarecer las interacciones entre los seres humanos y demás elementos de un sistema, y la profesión que aplica principios teóricos, datos y métodos para diseñar optimizando el bienestar humano y el rendimiento global del sistema productivo".<sup>3</sup>

El estudio de la ergonomía tiene como centro de atención al cuerpo humano, independientemente del entorno donde esté desarrollando alguna actividad. Esta ciencia no se enfoca únicamente en el diseño de puestos de trabajo, sino que también se aplica en diferentes áreas del conocimiento, como lo son la medicina, la psicología, seguridad, social y de diseño. También puede ser usada para ámbitos de investigación y desarrollo.

---

<sup>2</sup> SINERCO. (2010). Buenas prácticas para el diseño ergonómico de puestos de trabajo en el sector metal. Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente MCA-UGT. Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente MCA-UGT, Madrid.

<sup>3</sup> Asociación Internacional de Ergonomía (IEA). (2000). ¿QUÉ ES ERGONOMÍA? España.

Entre las investigaciones se pueden destacar efectos positivos como mejoras condiciones laborales, disminuyendo los riesgos en cuanto a salud y seguridad en el trabajo. La aplicación de principios y herramientas ergonómicas garantizan una mejora significativa y eficaz, siempre y cuando se realicen de la manera y se intervenga en un momento adecuado.

*"CARACTERIZACION Y EVALUACION DEL DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA LA POBLACION DE CONDUCTORES DE TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA – COLOMBIA*

*En muchos países del mundo, se han realizado estudios que tienen que ver con la salud y el bienestar de los conductores de automotores. En los Estados Unidos por ejemplo, el Instituto Nacional para la Salud y la Seguridad Ocupacional (NIOSH), en el año 1997, en un estudio epidemiológico concluyó que existe una evidencia muy fuerte entre el dolor de espalda y mantener posiciones estáticas prolongadas<sup>4</sup>.*

*En Colombia se han realizado pocos estudios epidemiológicos que permitan establecer relaciones de causalidad entre el esfuerzo físico y las lesiones óseo-musculares presentes en la población de transportadores de carga terrestre. Sin embargo, en los últimos años, diferentes entidades se han preocupado por desarrollar investigaciones al respecto en las que se han obtenido conclusiones relacionadas con enfoques ergonómicos.”<sup>5</sup>*

Este estudio hace parte de una investigación iniciada en el año 2003 por el Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana, Colciencias y la ARP Bolívar para evaluar el impacto de los

---

<sup>4</sup> CENTRO DE ERGONOMÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. En: Propuesta de investigación “Evaluación del impacto de los programas ergonómicos en el comportamiento de los factores de riesgo en la población trabajadora de transporte de carga y pasajeros”. Bogotá D.C., Enero 2003.

<sup>5</sup> SPINEL, G, & SEYD, H. (2004). CARACTERIZACION Y EVALUACION DEL DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA LA POBLACION DE CONDUCTORES DE TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA – COLOMBIA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Bogotá.

programas ergonómicos en el comportamiento de los factores de riesgo en la población trabajadora de transporte de carga terrestre y de pasajeros en Colombia. La presente investigación involucra el análisis de factores de riesgo ergonómicos por posturas y efectos de las jornadas de trabajo en los transportadores de carga terrestre, estos factores son: la relación entre las medidas antropométricas de los individuos con la geometría de las cabinas de los vehículos que utilizan, la fuerza que deben imprimir a los pedales y los movimientos y operaciones más comunes y repetitivas que realizan durante su labor.

Con este análisis se pretende lograr un avance significativo en el campo de estudio de factores de riesgo ergonómicos del sector de trabajadores mencionado anteriormente, en Colombia, y plantea posibles soluciones a la problemática de esfuerzo físico y posibles lesiones músculo esqueléticas temporales o permanentes que los conductores de este tipo de transporte, puedan generar durante la realización de sus operaciones diarias.

El transporte por carretera se ha asociado con la exposición de los trabajadores a una serie de riesgos entre los cuales se encuentran por ejemplo: ruido por encima de los niveles considerados permisibles, vibraciones y factores de riesgo ergonómicos por posturas, y manejo de cargas y efectos de las jornadas de trabajo<sup>6</sup>.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la posible complejidad en la implementación y el criterio de los analistas, conviene tomar los correctivos necesarios según el siguiente orden de prioridades:

1. Realizar correctivos sobre arreglos de cinturones de seguridad.
2. Cambiar posición de los radioteléfonos mal ubicados.
3. Hacer correctivos sobre las posturas de los conductores.
4. Implementar apoyabrazos en los vehículos en los que no existen, teniendo en cuenta el estándar propuesto.

---

<sup>6</sup> Ibid., p. 11.

5. Realizar los cambios pertinentes respecto a la jornada laboral de los conductores.
6. Mejorar las condiciones mecánicas de los pedales de los vehículos que sobrepasen los 249 Newtons de fuerza en algún punto de su ángulo recorrido.
7. Implementar el diseño de puesto estándar de trabajo propuesto.
8. Colocar puertas laterales izquierdas de los vehículos tipo integrado.

## ESTUDIO ERGONÓMICO EN PUESTOS DE TRABAJO DEL SECTOR DEL CALZADO<sup>7</sup>

La industria del sector del calzado es una actividad de gran importancia económica en España y, especialmente, en la Comunidad Valenciana, que está constituida por un sólido tejido industrial de pequeñas y medianas empresas. Los cambios tecnológicos que se han producido en ese sector han originado una fuerte transformación de los procesos productivos, que lo han hecho evolucionar desde una actividad marcadamente artesanal a otra altamente mecanizada.

La conveniencia de proporcionar, a ese grupo de empresas, unas herramientas eficaces para prevenir los riesgos relacionados con estos nuevos procesos productivos, ha aconsejado que Asepeyo haya emprendido este trabajo con la intención de cubrir las nuevas necesidades preventivas de todos los integrantes de las empresas asociadas, pertenecientes al sector de fabricación del calzado.

En este proyecto se ha planteado el estudio ergonómico de los puestos de trabajo tipo del sector del calzado en empresas representativas del sector en nuestra Comunidad. Las actividades principales que comprende el proyecto son las siguientes:

---

<sup>7</sup>Instituto de Biomecánica de Valencia. Estudio Ergonómico En Puestos De Trabajo Del Sector Del Calzado. Valencia.



1. Estudio de campo en empresas seleccionadas. En este estudio se analizaron las tareas y los puestos tipo, así como los equipos y la maquinaria utilizados en los mismos.
2. Evaluación de los riesgos ergonómicos de los puestos analizados en el estudio de campo, elaborando un mapa de riesgos del sector.
3. Contactos con fabricantes de maquinaria y equipos y con instaladores del sector para discutir posibles soluciones técnicas de diseño a los problemas detectados en la evaluación de riesgos ergonómicos.
4. Propuesta de recomendaciones de diseño de puestos y/o tareas para mejorar las condiciones de trabajo en aquellos puestos donde los riesgos detectados sean elevados.
5. Difusión de los resultados del estudio.  
Las recomendaciones más frecuentes planteadas en este estudio son las siguientes:
  - Modificar la altura de la superficie de trabajo: subir o bajar la altura de la superficie principal de trabajo o de elementos de alcance frecuente (estanterías, cintas transportadoras, etc.).
  - Rotaciones: cambiar de tarea, durante un período determinado de la jornada laboral, a otra que implique acciones (físicas y/o mentales) distintas que la tarea principal.
  - Reorganizar la forma de realizar el trabajo: modificar la secuencia de acciones que realiza el trabajador para optimizar la realización de la tarea ahorrando movimientos innecesarios y evitando posturas forzadas.
  - Reducir el ritmo de trabajo: bajar la velocidad de la cadena o

aumentar el ciclo de trabajo por cada unidad trabajada.

- Reducir la profundidad de trabajo: acercar los puntos clave del trabajo (puntos de depósito y recogida de material, zonas de trabajo, etc.).
- Reorganización/reubicación de los elementos del puesto: cambiar de sitio ciertos elementos del puesto para optimizar la realización de la tarea y evitar posturas forzadas y movimientos innecesarios.

## **4.2. MARCO TEÓRICO**

### **DISEÑO Y MEDICIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO.<sup>8</sup>**

El diseño y medición de los puestos de trabajo han sido tema de estudio desde el origen de la industria; investigadores como Taylor, Mayo, Gilbreth estudiaron intensamente para enfrentarse al problema de usar efectivamente los recursos humanos en las actividades industriales aunque estos autores son vistos actualmente como excesivamente mecanicista y hasta inhumanos. Los estudios realizados siempre iban en pro de hacer más humano el trabajo en las industrias, buscaban encontrar una forma más racional y menos conflictiva de organizar la producción.

Por su parte Frank Gilbreth afirmaba: “no hay despilfarro mayor de ninguna clase en el mundo que iguale el despilfarro que tiene origen en movimientos innecesarios, mal orientados e ineficaces”. Gilbreth introdujo el estudio de los movimientos que combinados con su medición dio origen al sistema más difundido de análisis del trabajo, Dijo también “con el estudio de los movimientos, la capacidad de ganar

---

<sup>8</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en <  
[http://nulan.mdp.edu.ar/1609/1/04\\_medicion\\_puestos\\_trabajo.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1609/1/04_medicion_puestos_trabajo.pdf) >

dinero del obrero se puede más que doblar. Donde quiera que se ha aplicado el estudio de los movimientos, la producción por hombre se ha duplicado. Esto significa para cada trabajador más ingresos o más tiempo libre.”

El diseño del trabajo define las tareas que constituyen un trabajo para un individuo o grupo. Un trabajo incluye varias tareas, una tarea consiste en un número de elementos, y un elemento está formado por micromovimientos. El diseño del trabajo se puede examinar desde la perspectiva de cuatro componentes; Especialización y enriquecimiento del trabajo, Componentes psicológicos, Ergonomía y métodos de trabajo, Sistemas de motivación e incentivos.

Según Adam Smith el diseño del trabajo tiene gran importancia como variable administrativa, y sugirió que una división del trabajo -también conocida como especialización del trabajo- podía ayudar en la reducción de costos del trabajo de las siguientes maneras: desarrollo de la destreza a través de un aprendizaje más rápido del empleado debido a la repetición, menos pérdida de tiempo debido a que el empleado no estaría cambiando trabajos o herramientas, desarrollo de herramientas especializadas y la reducción de la inversión debido a que cada empleado tiene solamente unas cuantas herramientas necesarias para una tarea específica, valor salarial del empleado es exactamente el necesario para la habilidad requerida en particular.

Los adultos, varones y mujeres, entran en configuraciones limitadas. Por lo tanto, el diseño del lugar de trabajo depende de los datos biomecánicos y antropométricos. Estos datos ofrecen la información básica de fuerza y medida necesarias para diseñar herramientas y el lugar de trabajo. Ambos elementos pueden hacer los trabajos fáciles, o difíciles.

El ambiente físico en que trabaja el empleado afecta su desempeño, seguridad y calidad de vida laboral. La iluminación, ruido y/o vibración, temperatura, humedad y calidad del aire son factores del ambiente de trabajo el control de la organización y el administrador de operaciones. El administrador debe enfrentarlas como controlables.

El análisis de métodos se enfoca en cómo se realiza una tarea. Ya sea que se controle una máquina, se fabriquen o ensamblen componentes, la forma en que se haga la tarea hace la diferencia en el desarrollo, seguridad y calidad. Utilizando el conocimiento de ergonomía y el análisis de métodos, los ingenieros son los encargados de asegurar que los estándares de calidad y cantidad se logren en forma eficiente y segura. El análisis de métodos y las técnicas relacionadas son útiles en los ambientes de fábricas, así como en oficinas. Las técnicas de métodos son utilizadas para analizar:

El movimiento de individuos o materiales. El análisis es llevado a cabo utilizando diagramas de flujo y gráficas de flujo con cantidades variables de detalle.

La actividad de personas y máquinas y actividad de equipo. Este análisis se lleva a cabo usando diagramas de actividad (también conocidas como diagramas hombre-máquina y diagramas de equipo)

Movimientos del cuerpo (básicamente brazos y manos). Este análisis se lleva a cabo utilizando diagramas de micro movimientos.

## **ESTUDIO ERGONÓMICO EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO.<sup>9</sup>**

La ergonomía cumple un papel fundamental en el diseño de los puestos de trabajo y es en la actualidad un tema que amerita especial atención en las empresas, principalmente de niveles directivos a operarios, donde no sólo se debe otorgar al trabajador las herramientas necesarias para el desarrollo de sus actividades, sino también analizar las condiciones en las que labora, la interacción con su maquinaria y herramienta; el entorno, abarcando factores como la temperatura, el ruido, las vibraciones, etc., sus habilidades para llevar a cabo una tarea; las posturas y movimientos que realiza; las relaciones laborales; la carga mental, así como su situación emocional y económica; entre otros (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1999).

