

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**



MÁSTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES  
Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández  
TRABAJO FINAL DE MÁSTER  
EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS EN LAS  
TAREAS DE SOLDADURA EN UN EMPRESA DE SERVICIOS  
INDUSTRIALES

Director: Marceliano Coquillat Mora

Alumno: Juan Manuel Blázquez Ruiz

Curso Académico 2024/2025



**INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER  
UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

D. Marceliano Coquillat Mora, Tutor del Trabajo Fin de Máster, titulado '*Evaluación de riesgos ergonómicos en las tareas de soldadura en una empresa de servicios industriales*' y realizado por el/la estudiante Juan Manuel Blázquez Ruiz.

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 30/05/2025

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

### Resumen

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo principal la evaluación de los riesgos ergonómicos derivados de tareas de soldadura en una empresa del sector industrial y naval. La investigación se centra en dos técnicas de soldadura ampliamente utilizadas en la empresa: TIG (*Tungsten Inert Gas*) con varilla en tuberías y MIG (*Gas Metal Arc Welding*) en posición 6G con hilo de aporte continuo.

Para el análisis se ha aplicado el método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), ya que es una herramienta reconocida en ergonomía para valorar el riesgo postural asociado a movimientos repetitivos, posturas forzadas y esfuerzos físicos.

La recogida de datos se ha realizado mediante observación directa y análisis fotográfico, permitiendo evaluar posturas reales en condiciones de trabajo habituales.

Los resultados obtenidos muestran que las posturas adoptadas durante ambas tareas presentan niveles de riesgo medio y alto, especialmente aquellas que implican trabajo con los brazos por encima del hombro, flexión cervical mantenida o posiciones de rodillas.

A partir de los resultados, se han propuesto mejoras en el diseño del puesto de trabajo, incorporación de ayudas técnicas, formación ergonómica específica, y estrategias organizativas como la rotación de tareas y pausas activas. El estudio concluye que integrar la ergonomía en los procesos de soldadura es