---

<sup>9</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en < [http://iupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/11179.pdf](http://iupiter.utm.mx/~tesis_dig/11179.pdf) >

En agosto de 2000, el Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) acuerda una definición que ha sido adoptada como "oficial" por muchas entidades, instituciones y organismos de normalización:

Ergonomía (o estudio de los factores humanos) es la disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como, la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con objeto de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema..<sup>10</sup>

Para Kroemer "La ergonomía es la disciplina que estudia las características humanas para diseñar de manera apropiada el medioambiente laboral y la vida moderna. Es preciso señalar que encierra todo lo que involucre la mano del hombre como herramientas, dispositivos, equipos, máquinas y los posibles avances directos e indirectos en el medio como la seguridad, el bienestar y la capacidad laboral"<sup>11</sup>

El nacimiento de la ergonomía como disciplina científica se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial con el fin de ofrecer comodidad a los soldados en la manipulación de las máquinas de guerra y evitar los sucesos ocurridos en la Primera Guerra Mundial donde los soldados morían, y no precisamente por acción del enemigo, sino por el pésimo diseño de sus equipos de dotación que ocasionaron diversas enfermedades por la fatiga generada. Desde entonces, el diseño se ha basado también en la experimentación a partir de la ergonomía y la antropometría.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en <  
<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Generalidades/Qu%C3%A9%20es%20Ergonom%C3%ADa.pdf> >

<sup>11</sup> K.H.E. Kroemer. How to design for ease and efficiency. New York: Prentice Hall, 1994, p.2

<sup>12</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en <  
[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7917\\_ergonomia\\_sentado.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7917_ergonomia_sentado.pdf) >

## **Estudio de Movimientos<sup>13</sup>**

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir:

"El proceso" para luego llegar a lo más particular, es decir "La Operación". Por ende, pasamos ahora a estudiar al operario en su mesa de trabajo, observando sus movimientos, haciendo mucho énfasis en el análisis del modo en que aplica su esfuerzo, y el grado de fatiga provocado por su método de trabajo, factores fundamentales en la determinación de la productividad de las operaciones.

Tal como si se tratará del estudio enfocado en el proceso, es fundamental tener en cuenta las consideraciones de selección, esta vez claro está, enfocadas en la operación. Antes de iniciar el estudio detallado de un operario, es importante comprobar si la tarea es realmente necesaria y si la misma se ejecuta en la forma adecuada (en cuanto a lugar, sucesión y persona)

## **Principio de economía de movimientos<sup>14</sup>**

Hay varios principios de economía de movimientos que son resultado de la experiencia y constituyen una base excelente para idear métodos mejores en el lugar de trabajo. Frank Gilberth, fundador del estudio de movimientos, fue el primero en utilizarlos, y posteriormente fueron ampliados por otros especialistas, particularmente el profesor Barnes. Se pueden clasificar en tres grupos:

- 1- Utilización del cuerpo humano
- 2- Distribución del lugar de trabajo
- 3- Modelo de las máquina y herramientas

---

<sup>13</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en < <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/> >

<sup>14</sup>[Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en < <http://www.metodos-y-tiempos.com/economiademovimientos/index.html> >

Sirven por igual en talleres y oficinas, y, aunque no siempre es posible aplicarlos, constituyen una base excelente para mejorar la eficacia y reducir la fatiga del trabajo manual. A continuación detallamos en forma un tanto simplificada.

1- Utilización del cuerpo humano. Siempre que sea posible:

- Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
- Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
- Los movimientos de las manos y del cuerpo deben caer dentro de la clase más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo.
- Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al obrero, pero debe reducirse a un mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Los movimientos de oscilación libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados.
- El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.

2- Distribución del lugar de trabajo

- Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
- Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.

- Deben utilizarse depósitos y medios de “abastecimiento por gravedad”, para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
- Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
- Los materiales y las herramientas deben situarse en la forma que dé a los gestos el mejor orden posible.
- Deben utilizarse, siempre que sea posible, eyectores y dispositivos que permitan al operario “dejar caer” el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos para despacharlo.
- Deben preverse medios para que la luz sea buena, y facilitarse al obrero una silla del tipo y altura adecuados para que se siente en buena postura. La altura de la superficie de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
- El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.

### 3- Modelo de las máquinas y herramientas

- Debe evitarse que las manos estén ocupadas “sosteniendo” la pieza cuando ésta pueda sujetarse con una plantilla, brazo o dispositivo accionado por el pie.
- Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.
- Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, como para escribir a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo con la capacidad inherente a cada dedo.
- Los mangos, como los utilizados en las manivelas y destornilladores grandes, deben diseñarse para que la mayor cantidad posible de superficie esté en contacto con la mano. Es algo de especial importancia cuando hay que ejercer mucha fuerza sobre el mango.
- Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un



mínimo de cambio de posición del cuerpo y un máximo de “ventajas mecánicas”

### **Clasificación de los movimientos<sup>15</sup>**

Según los principios de la economía de movimientos, respecto a la utilización del cuerpo humano, los movimientos deben corresponder al orden o clasificación más baja posible, es decir reduciendo al mínimo el esfuerzo empleado en ejecutar cada acción.

Existe una clasificación de estos movimientos la cual se basa en las partes del cuerpo que sirven de eje (apoyo) a las partes que se mueven en la ejecución de la operación, tal como se puede apreciar en el tabulado siguiente:

<b>CLASE</b>	<b>PUNTO DE APOYO</b>	<b>PARTES DEL CUERPO EMPLEADAS</b>
<b>Clase 1</b>	Nudillos	Dedo
<b>Clase 2</b>	Muñeca	Mano y Dedos
<b>Clase 3</b>	Codo	Antebrazo, Mano y Dedos
<b>Clase 4</b>	Hombro	Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos
<b>Clase 5</b>	Tronco	Torso, Brazo, Antebrazo, Mano y Dedos

Tabla 1. Clasificación de los movimientos.

Como se puede observar a medida que aumenta la clase de movimiento, las partes del cuerpo que se emplean se incrementan de forma

<sup>15</sup> [Citado el 26 de Marzo de 2016] disponible en <  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/estudio-de-movimientos/>>

acumulativa, es decir, que mientras más baja sea la clase, más movimientos se ahorrarán. Por ende es evidente que los esfuerzos del especialista (encargado del estudio de movimientos) se deben enfocar en disponer al lugar, las herramientas y el equipo de manera tal que la clase de movimientos necesarios para ejecutar la operación sea la más baja posible.

### **Prácticas comunes para optimizar los movimientos**

La Oficina Internacional del Trabajo recomienda como buenas prácticas para optimizar movimientos lo siguiente:

1. Si las dos manos realizan un trabajo análogo, hay que prever una reserva aparte de materiales o piezas para cada mano.
2. Cuando se utilice la vista para seleccionar el material, éste deberá estar colocado, siempre que sea posible, de manera que el operario pueda verlo sin necesidad de mover la cabeza.
3. En lugar de una disposición en un solo arco de círculo (que tenga como eje del círculo imaginario el centro de la cabeza), es preferible utilizar una disposición en dos arcos de círculo (que tengan como ejes de los círculos imaginarios los centros de los hombros respectivos)
4. En la concepción del lugar de trabajo es conveniente que se adopten las reglas de la ergonomía.
5. La naturaleza y forma del material influyen en su colocación en el lugar de trabajo.
6. Las herramientas manuales deben recogerse alterando al mínimo el ritmo y simetría de los movimientos. En lo posible, el operario deberá recoger o depositar la herramienta conforme la mano pasa de una fase del trabajo a la siguiente, sin hacer un recorrido especial. Las herramientas deben colocarse en el arco del movimiento, pero no en el camino de algún material que sea preciso deslizar por el banco de trabajo.

7. Las herramientas deben situarse de modo que sea fácil recogerlas y volverlas a poner en su lugar; siempre que sea posible volverán a su sitio mediante un dispositivo automático o aprovechando el movimiento de la mano cuando va a recoger la pieza siguiente de material.
8. El trabajo terminado debe:
  - a. dejarse caer en vertederos o deslizaderas;
  - b. soltarse en una deslizadera cuando la mano inicie el primer movimiento del ciclo siguiente;
  - c. colocarse en un recipiente dispuesto de manera tal que los movimientos de las manos queden reducidos al mínimo;
  - d. colocarse en un recipiente donde el operario siguiente pueda recogerlo fácilmente, si se trata de una operación intermedia.
9. Estúdiese siempre la posibilidad de utilizar pedales o palancas de rodilla para accionar los mecanismos de cierre o graduación o los dispositivos para retirar el trabajo terminado.

### 4.3. MARCO CONCEPTUAL

**Puesto del trabajo:** lugar en donde se llevan a cabo las tareas para elaborar un producto o parte de él.

**Movimiento innecesario:** son movimientos que no agregan valor al producto.

**Estudio de movimientos:** es el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al ejecutar un trabajo. Su objeto es eliminar o reducir los movimientos ineficientes y facilitar y acelerarlos.

**Ergonomía:** Ergonomía (o estudio de los factores humanos) es la disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como, la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con objeto de

optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema.<sup>16</sup>

**Análisis de métodos:** análisis respectivo para determinar el método más eficiente a ser aplicado en un estudio.

**Estándares de trabajo:** métodos o rutinas especificadas para realizar tareas en un puesto de trabajo de manera productiva y eficiente.

**Estudio de tiempos:** técnica de medición del trabajo para registrar tiempos.

**Tiempos predeterminados:** catálogo de movimientos con los tiempos asociados para cualquier tarea.

**Economía de movimientos:** bases para mejorar los métodos en un puesto de trabajo.

#### **4.4. MARCO ESPACIAL**

La ubicación o el lugar en donde se llevará a cabo la propuesta de mejora está ubicado en la zona rural del municipio de Pereira en el km 3 vía Cerritos – La Virginia, donde funciona la planta 2. La sede principal está ubicada en el km 9 vía Pereira - Cartago, pero dicha compañía con el fin de atender a los clientes del exterior y prestar un mejor servicio, tiene una sede ubicada directamente en la Zona Franca del Eje Cafetero. Esta se encuentra funcionando desde el año 2007.

Esta zona es una zona de alto crecimiento económico, no solo por la industria, sino también por la cercanía al municipio y su gran beneficio en terreno y movilidad. Es por esto que ya muchas compañías han decidido optar por construir sus instalaciones en estos terrenos.

#### **4.5. MARCO TEMPORAL**

---

<sup>16</sup> Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA)

La recopilación de datos e información necesaria en la empresa "Industrias electromagnéticas Magnetron S.A.S" para el rediseño de los puestos de trabajo, utilizando los principios de economía de movimientos, buscando mejorar la productividad, se realizarán varias visitas a la empresa en el periodo comprendido entre Septiembre y Noviembre de 2016.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio propuesto es de carácter descriptivo debido que se busca identificar elementos, hechos y características para conocer la situación actual del problema y su comportamiento en la planta de producción investigada, la descripción partirá de las hipótesis planteadas para llegar a una explicación detallada y se espera que los resultados sean base y aporten para la posible solución del problema.

### **5.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la presente investigación se empleara el método inductivo-deductivo ya que partiremos de la observación del proceso actual que lleva la construcción de las cajas de los transformadores con el propósito de señalar los problemas en el diseño del puesto de trabajo para generar una nueva propuesta de acuerdo a conocimientos previos y material teórico de diferentes autores.

Para ver el impacto de las propuestas sobre el proceso, se llevará a cabo un análisis comparativo entre la lectura actual del indicador y la lectura suponiendo que se realizan las modificaciones a proponer en este estudio.

### 5.3. MÉTODO DE TRABAJO

En ergonomía no existe una norma específica que indique el método correcto para la realización de un estudio. Ya que no hay métodos universales que permitan hacer una determinada evaluación, sino distintas metodologías apropiadas para cada tipo de problemática determinada.

Para la realización de este trabajo se va a tomar como indicador de riesgo el método REBA, ya que es un método que utiliza cargas posturales, discriminando entre grados de inclinación, lo cual es muy importante para el estudio, ya que es la problemática que actualmente enfrenta la empresa.

El método REBA y su utilización se definen de la siguiente manera:

#### 5.3.1. Método REBA<sup>17</sup>:

El método REBA evalúa **posturas individuales** y no conjuntos o secuencias de posturas, por ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto. Se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.

Para ello, el primer paso consiste en la observación de las tareas que desempeña el trabajador. Se observarán varios ciclos de trabajo y se determinarán las posturas que se evaluarán. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares. En este caso se considerará, además, el tiempo que pasa el trabajador en cada postura.

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas por el trabajador son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias). Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador

---

<sup>17</sup> Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

mediante transportadores de ángulos, electrogoniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares. También es posible emplear fotografías del trabajador adoptando la postura estudiada y medir los ángulos sobre éstas. Si se utilizan fotografías es necesario realizar un número suficiente de tomas desde diferentes puntos de vista (alzado, perfil, vistas de detalle...). Es muy importante en este caso asegurarse de que los ángulos a medir aparecen en verdadera magnitud en las imágenes, es decir, que el plano en el que se encuentra el ángulo a medir es paralelo al plano de la cámara (Ilustración 1).

**El método debe ser aplicado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado.** El evaluador experto puede elegir a priori el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural, pero en caso de duda es preferible analizar los dos lados.

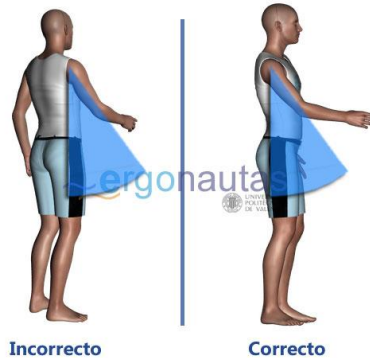


Ilustración 1. Movimiento del brazo



Ilustración 2. Grupos Partes

REBA divide el cuerpo en dos grupos, el **Grupo A** que incluye las piernas, el tronco y el cuello y el **Grupo B**, que comprende los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas). Mediante las tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, muñecas, brazos, tronco...) para, en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B.

La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario. El método determina para cada miembro la forma de medición del ángulo. Posteriormente, las puntuaciones globales de los grupos A y B son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, el tipo y calidad del agarre de objetos con la mano así como de la fuerza aplicada durante la realización de la tarea. Por último, se obtiene la puntuación final a partir de dichos valores globales modificados.

El valor final proporcionado por el método REBA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas. El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 0, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4, que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad.

El procedimiento para aplicar el método REBA puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares.
2. Seleccionar las posturas que se evaluarán. Se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.
3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho. En caso de duda se analizarán los dos lados.
4. Tomar los datos angulares requeridos. Pueden tomarse fotografías desde los puntos de vista adecuados para realizar las mediciones.



5. Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo. Empleando la tabla correspondiente a cada miembro.
6. Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el nivel de actuación.
7. Si se requieren, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse. Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
8. Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
9. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método REBA para comprobar la efectividad de la mejora.

Se expone a continuación la forma de obtener las puntuaciones de cada miembro, las puntuaciones parciales y finales y el nivel de actuación.

#### GRUPO A

La puntuación del **Grupo A** se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (tronco, cuello y piernas). Por ello, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro.

#### **Puntuación del tronco**

La puntuación del tronco dependerá del ángulo de flexión del tronco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical. La **Ilustración 3** muestra las referencias para realizar la medición. La puntuación del tronco se obtiene mediante la **Tabla 2**.

Posición	Puntuación
Tronco Erguido	1
Flexión o extensión entre 0° y 20°	2
Flexión >20° y <60° o extensión >20°	3
Flexión >60°	4

Tabla 2. Posición y puntuación del tronco.

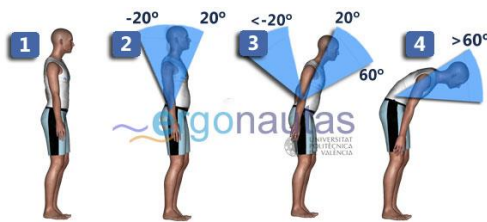


Ilustración 3. Inclínación Tronco

La puntuación obtenida de esta forma valora la flexión del tronco. Esta puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral del tronco. Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del tronco no se modifica. Para obtener la puntuación definitiva del tronco puede consultarse la **Tabla 3** y la **Ilustración 4**.

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	+1

Tabla 3. Puntuación rotación o inclinación del tronco.



Ilustración 4. Rotación o inclinación del tronco.

### Puntuación del cuello

La puntuación del cuello se obtiene a partir de la flexión/extensión medida por el ángulo formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco. Se consideran tres posibilidades: flexión de cuello menor de 20°, flexión mayor de 20° y extensión. La **Ilustración 5** muestra las referencias para realizar la medición. La puntuación del cuello se obtiene mediante la **Tabla 4**.

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 20°	1

Flexión >20° 0 extensión	2
--------------------------	---

Tabla 4. Posición y puntuación del cuello.

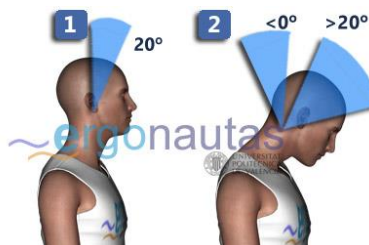


Ilustración 5. Inclínación del cuello.

La puntuación obtenida de esta forma valora la flexión del cuello. Esta puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral de la cabeza. Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del cuello no se modifica. Para obtener la puntuación definitiva del cuello puede consultarse la **Tabla 5** y la **Ilustración 6**.

Posición	Puntuación
Cabeza rotada o con inclinación lateral	+1

Tabla 5. Posición y puntuación del cuello.



Ilustración 6. Inclínación o rotación lateral de la cabeza.

## Puntuación de las piernas

La puntuación de las piernas dependerá de la distribución del peso entre las ellas y los apoyos existentes. La puntuación de las piernas se obtiene mediante la **Tabla 6** o la **Ilustración 7**.

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico.	1
De pie con soporte unilateral,	2

soporte ligero o postura inestable	
------------------------------------	--

Tabla 6. Posición y puntuación de las piernas.

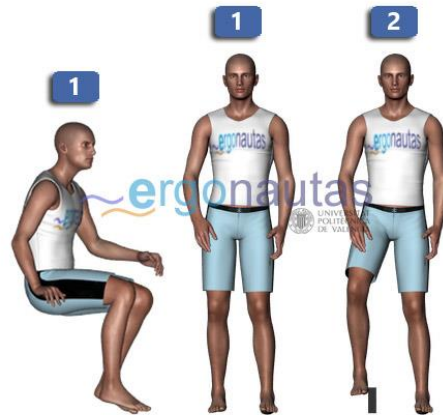


Ilustración 7. Posición de las piernas.

La puntuación de las piernas se incrementará si existe flexión de una o ambas rodillas (**Tabla 7** y **Ilustración 8**). El incremento podrá ser de hasta 2 unidades si existe flexión de más de 60°. Si el trabajador se encuentra sentado no existe flexión y por tanto no se incrementará la puntuación de las piernas.

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60°	+1
Flexión de una o ambas rodillas de más de 60°	+2

Tabla 7. Puntuación Flexión piernas.

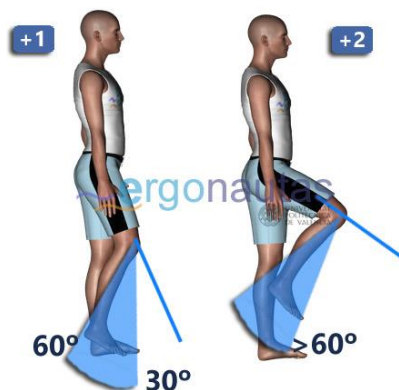


Ilustración 8. Flexión de las piernas.

## GRUPO B

La puntuación del **Grupo B** se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (brazo, antebrazo y muñeca). Así pues, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro. Dado que el método evalúa sólo una parte del cuerpo (izquierda o derecha), los datos del Grupo B deben recogerse sólo de uno de los dos lados.

### Puntuación del brazo

La puntuación del brazo se obtiene a partir de su flexión, midiendo el ángulo formado por el eje del brazo y el eje del tronco. La **Ilustración 9** muestra los diferentes grados de flexión/extensión considerados por el método. La puntuación del brazo se obtiene mediante la **Tabla 8**.

La puntuación obtenida de esta forma valora la flexión del brazo. Esta puntuación será aumentada en un punto si existe elevación del hombro, si el brazo está abducido (separado del tronco en el plano sagital) o si existe rotación del brazo. Si existe un punto de apoyo sobre el que descansa el brazo del trabajador mientras desarrolla la tarea la puntuación del brazo disminuye en un punto. Si no se da ninguna de estas circunstancias la puntuación del brazo no se modifica.

Por otra parte, se considera una circunstancia que disminuye el riesgo, disminuyendo en tal caso la puntuación inicial del brazo, la existencia de puntos de apoyo para el brazo o que éste adopte una posición a favor de

la gravedad. Un ejemplo de esto último es el caso en el que, con el tronco flexionado hacia delante, el brazo cuelga verticalmente. Para obtener la puntuación definitiva del brazo puede consultarse la **Tabla 9** y la **Ilustración 10**.

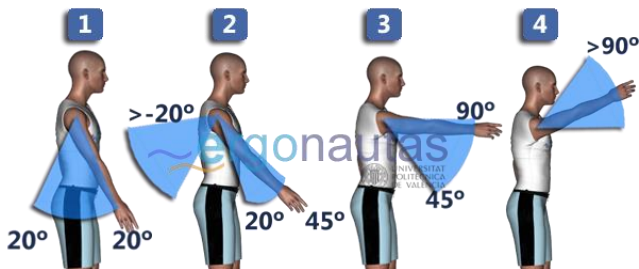


Ilustración 9. Flexión brazo.

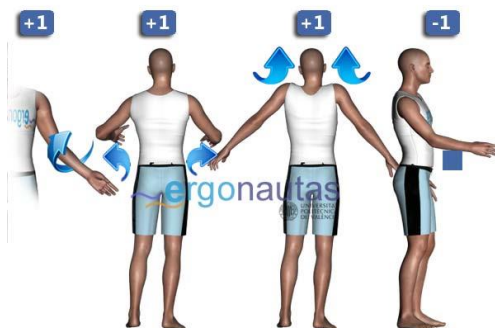


Ilustración 10. Soporte del brazo.

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión > 20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y < 90°	3
Flexión > 90°	4

Tabla 8. Posición y puntuación del brazo.

Posición	Puntuación
Brazo abducido, brazo rotado u	+1

hombro elevado.	
Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad	-1

Tabla 9. Puntuación soporte del brazo.

### Puntuación del antebrazo

La puntuación del antebrazo se obtiene a partir del ángulo formado por el eje de éste y el eje del brazo. La **Ilustración 11** muestra los intervalos de flexión considerados por el método. La puntuación del antebrazo se obtiene mediante la **Tabla 10**.

La puntuación del antebrazo no será modificada por otras circunstancias adicionales siendo la obtenida por flexión la puntuación definitiva

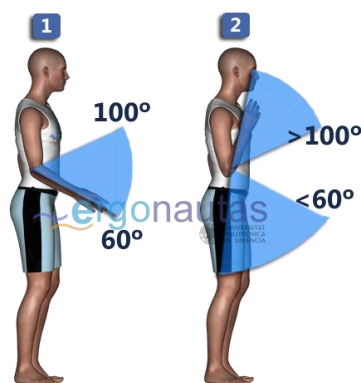


Ilustración 11. Posición del antebrazo.

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

Tabla 10. Puntuación posición del antebrazo.

### Puntuación de la muñeca

La puntuación de la muñeca se obtiene a partir del ángulo de flexión/extensión medido desde la posición neutra. La **Ilustración**

**12** muestra las referencias para realizar la medición. La puntuación de la muñeca se obtiene mediante la **Tabla 11**.



Ilustración 12. Posición de la muñeca.

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $>0^\circ$ y $<15^\circ$	1
Flexión o extensión $>10^\circ$	2

Tabla 11. Puntuación posición de la muñeca.

La puntuación obtenida de esta forma valora la flexión de la muñeca. Esta puntuación se aumentará en un punto si existe desviación radial o cubital de la muñeca o presenta torsión (**Ilustración 13**). La **Tabla 12** muestra el incremento a aplicar.



Ilustración 13. Flexión de la muñeca.

Posición	Puntuación
Torsión o desviación radial o cubital	+1

Tabla 12. Puntuación flexión de la muñeca.

### Puntuación de los Grupos A y B

Obtenidas las puntuaciones de cada uno de los miembros que conforman los Grupos A y B se calculará las puntuaciones globales de



cada Grupo. Para obtener la puntuación del Grupo A se empleará la **Tabla 13**, mientras que para la del Grupo B se utilizará la **Tabla 14**.

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabla 13. Puntuación grupo A.

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Tabla 14. Puntuación grupo B.

### Puntuaciones parciales

Las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación se valorarán las **fuerzas ejercidas** durante su adopción para modificar la puntuación del **Grupo A**, y el **tipo de agarre** de objetos para modificar la puntuación del **Grupo B**.

La carga manejada o la fuerza aplicada modificarán la puntuación asignada al Grupo A (tronco, cuello y piernas), excepto si la carga no supera los 5 kilogramos de peso, caso en el que no se incrementará la puntuación. La **Tabla 15** muestra el incremento a aplicar en función del peso de la carga. Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá incrementar una unidad más a la puntuación anterior (**Tabla 16**). En adelante la puntuación del Grupo A, incrementada por la carga o fuerza, se denominará **Puntuación A**.

Carga o fuerza	Puntuación
Carga o fuerza menor a 5 kg	0
Carga o fuerza entre 5kg y 10kg	+1
Carga o fuerza mayor de 10kg	+2

Tabla 15. Puntuación al incrementar la carga.

Posición	Puntuación
Existen fuerzas o cargas aplicas bruscamemente	+1


Tabla 16. Fuerza aplicada a la carga.

La calidad del agarre de objetos con la mano aumentará la puntuación del Grupo B, excepto caso de que la calidad del agarre sea buena o no existan agarres. La **Tabla 17** muestra los incrementos a aplicar según la calidad del agarre y la **Tabla 18** muestra ejemplos para clasificar la calidad del agarre. La puntuación del Grupo B modificada por la calidad del agarre se denominará **Puntuación B**.

Calidad de agarre	Descripción	Puntuación
Bueno	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
Regular	El agarre es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+1
Malo	El agarre es posible pero no aceptable	+3
Inaceptable	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo	+4

Tabla 17. Calidad del agarre.

**Agarre bueno:** son los llevados a cabo con contenedores de diseño óptimo con asas o agarraderas, o aquellos sobre objetos sin contenedor que permitan un buen asimiento y en el que las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto.



**Agarre regular:** es el llevado a cabo sobre contenedores con asas a agarraderas no óptimas por ser de tamaño inadecuado, o el realizado sujetando el objeto flexionando los dedos 90°.



**Agarre malo:** el realizado sobre contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel, irregulares o con aristas, y los realizados sin flexionar los dedos manteniendo el objeto presionando sobre sus laterales.




Tabla 18. Ejemplos para clasificar el agarre.

### Puntuación final

Las puntuaciones de los Grupos A y B han sido modificadas dando lugar a la **Puntuación A** y a la **Puntuación B** respectivamente. A partir de estas dos puntuaciones, y empleando la **Tabla 19**, se obtendrá la **Puntuación C**

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabla 19. Puntuación C.

Finalmente, para obtener la **Puntuación Final**, la **Puntuación C** recién obtenida se incrementará según el tipo de actividad muscular desarrollada en la tarea. Los tres tipos de actividad considerados por el método no son excluyentes y por tanto la **Puntuación Final** podría ser superior a la **Puntuación C** hasta en 3 unidades (**Tabla 20**).

Tipo de actividad muscular	Puntuación
Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas durante más de 1 minuto	+1
Se producen movimientos repetitivos, más de 4 veces por minuto	+1
Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables	+1

Tabla 20. Puntuación final.

### Nivel de Actuación

Obtenida la puntuación final, se proponen diferentes **Niveles de Actuación** sobre el puesto. El valor de la puntuación obtenida será mayor cuanto mayor sea el riesgo para el trabajador; el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo, 15, indica riesgo muy elevado por lo que se debería actuar de inmediato. Se clasifican las puntuaciones en 5 rangos de valores teniendo cada uno de ellos asociado un Nivel de Actuación. Cada Nivel establece un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención. La **Tabla 21** muestra los Niveles de Actuación según la puntuación final.

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Tabla 21. Niveles de actuación.

## 5.4. PLAN DE ANÁLISIS

### 5.4.1. Recolección de la información

El método de recolección de la información utilizado en este estudio fue la hoja de campo.

N°	Ítem	¿Propone alguna acción?			
		No	Si	Prioritaria	Urgente
1	Ajustar la altura de trabajo a cada trabajador, situándola al nivel de los codos o ligeramente más abajo.				
	Observaciones: La gran mayoría de veces, los transformadores no están a la altura del trabajador.		X	X	
2	Asegúrese de que los trabajadores más pequeños pueden alcanzar los controles y mantenerles en una postura natural.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
3	Asegúrese de que los trabajadores más grandes tienen bastante espacio para mover cómodamente las piernas y el cuerpo.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
4	Situar los materiales, herramientas y controles más frecuentemente	No	Si	Prioritaria	Urgente

	utilizados en una zona de cómodo alcance.				
	Observaciones: Los materiales sin tienen puestos establecidos para su almacenamiento, pero en ocasiones por pereza del trabajador, lo ubican fuera del puesto indicado.		X	X	
5	Proporcionar una superficie de trabajo estable y multiusos en cada puesto de trabajo.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
6	Proporcionar sitios para trabajar sentados a los trabajadores que realicen tareas que exijan precisión o una inspección detallada de elementos, y sitios donde trabajar de pie a los que realicen tareas que demanden movimientos del cuerpo y una mayor fuerza.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
7	Asegurarse de que el trabajador pueda estar de pie con naturalidad, apoyando sobre ambos pies y realizando el trabajo cerca y delante del cuerpo.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones: Para realizar ciertas tareas los trabajadores recurren a maniobras con posiciones inadecuadas para hacerlas.		X	X	

8	Permitir que los trabajadores alternen el estar sentados con estar de pie durante trabajo, tanto como sea posible.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones: Los trabajadores se sientan o se paran dependiendo de la necesidad de la tarea.		X	X	
9	Proporcionar sillas o banquetas para que se sienten en ocasiones los trabajadores que están de pie.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
10	Dotar, de buenas sillas regulables con respaldo a los trabajadores sentados.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
11	Proporcionar superficies de trabajo regulables a los trabajadores que alteren el trabajar con objetos grandes y pequeños.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones: Es necesario la implementación de mesas regulables o brazos de estabilidad.		X		X
12	Hacer que los puestos con pantallas y teclados, tales como los puestos con pantallas de visualización de datos (PVD), puedan ser regulados por los trabajadores.	No	Si	Prioritaria	Urgente

	Observaciones:	X			
13	Proporcionar reconocimientos de los ojos y gafas apropiadas a los trabajadores que utilicen habitualmente un equipo con pantalla de visualización de datos (PVD).	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
14	Proporcionar formación para la puesta al día de los trabajadores con pantallas de visualización de datos (PVD).	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:	X			
15	Implicar a los trabajadores en la mejora del diseño de su propio puesto de trabajo.	No	Si	Prioritaria	Urgente
	Observaciones:		X		

Tabla 22. Hoja de campo.

#### 5.4.2. Instrumento de recolección

Para recolectar la información se utilizaron las tablas REBA.

##### 5.4.2.1. Tabla REBA actual:

A continuación se muestran las tablas con los datos de las posiciones actuales que realizan los operarios en cada uno de los puestos de trabajo. Analizando las posturas del tronco, cuello, brazo izquierdo y derecho y de las piernas, teniendo en cuenta la carga y el agarre efectuado en cada tarea.



Para el tronco y piernas:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMADO	TANQUE	SOLDADUR A	TERMINADO
<b>1.</b>	<b>Tronco</b>				
	Erguido				
	Hasta 20° flexión			X	
	21°-60° flexión	X			X
	> 60° flexión		X		
	Hasta 20° extensión				
	Torsión o inclinación lateral	Si No	Si No	Si No	Si No
<b>2.</b>	<b>Cuello</b>				
	0°-20° flexión	X	X	X	X
	> 20° flexión				
	Extensión				
	Torsión o inclinación lateral	Si No	Si No	Si No	Si No
<b>3.</b>	<b>Piernas (posición)</b>				
	Soporte bilateral, andando o sentado	X		X	
	Soporte unilateral, ligero o postura inestable		X		X
<b>4.</b>	<b>Piernas (flexión)</b>				
	Flexión de rodilla entre 30°-60°	X		X	
	Flexión de mas de 60°		X		X
<b>5.</b>	<b>Carga/Fuerza</b>				
	Inferior a 5 Kg				
	Entre 5 y 10 Kg			X	
	Mas de 10 Kg	X	X		X
	Instauración rápida o brusca	Si No	Si No	Si No	Si No
<b>6.</b>	<b>Actividad</b>				
	Una o mas partes del cuerpo estáticas (mas de 1 min)	Si No	Si No	Si No	Si No
	Movimientos repetitivos ( > de 4 veces/min)	Si No	Si No	Si No	Si No
	Cambios posturales importantes o posturas inestables	Si No	Si No	Si No	Si No

Tabla 23. Tabla REBA tronco y piernas actual.

Para el brazo izquierdo:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMADO		TANQUE		SOLDADURA		TERMINAD O	
1.	<b>Posición brazo izquierdo</b>								
	0°-20° Flexión	X				X		X	
	21°-45° Flexión			X					
	46°-90° Flexión								
	> 90° Flexión								
	0°-20° Extensión								
	> 20° Extensión								
	Hay abducción o rotación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	El hombro esta elevado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Hay apoyo o postura a favor de la gravedad	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
2.	<b>Antebrazo izquierdo</b>								
	< 60° Flexión								
	60°-100° Flexión								
	> 100° Flexión	X		X		X		X	
3.	<b>Muñeca izquierda</b>								
	0°-15° Flexión			X					
	> 15° Flexión								
	0° - 15 Extensión	X				X		X	
	> 15° Extensión								
	Existe torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4.	<b>Agarre mano izquierda</b>								
	Bueno. Buen agarre y fuerza de agarre	X		X		X		X	
	Regular. Agarre aceptable								
	Malo. Agarre posible pero no aceptable								
	Inaceptable. Incómodo, sin agarre manual								

Tabla 24. Tabla REBA brazo izquierdo actual.

Para el brazo derecho:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMAD O		TANQUE	SOLDADUR A		TERMINAD O		
1.	<b>Posición brazo derecho</b>								
	0°-20° Flexión	X			X		X		
	21°-45° Flexión			X					
	46°-90° Flexión								
	> 90° Flexión								
	0°-20° Extensión								
	> 20° Extensión								
	Hay abducción o rotación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	El hombro esta elevado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Hay apoyo o postura a favor de la gravedad	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
2.	<b>Antebrazo derecho</b>								
	< 60° Flexión								
	60°-100° Flexión								
	> 100° Flexión	X		X	X		X		
3.	<b>Muñeca derecha</b>								
	0°-15° Flexión	X		X	X		X		
	> 15° Flexión								
	0° - 15 Extensión								
	> 15° Extensión								
	Existe torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4.	<b>Agarre mano derecha</b>								
	Bueno. Buen agarre y fuerza de agarre	X		X	X		X		
	Regular. Agarre aceptable								
	Malo. Agarre posible pero no aceptable								
	Inaceptable. Incómodo, sin agarre manual								

Tabla 25. Tabla REBA brazo derecho actual.

#### 5.4.2.2. Tabla REBA después de la aplicación de propuestas

A continuación se llevara a cabo el estudio postural de las cargas otorgadas a los trabajadores después de la aplicación de propuestas para corregir la metodología actual. (Se realizó el mismo estudio).

Para el tronco y piernas:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMADO		TANQUE		SOLDADURA		TERMINADO	
<b>1. Tronco</b>	Erguido								
	Hasta 20° flexión	X				X		X	
	21°-60° flexión			X					
	> 60° flexión								
	Hasta 20° extensión								
	Torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>2. Cuello</b>	0°-20° flexión	X		X		X		X	
	> 20° flexión								
	Extensión								
	Torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
<b>3. Piernas (posición)</b>	Soporte bilateral, andando o sentado	X		X		X		X	
	Soporte unilateral, ligero o postura inestable								
<b>4. Piernas (flexión)</b>	Flexión de rodilla entre 30°-60°	X		X		X		X	
	Flexión de mas de 60°								
<b>5. Carga/Fuerza</b>	Inferior a 5 Kg			X		X		X	
	Entre 5 y 10 Kg								
	Mas de 10 Kg	X							
	Instauración rápida o brusca	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>6. Actividad</b>	Una o mas partes del cuerpo estáticas (mas de 1 min)	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Movimientos repetitivos (> de 4 veces/min)	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Cambios posturales importantes o posturas inestables	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No

Tabla 26. Tabla REBA tronco y piernas después.

Para el brazo izquierdo:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMADO		TANQUE		SOLDADURA		TERMINADO	
1.	<b>Posición brazo izquierdo</b>								
	0°-20° Flexión	X							
	21°-45° Flexión					X			X
	46°-90° Flexión			X					
	> 90° Flexión								
	0°-20° Extensión								
	> 20° Extensión								
	Hay abducción o rotación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	El hombro esta elevado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Hay apoyo o postura a favor de la gravedad	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
2.	<b>Antebrazo izquierdo</b>								
	< 60° Flexión								
	60°-100° Flexión	X		X		X			X
	> 100° Flexión								
3.	<b>Muñeca izquierda</b>								
	0°-15° Flexión								
	> 15° Flexión								
	0° - 15 Extensión	X		X		X			X
	> 15° Extensión								
	Existe torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4.	<b>Agarre mano izquierda</b>								
	Bueno. Buen agarre y fuerza de agarre	X		X		X			X
	Regular. Agarre aceptable								
	Malo. Agarre posible pero no aceptable								
	Inaceptable. Incómodo, sin agarre manual								

Tabla 27. Tabla REBA brazo izquierdo después.

Para el brazo derecho:

	PUESTO DE TRABAJO	ARMADO		TANQUE		SOLDADURA		TERMINADO	
1.	<b>Posición brazo derecho</b>								
	0°-20° Flexión								
	21°-45° Flexión	X				X			X
	46°-90° Flexión			X					
	> 90° Flexión								
	0°-20° Extensión								
	> 20° Extensión								
	Hay abducción o rotación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	El hombro esta elevado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Hay apoyo o postura a favor de la gravedad	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
2.	<b>Antebrazo derecho</b>								
	< 60° Flexión								
	60°-100° Flexión	X		X		X		X	
	> 100° Flexión								
3.	<b>Muñeca derecha</b>								
	0°-15° Flexión	X		X		X		X	
	> 15° Flexión								
	0° - 15 Extensión								
	> 15° Extensión								
	Existe torsión o inclinación lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4.	<b>Agarre mano derecha</b>								
	Bueno. Buen agarre y fuerza de agarre	X		X		X		X	
	Regular. Agarre aceptable								
	Malo. Agarre posible pero no aceptable								
	Inaceptable. Incómodo, sin agarre manual								

Tabla 28. Tabla REBA brazo derecho después.

### 5.4.3. Tabulación y Análisis de datos

La información fue analizada según la metodología REBA, analizando cada una de las posturas en los puestos de trabajo. Puntuando cada una de las posturas y analizándolas de acuerdo a la metodología.

#### 5.4.3.1. Análisis REBA para el estado actual:

Para el análisis de los resultados se llevaron a cabo los cálculos anteriormente descritos en el numeral 5.3.

	Armado	Tanque	Soldadura	Terminado
Nivel de Acción	3	4	2	4
Nivel de Riesgo	Alto	Muy alto	Medio	Muy Alto
Actuación	Es necesaria la actuación cuanto antes.	Es necesaria la actuación de inmediato.	Es necesaria la actuación.	Es necesaria la actuación de inmediato.

Tabla 29. Análisis REBA actual.

Los puestos de trabajo de tanque y terminado del transformador presentaron mayor nivel de acción entre las estaciones de los transformadores de potencia, con un nivel de riesgo muy alto, indicando que estas estaciones requieren ser rediseñadas de inmediato; la estación de armado presenta un nivel de acción de 3, por ende el nivel de riesgo de esta estación es alto y se debe rediseñar la estación lo antes posible; por otro lado la estación de soldadura es la estación que tiene menos nivel de acción (2) por lo cual el nivel de riesgo es medio y por lo tanto es necesario el rediseño de esta pero no de carácter urgente.

### 5.4.3.2. Análisis REBA después de aplicarse las propuestas:

En la siguiente tabla se reflejan los resultados del indicador REBA haciendo el supuesto de que se aplicaron las propuestas descritas en el numeral 7 según los cálculos del numeral 5.3.

	Armado	Tanque	Soldadura	Terminado
Nivel de Acción	2	2	1	1
Nivel de Riesgo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Actuación	Es necesaria la actuación.	Es necesaria la actuación.	Puede ser necesaria la actuación.	Puede ser necesaria la actuación.

Tabla 30. Análisis REBA después de la intervención.

Los puestos de armado y tanque tienen ahora un nivel de riesgo Medio lo que significa que los puestos deben ser intervenidos, mientras que los puestos de Soldadura y Terminado, pasaron a tener un nivel Bajo, que no necesitan actuación urgente, pero si se deben intervenir.

Ninguno de los puestos obtuvo una puntuación muy baja, ya que el trabajo es considerado de riesgo, y las operaciones que allí se manejan, no permiten reducir el riesgo, ya que son propias de la tarea al manipular cargas de gran peso. En el tanque de armado, el operario dentro de su labor tiene que cargar las láminas por facilidad y para cumplir con sus objetivos, mientras que en el puesto del tanque, el operario debe mover su cabeza y cuello porque la base del tanque ya está soldada y no permite su ingreso por el otro lado.



## 6. DIAGNOSTICO

### 6.1. Planos de la planta

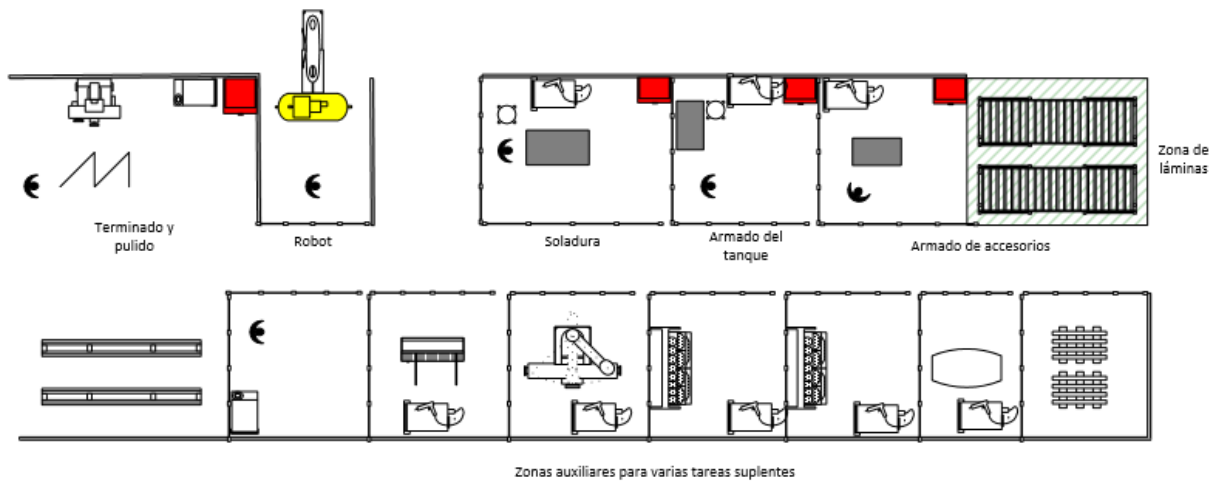


Ilustración 14. Vista superior de la planta actual (Realizada en VISIO)

### 6.2. Estación N°1: Armado piezas

El armado de piezas es la primera estación que hace parte del armado del tanque del transformador. Es el primer escalón donde el transformador empieza a tomar forma. En ella llegan al operario las tres láminas, la lámina en forma de U, la lámina lateral y la lámina inferior, que le dan la forma al transformador. La estación mide 7m x 6,5m y consta de una sección donde están las partes a ser soldadas, junto con las láminas. Tiene un solo operario a su cargo y es el encargado de coger cada lámina y puntear las partes para su posterior armado en la estación 2. El puesto consta con una silla movable mediante un sistema de ruedas, lo cual permite que el operario la mueva del sitio si es necesario o si no la requiere. Tiene una mesa sólida de 80cm de altura que utiliza para poner las láminas. El puesto consta de todas las herramientas necesarias, la principal es la soldadura y los elementos necesarios para sujetar y soldar las partes. Las piezas que van a ser soldadas no cuentan con un compartimiento especial donde son ubicadas, sino que las ubican provisionalmente en un espacio que no es para tal.

### **6.3. Estación N°2: Armado del tanque**

El armado del tanque es el paso siguiente para la construcción del cuerpo del transformador. Después de que las piezas están debidamente ubicadas en cada lámina, se procede a puntear las tres láminas para definir la estructura del tanque del transformador, para ello el operario une la lámina en U con la inferior al nivel del suelo para darle estabilidad a la estructura. Seguido de la ubicación de esta unión sobre una mesa de 80cm de altura para el punteado de la lámina lateral. La estación cuenta con un solo operario que realiza las labores de punteado y que puede contar con la colaboración de otro operario en situaciones en que deba cambiar de nivel el transformador, para que este le ayude a ubicarlo. La estación mide 6m x 6,5m y cuenta con todas las herramientas necesarias para realizar la tarea.

### **6.4. Estación N°3: Soldadura**

El área de soldadura tiene una medida de 8m x 6,5m y cuenta con una mesa de apoyo que puede ser retirada en caso de no ser necesitada, al igual de una silla de 44cm que también puede ser retirada, esto varía dependiendo del tamaño del transformador y de la forma de trabajo del operario. A la estación llega el cuerpo del transformador previamente punteado y se procede a soldar de manera permanente todas las partes y vértices del transformador, dándole una estructura firme y sólida, la cual será su forma final. Magnetron actualmente desarrolla pruebas de soldadura mediante un robot para hacer de esta tarea más rápidamente y precisa, ya que esta estación presentaba un cuello de botella en la fabricación. El número de operarios de esta estación varía dependiendo del tamaño del transformador. La estación cuenta también con todas las herramientas necesarias para su ejecución.

### **6.5. Estación N°4: Terminado**

Para finalizar la construcción del tanque se procede a pulir las asperezas que deja el proceso de soldadura a nivel del suelo y se realiza un chequeo de calidad al tanque para garantizar que el producto satisfaga todas las especificaciones del cliente. Tiene un área de 7m x 6,5m. El

número de operarios de la estación depende del número de transformadores que requiera este procedimiento.

### **6.6. Problemas ergonómicos de los puestos.**

Las estaciones del armado de tanque de transformadores de potencia cuentan con múltiples problemas de tipo ergonómico debido a que los operarios deben someterse a unas posiciones muy perjudiciales para el cuerpo agachándose y cargando algunas piezas, sometiéndose a riesgos esfuerzos muy altos y posturas inadecuadas. El operario solo utiliza la grúa que dispone la fábrica cuando el tanque del transformador es muy grande, de lo contrario agarra las láminas con sus manos y las levanta para ponerlas sobre la mesa, en ocasiones con ayuda de algún compañero de trabajo.

Según el indicador REBA la estación numero 1 tiene un nivel de riesgo ALTO y un nivel de acción 3 lo que indica que las correcciones ergonómicas deben ser corregidas cuanto antes. La estación numero 2 consiguió un nivel de riesgo MUY ALTO y un nivel de acción 4 por lo que se debe actuar de inmediato. La estación de soldadura cuenta con el nivel de riesgo más bajo en esta línea de producción, MEDIO, por lo cual el nivel de acción es 2 lo que quiere decir que necesita una acción correctiva pero no es de gran urgencia; mientras que la estación final, terminado, cuenta con un nivel de riesgo MUY ALTO y un nivel de acción 4, del mismo modo que la estación 2 debe de tratarse el problema de inmediato.

## **7. PROPUESTAS**

Al analizar los resultados obtenidos para la situación actual de la empresa en la cual las 4 estaciones de trabajo arrojaron un nivel de riesgo igual o superior a alto, indicando que estos puestos deben ser intervenidos cuanto antes.

A partir de los problemas ergonómicos se propone la utilización de los siguientes equipos:

### 7.1. Mesa de soporte:

Esta propuesta consiste en instalar en cada puesto de trabajo una mesa hidráulica giratoria con altura ajustable que el trabajador pueda subir o bajar dependiendo del tamaño del transformador y que su vez pueda girar 360° para disminuir los movimientos del empleado en su puesto de trabajo. Que se pueda ajustar a una altura cero, es decir, a altura del suelo de ser necesario que el operario no la necesite. Esta mesa tiene una función electromagnética y de inclinación de manera que sujete el tanque o cuerpo del transformador sin necesidad de soportes, al momento que se requiera una inclinación para brindar mejores alcances al momento de trabajar.

La mesa se divide en dos secciones circulares, una sección interna y otra sección externa, cuya utilización depende del tamaño del transformador, pudiendo ser totalmente independiente la una de la otra al momento de utilizarse en un transformador pequeño, pero al momento de ser necesitada para un transformador grande se comporten como una sola superficie.

Característica	Medida
Elevación (min/max)	0mm-1600mm
Plataforma Interna	Ø600mm
Plataforma Externa	Ø1000mm
Tiempo de elevación (s)	55-65
Carga Máxima	3000kg
Inclinación	Hasta 30°
Capacidad Magnética	3000kg
Ángulo de giro	360°
Espesor	2"

Tabla 31. Especificaciones mesa de soporte.

Hecha en acero resistente para que garantice el soporte de todo tipo de transformador.

Utilizando esta mesa hidráulica se puede mejorar significativamente la productividad y la calidad de los operarios, ya que se reducen todas posturas incorrectas al trabajar a nivel del suelo.

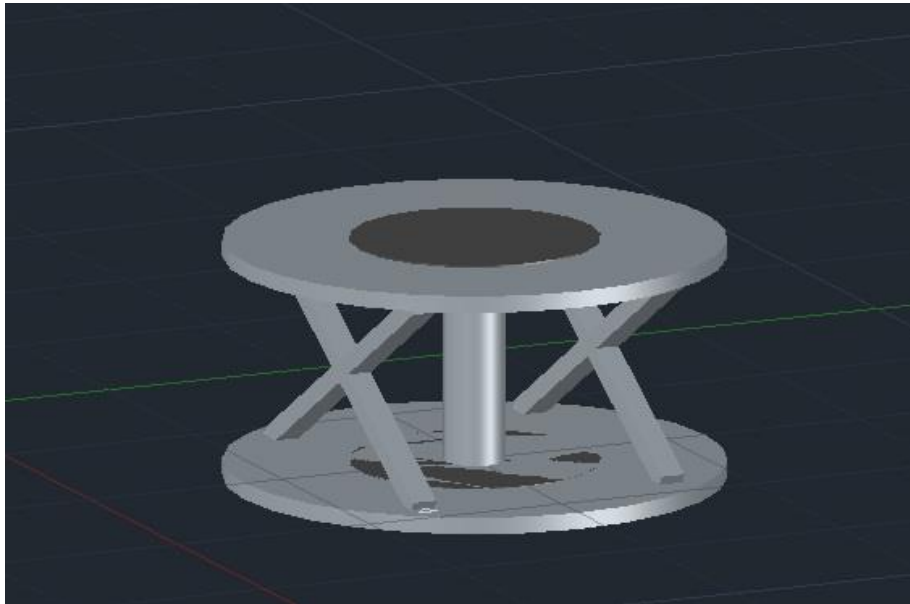


Ilustración 15. Diseño Mesa de soporte.

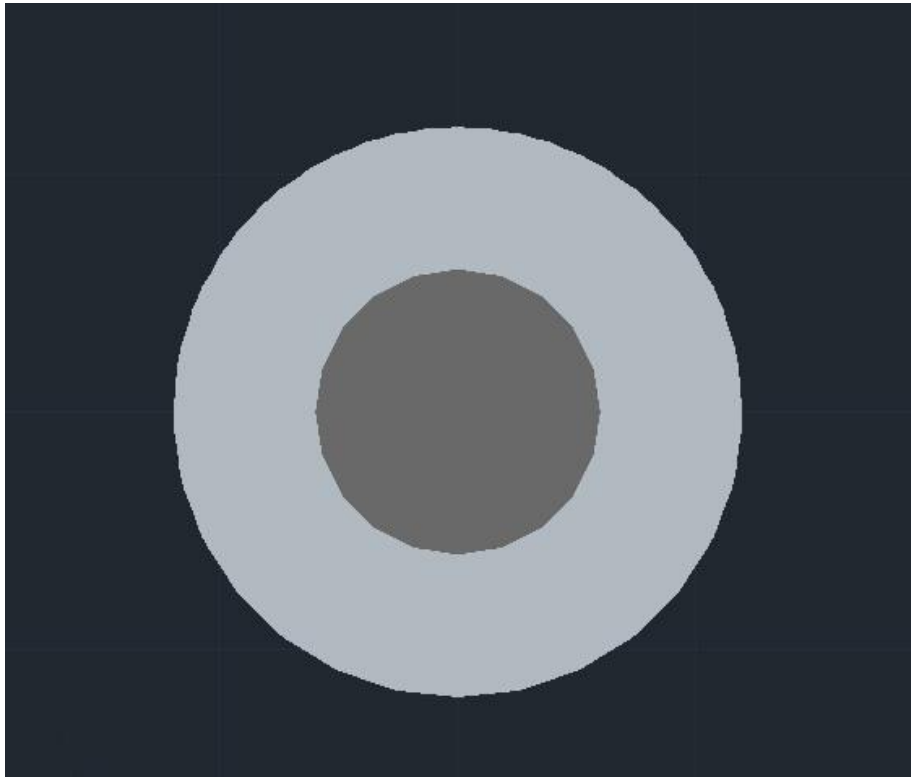


Ilustración 16. Vista Superior Mesa de soporte



Ilustración 17. Vista Lateral 1 Mesa de Soporte

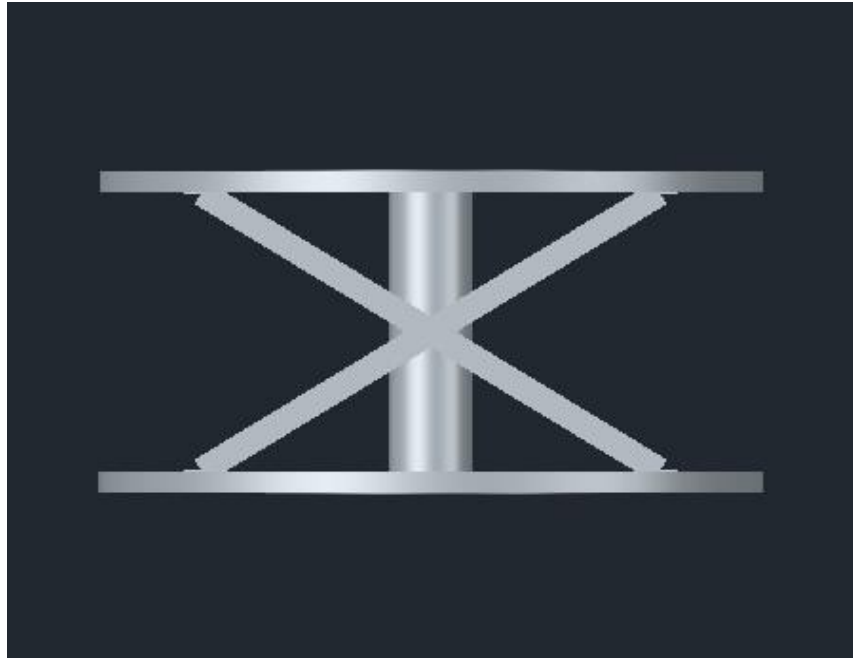


Ilustración 18. Vista Lateral 2 Mesa de Soporte

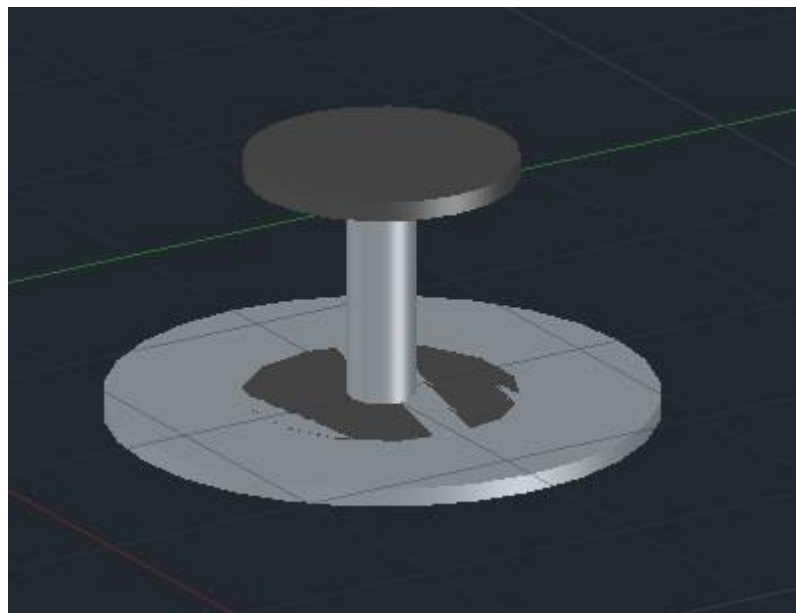


Ilustración 19. Vista Mesa de Soporte Interna

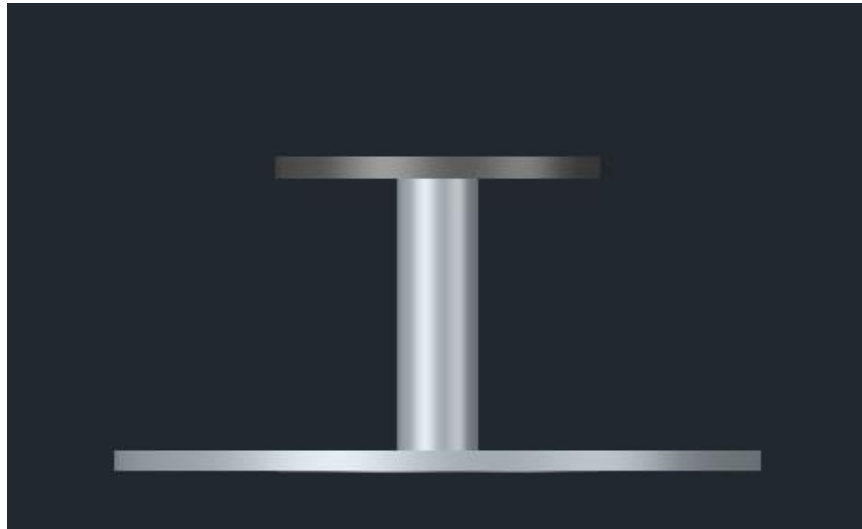


Ilustración 20. Vista Lateral Mesa de Soporte Interna

Diseño realizado mediante software de diseño 3D (AutoCad)

## **7.2. Mesa elevadora móvil de doble tijera.**

La mesa elevadora móvil de doble tijera se utilizará para el transporte de los tanques de una estación a otra, cuando no sea necesario el uso del puente grúa o esté en uso.

Esta herramienta facilitaría el transporte y reduciría notablemente el esfuerzo realizado por el operario para el traslado del tanque, al igual que disminuiría los tiempos entre estaciones, aumentando la productividad.





Característica	Medida
Elevación (min/max)	435mm-1585mm
Plataforma	1010x520mm
Altura del timón	1130mm
Diámetros de las ruedas	150mm
Peso	150kg
Capacidad de carga	500kg

Tabla 32. Especificaciones Mesa Elevadora

Ilustración 21. Mesa Elevadora móvil de Doble Tijera.<sup>18</sup>

### 7.3. Escalera móvil:

Escalera de aluminio que facilite el alcance a los transformadores de mayor envergadura, que no están al alcance de los operarios, lo cual hace que se incurran al uso de elementos sin un diseño acorde y seguro para las tareas que realizan.

Característica	Medida
Altura	72,6cm
Plataforma	60cm x 60cm
Peso	8kg
Peldaños	3
Ancho	100cm
Baranda	100cm

<sup>18</sup> [Citado el 02 de Mayo del 2017] disponible en < <http://www.dissetodiseo.com/producto/mesa-elevadora-movil-de-doble-tijera/> >

Tabla 33. Especificaciones Escalera Móvil.



Ilustración 22. Escalera Plataforma 2 Escalones.<sup>19</sup>

#### **7.4. Estabilizador de carga – Tipo SteadyCam – Movi-Freefly**

Una de las propuestas planteadas para corregir los problemas ergonómicos presentados en las estaciones de trabajo, consiste en montar un sistema de estabilización tipo SteadyCam o Movi-Freefly para mantener el transformador a la altura más conveniente y que pueda ser manejado en todas las direcciones con facilidad y sin mayor esfuerzo por parte del operario. Serviría tanto para los transformadores grandes como para los pequeños.

Principios de funcionamiento:

---

<sup>19</sup> [Citado el 02 de Mayo del 2017] disponible en < <https://www.enfoque-escalera.es/escalera-profesional-de-aluminio-un-acceso-con-plataforma-de-trabajo-2-peldanos-60x60-serie-new-45-ktl-26545102> >

Este sistema está basado en el funcionamiento de las SteadyCam o Movi-Freefly.

### **SteadyCam<sup>20</sup>:**

Steadicam es el nombre comercial del primer estabilizador de cámara, consistente en un sistema de suspensión y brazo recto con soporte para la cámara y sistema de contrapesos, el que se puede complementar con un brazo isoelástico adosado a un chaleco o body como se le conoce para aumentar el tiempo de utilización en tomas largas, ya que el peso se traslada de los brazos del operador a las caderas del mismo. El sistema permite llevar la cámara de cine o televisión atada al cuerpo del operador de cámara mediante un arnés. Compensa los movimientos del operador, mostrando imágenes similares al punto de vista subjetivo del personaje.



Ilustración 23. Partes SteadyCam

---

<sup>20</sup> [Citado el 02 de Mayo del 2017] disponible en < <http://medya-audiovisual.com/que-es-una-steadycam-y-para-que-se-utiliza/> >



Ilustración 24. SteadyCam Profesional

### **Movi-Freefly<sup>21</sup>**

El Movi-Freefly es un estabilizador de cámaras que reinventa la forma en la que se controlan estos aparatos y por sus componentes, con un giroscopio de 3 ejes que estabiliza digitalmente la imagen de la cámara. Es muy ligero y portátil, mucho más que la mayoría de gigantescos estabilizadores de metal que vemos hoy en día.

El MōVI suprime todo ese sistema de contrapesos por lo que el operario de cámara puede moverse con mucha más libertad. Es más, los movimientos de la cámara se pueden operar remotamente con un joystick.

---

<sup>21</sup> [Citado el 02 de Mayo del 2017] disponible en < <http://freeflysystems.com/movi-pro/versatile> >

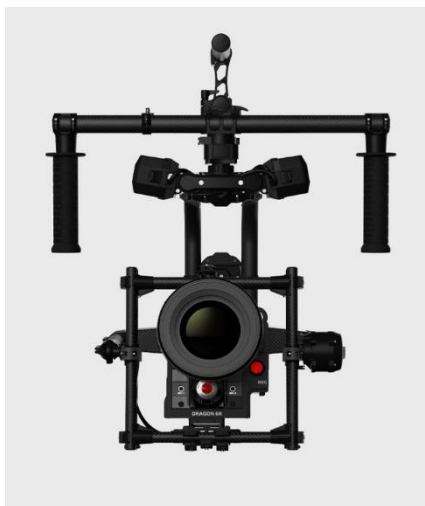


Ilustración 25. MōVI PRO

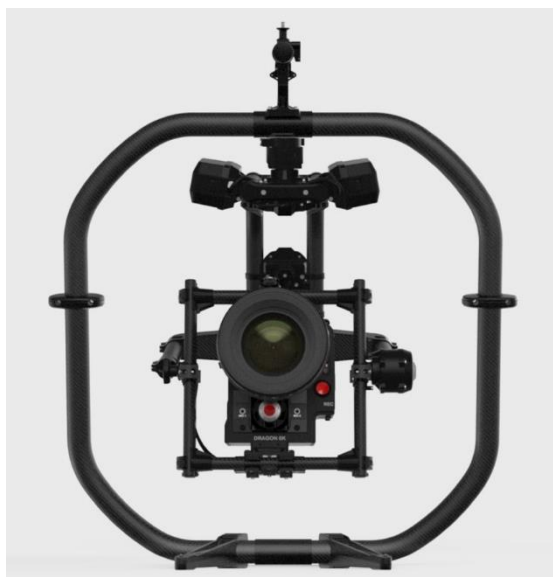


Ilustración 26. MōVI M5

Gracias a este dispositivo, los movimientos bruscos e irregulares son suavizados de tal manera que el operador puede correr y hacer todo tipo de movimientos y el objeto el cual carga no se mueve ni le genera un peso considerable.

La propuesta a la que queremos enfatizar es en hacer un dispositivo que funcione con los mecanismos de estos estabilizadores pero que permanezca fijo al suelo, es decir, que el soporte sea en el suelo

mediante una estructura tal que estabilice el peso del transformador y que el operario pueda maniobrarlo fácilmente en todas las direcciones posibles.

Esta propuesta se basa en un sistema de brazo con soporte para el tanque del transformador que es elaborado en la línea metalmecánica, su función es soportar el peso con el eje vertical trasladando el peso del tanque, que en lugar de usar contrapeso como lo hace el SteadyCam se reemplazaría por una asistencia mecánica, que haría ver el dispositivo como un brazo robótico, logrando suavizar los movimientos como hace referencia el Movi-Free-fly para que el operario pueda acomodarse en su trabajo de la forma más ergonómica posible.

Este dispositivo sería acoplado a la última estación, la estación de terminado para facilitar las labores del operario al momento de inspeccionar el transformador y ultimar detalles.

A este dispositivo le hemos dado el nombre de "SteadyTrafo" (Nombre propuesto por nosotros)

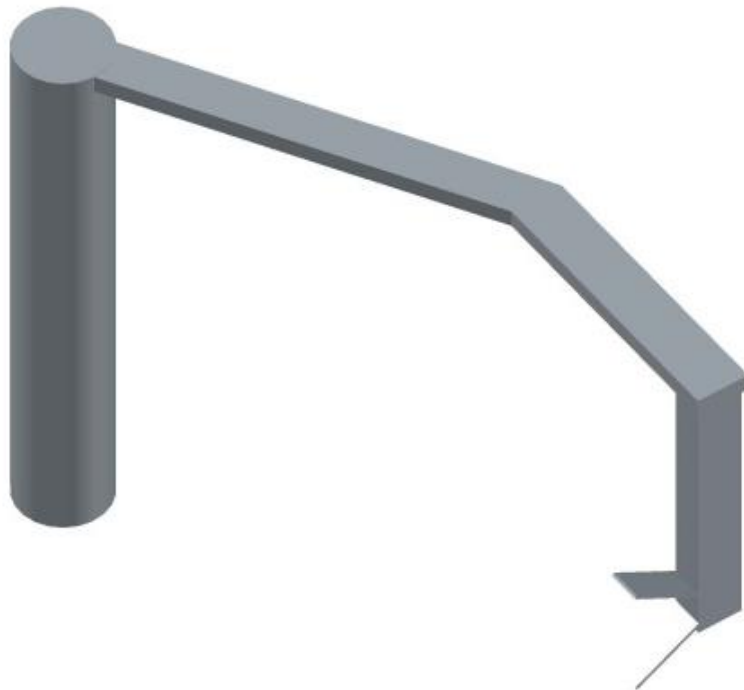


Ilustración 27. Diseño SteadyTrafo (AutoCad)

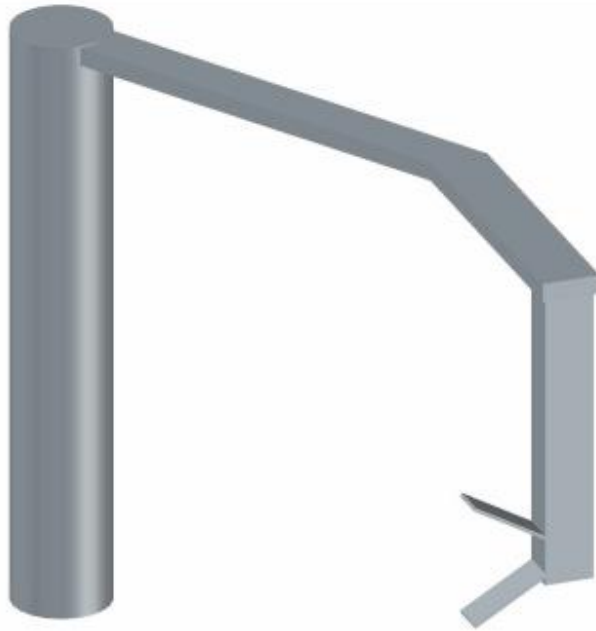
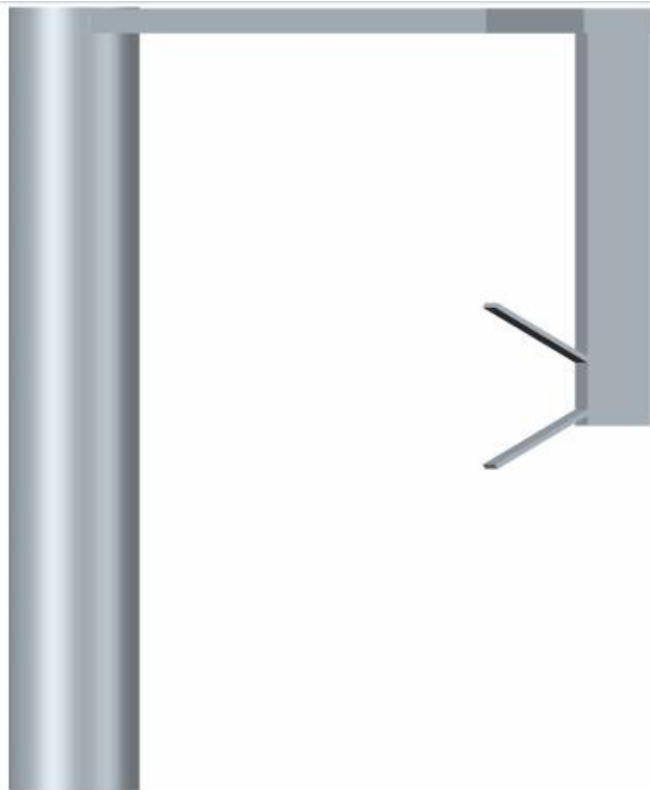


Ilustración 28. Vista SteadyTrafo (AutoCad)



## **8. EJECUCIÓN**

### **8.1. REDISEÑO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO**

A continuación se lleva a cabo un rediseño de los puestos de trabajo en donde se reubican la maquinaria y equipo de cada estación de la línea de producción y se incorporan a los puestos los dispositivos propuestos para el correcto desempeño de la labor.

Cada puesto conserva el mismo tamaño, ya que la empresa no tiene área disponible para una posible ampliación. Y fue propuesto solo un rediseño del puesto de trabajo.

#### **8.1.1. Área de armado de accesorios**

Al rediseñar la Estación N°1 o Área de armado de accesorios del transformador, se incorporaron en el área de trabajo: la mesa de soporte hidráulica, la escalera móvil y la mesa elevadora móvil.

La mesa de soporte hidráulica es de gran utilidad al momento de trabajar con transformadores grandes, medianos o pequeños, ya que al ser regulable en altura, el trabajo realizado en esta estación ayuda a que el trabajador realice una flexión máxima de hasta 20°. Lo cual cambiaría la forma en que trabajan actualmente los empleados, que recurren a posiciones inadecuadas al trabajar sobre el suelo ya que es el único soporte plano que tienen. (La mesa actual no permite poner las láminas encima de ella ya que es hueca).

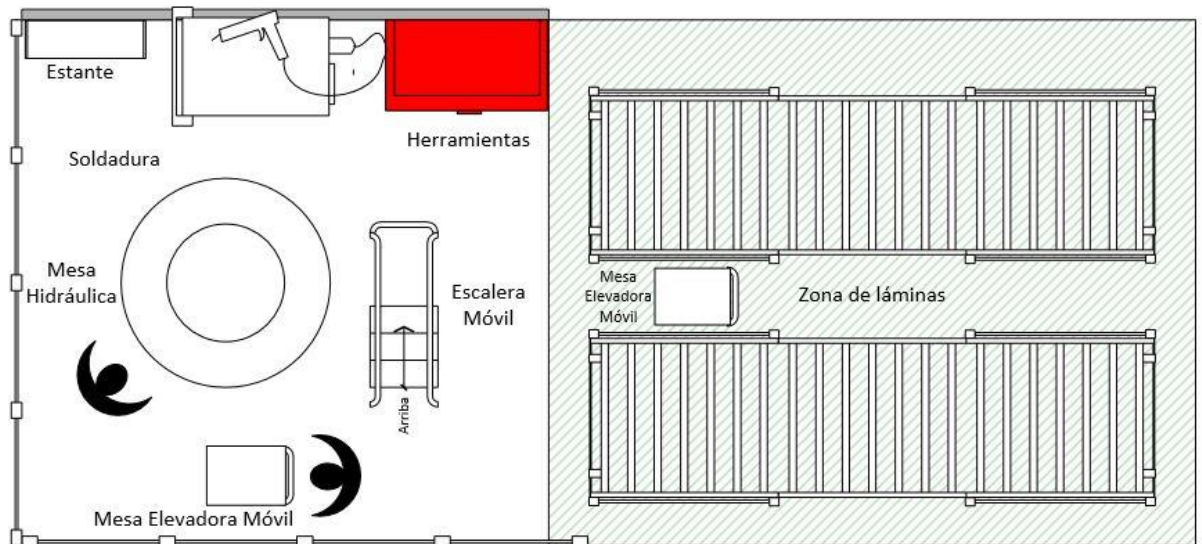
La mesa elevadora móvil es de gran utilidad al momento de mover lámina desde el área de láminas hasta la mesa de trabajo, evitando que el trabajador cargue la distancia entre estas sosteniendo las láminas con sus propias manos. Esta mesa facilita el traslado de partes entre cada



estación, disminuyendo el esfuerzo y malas posiciones de los trabajadores.

La mesa móvil le sirve al operario cuando la requiera, en caso tal de que se esté trabajando con transformadores de gran tamaño. De no ser necesaria, puede ser guardada fácilmente o utilizada en otra estación.

Esta estación tiene un resultado de riesgo Medio y un nivel de actuación necesario. Debido a que los materiales que se manejan son de alta densidad y su peso es significativo, lo que no permite eliminar el riesgo del todo, pero si reducirlo. El trabajo que se realiza en la planta esta categorizado como de alto riesgo.



## Armado de accesorios

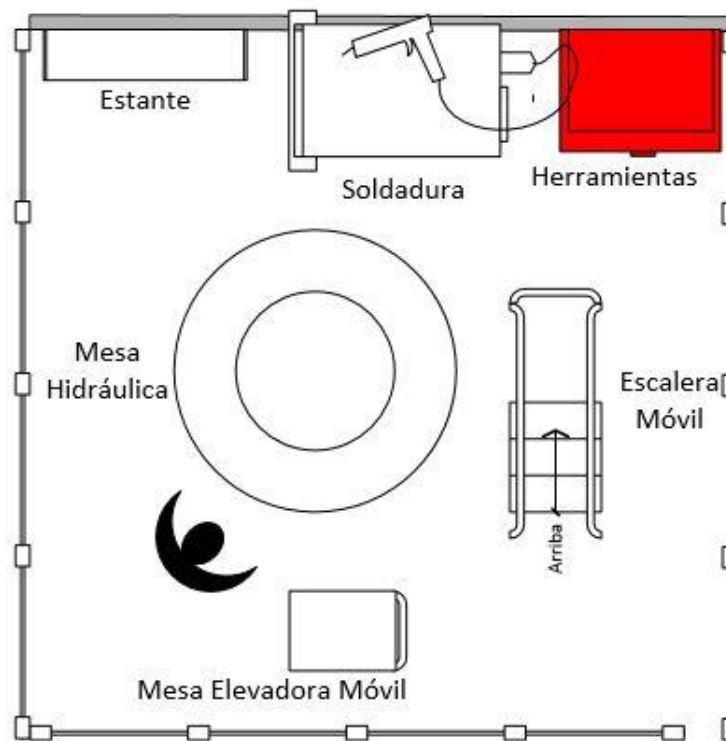
Ilustración 30. Plano Estación 1- Armado de Accesorios

### 8.1.2. Armado de tanque

En la Estación N°2 o armado del tanque del transformador se llevó a cabo un rediseño muy similar al de la Estación N°1. Haciendo énfasis en las tres herramientas fundamentales para la realización del proceso.

La mesa móvil sirve de apoyo para comunicar la estación anterior con esta y para pasar el transformador a la mesa. En la mesa se regula la altura en la que le resulte cómodo al operario realizar la operación del tanque del transformador y si es necesario utilizar la escalera para alcanzar sitios difíciles.

El resultado de esta estación fue Medio y su nivel de actuación, necesario. Dado que hay posiciones en la que es necesario inclinarse un poco, debido a que solo existe un lado del transformador que tiene acceso al interior, ya que el otro ha sido sellado con una lámina.



## Armado del tanque

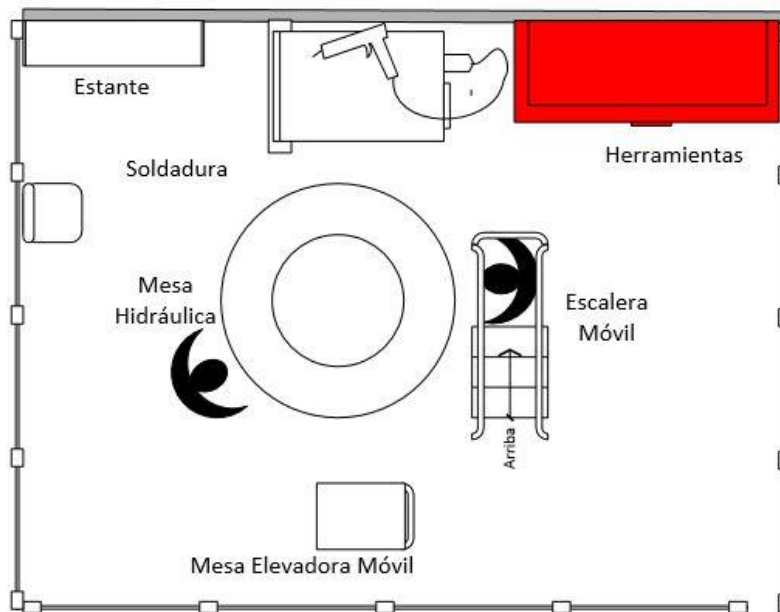
Ilustración 31. Armado del Tanque – Estación N°2

### 8.1.3. Soldadura

En la estación N°3 o de Soldadura se implementan las mismas tres herramientas, pero siendo más útil la mesa regulable en altura y la escalera móvil, ya que esta estación es caracterizada por permanecer en una misma posición durante varios minutos sosteniendo la pistola de soldadura, lo que en poses incorrectas sería muy perjudicial para el operario. Ya que se debe soldar cada esquina y cada parte del transformador, esta es la estación cuello de botella, en donde se toma más tiempo realizar la tarea, ya que es muy exhaustiva y larga. El uso del puente grúa para transformadores grandes es esencial para esta estación.

La estación dispone a su vez de una silla móvil que le brinde al trabajador firmeza y precisión al momento de realizar la tarea que este a dicha altura, a su vez dicha silla sirve de descanso mientras se realiza la tarea.

El resultado de esta estación es Bajo y de nivel de actuación, puede ser necesario. En esta estación con las ayudas necesarias el operario puede trabajar en condiciones normales, sin exponer mucho su cuerpo.



Soldadura

#### 8.1.4. Área de terminado y pulido

Para la última estación el diseño implementado fue el del SteadyTrafo (Sistema SteadyCam) que facilitaría enormemente las tareas a ejecutar.

El SteadyTrafo tiene la facilidad de ser manipulado libremente por lo que puede ser ubicado en todas las direcciones, al igual que dejarlo fijo y ubicarlo a la altura deseada para realizar la labor necesaria.

También se puede hacer el uso de la escalera móvil permitiendo a varios trabajadores realizar labores a la vez, esto en situaciones que se requiere agilizar el trabajo.

Esta es una de las estaciones que tenía un riesgo ergonómico muy alto y que se logró reducir a un resultado Bajo. Ya que en esta estación se trabaja a nivel del suelo, en ángulos muy pronunciados y con herramienta pesada.

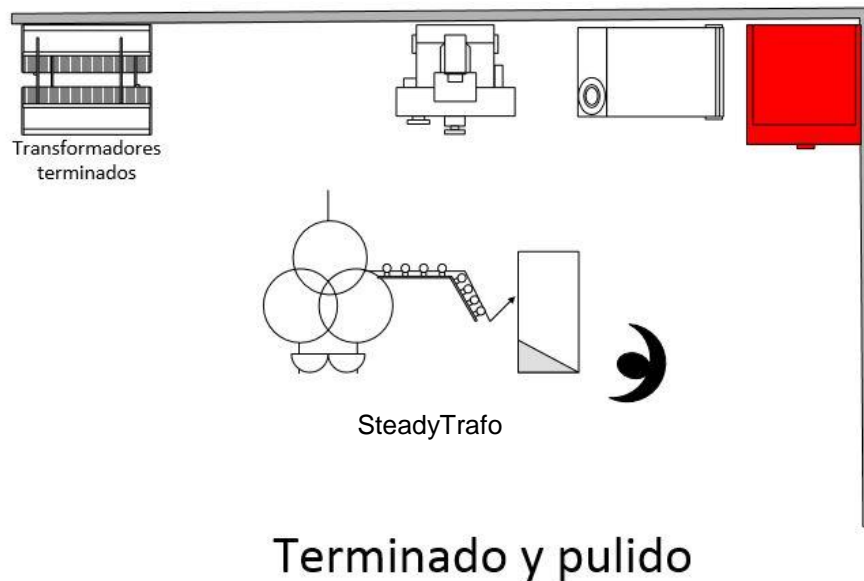


Ilustración 33. Terminado y Pulido – Estación N°4.

### 8.1.5. Vista superior línea de producción

A continuación se puede apreciar el rediseño total aplicado a toda la línea de producción de transformadores trifásicos.

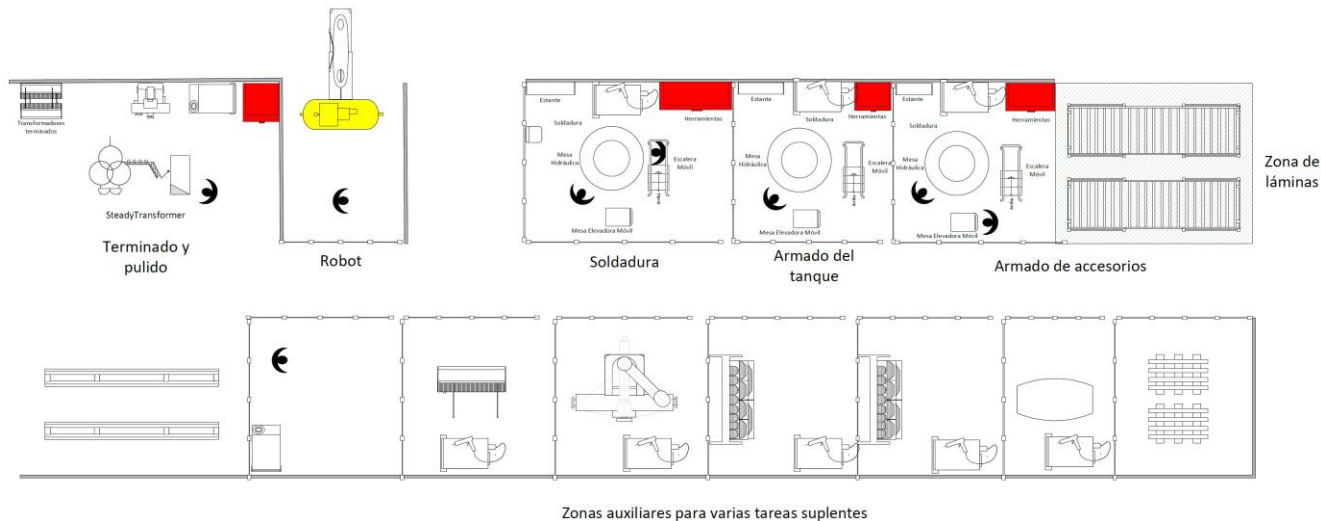


Ilustración 34. Vista general planta.

## 9. CONCLUSIONES

- Se logró identificar el método adecuado para realizar la investigación, basados en que las tareas que realizan los operarios son de carácter repetitivo y que a su vez, realizan esfuerzos de carga de materiales para realizar su labor.
- Se determinó el riesgo en cada una de las estaciones de la línea de producción después de aplicar la metodología implementada.
- Se realizó una propuesta de mejora para los puestos de trabajo después de aplicada la metodología, teniendo en cuenta las condiciones normales en las que debería trabajar el operario, reduciendo al máximo el riesgo al desempeñar su labor.

- Se determinó el riesgo según el método escogido suponiendo que es llevada a cabo la propuesta. Esto para cada una de las áreas intervenidas.
- Al intervenir cada una de las 4 estaciones presentes en el proceso productivo, se logró disminuir el alto riesgo ergonómico que allí sufrían, por un riesgo medio y bajo. Disminuyendo drásticamente la carga laboral hacia el trabajador y aumentando su confort ergonómicamente. Lo que se ve reflejado en mejores posturas, lo que evitará que el trabajador incurra en lesiones laborales, disminuyendo el ausentismo en la compañía y aumentando su productividad al tener una mano de obra saludable y trabajando en buenas condiciones.
- El riesgo en las estaciones de trabajo no se elimina por completo, es decir, no se convierte en un riesgo cero. Debido a que dentro de la operación se manejan herramientas de trabajo que tienen un peso significativo, al igual que el material de que es hecho el producto final. Por lo que el trabajador dentro de su rutina de trabajo debe interactuar con ambos elementos, pero debe hacerlo de la mejor manera para evitar posiciones inadecuadas cuando necesite hacerlo.
- Al comparar la empresa antes y después de la intervención, se puede apreciar como rediseñando los puestos, adicionando nuevas herramientas o modificando las existentes, se puede lograr una gran mejora en la reducción de riesgos, generando un ambiente laboral idóneo para la salud y para aumentar la productividad de la compañía.

Es necesaria una inversión inicial, que luego se verá reflejada en la productividad de la compañía, aumentando su capacidad de producción y disminuyendo el ausentismo laboral.

## **10. RECOMENDACIONES**

- Medir el ausentismo actual de la empresa causado por enfermedades laborales causadas por el riesgo ergonómico de los puestos de trabajo.
- Aplicar la propuesta desarrollada en el presente proyecto.
- Medir el nuevo rendimiento mejorado gracias a la adaptación de los puestos de trabajo.
- Realizar medición de ausentismo después de la aplicación de la propuesta para mantener un control.
- Capacitar a todo el personal sobre la ergonomía en el puesto de trabajo, las posiciones correctas e incorrectas, la manera eficaz de coger los objetos y mostrarles lo importante que son las pausas activas.
- Realizar auditorías de control que verifiquen el estado de cada puesto de trabajo, indicando si los trabajadores están realizando las labores como se les indicó, con las posiciones adecuadas y utilizando las herramientas correctas. A su vez revisar que el puesto de trabajo se encuentre ordenado, cada cosa en su sitio, ubicando las herramientas donde deben de ser, en los portaherramientas y manteniendo el área limpia y despejada, al igual que los pasillos. Es de vital importancia cumplir con estas auditorías de calidad para garantizar la productividad en la compañía a lo largo del tiempo.
- Si se llevan a cabo correctamente las recomendaciones, la empresa "Industrial Electromagnéticas Magnetron S.A.S" contará con un puesto de trabajo en condiciones óptimas para trabajar, con los más altos estándares en salud y calidad en el trabajo,

desempeñando las labores de la manera correcta y garantizando la sostenibilidad de la compañía.



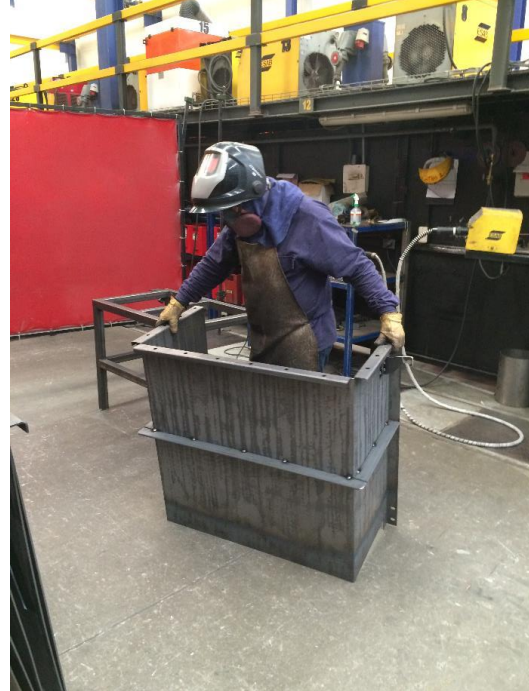
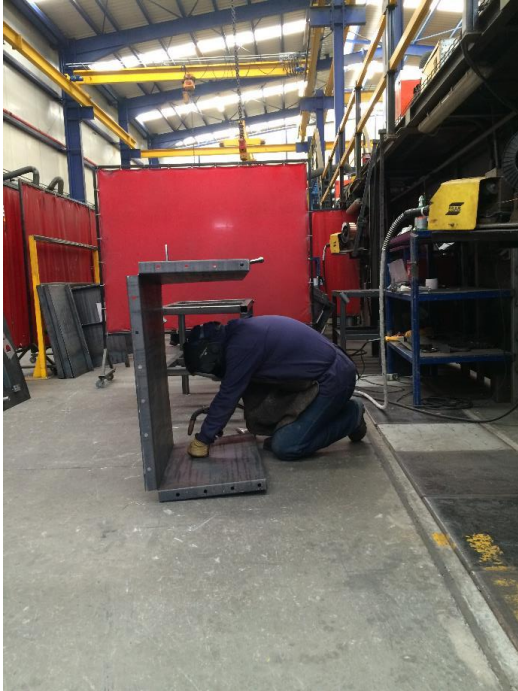
## BIBLIOGRAFÍA

- DISEÑO Y MEDICIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO, CARRO PAZ ROBERTO, GONZÁLEZ GÓMEZ DANIEL  
[http://nulan.mdp.edu.ar/1609/1/04\\_medicion\\_puestos\\_trabajo.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1609/1/04_medicion_puestos_trabajo.pdf)  
f >
- Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA)  
<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Generalidades/Qu%C3%A9%20es%20Ergonom%C3%ADa.pdf> >
- K.H.E. Kroemer. How to design for ease and efficiency. New York: Prentice Hall, 1994, p.2
- Introducción al estudio de trabajo. 4a edición. Copyright © Organización Internacional del Trabajo 1996.
- ESTUDIO DE MOVIMIENTOS  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/estudio-de-movimientos/> >
- ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS, R ANASOFÍA, S GERMÁN, S MANUEL.  
<https://ingenieriadeltrabajo042010.wikispaces.com/file/view/Estudio+de+Movimientos.pdf>
- 17 MOVIMIENTOS BÁSICOS DEL CUERPO HUMANO PARA EL TRABAJO. CARRETO, JULIO.  
<http://dirigiendopymes.blogspot.com.co/2009/06/17-movimientos-basicos-del-cuerpo.html> >
- ESTUDIO DE MOVIMIENTOS  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/estudio-de-movimientos/> >

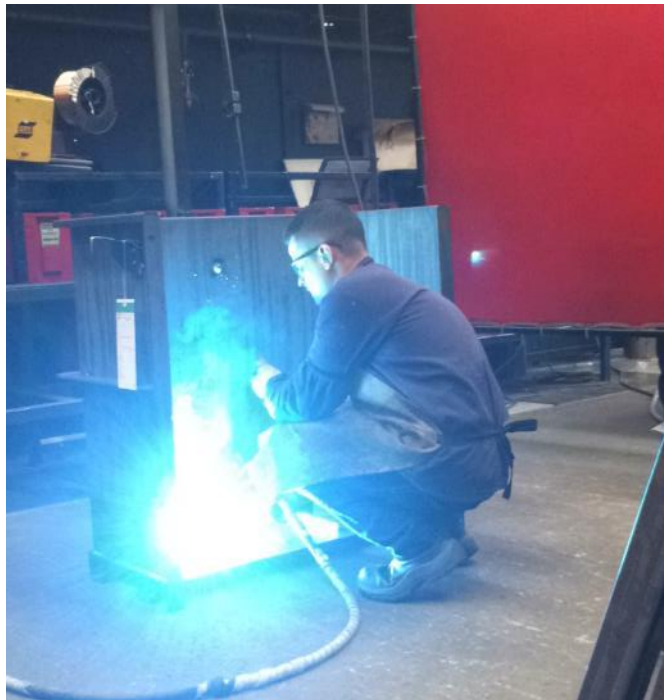
- Restrepo, Jorge Hernán. Principios de economía de movimientos. Ingeniería de Métodos. Universidad Tecnológica de Pereira. 6 de Octubre de 2015.
- MAGNETRÓN S.A.S
- <http://www.magnetron.com.co/magnetron/> >
- MÉTODO REBA
- <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Disponible online:  
[http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/files/Hoja%20de%20Campo%20\(LEST\).pdf](http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/files/Hoja%20de%20Campo%20(LEST).pdf)

## ANEXOS

Anexo 1. Fotos Estación Armado:



Anexo 2 .Fotos Estación Armado tanque:



Anexo 3. Fotos estación Soldadura:



Anexo 4. Fotos Estación Terminado:

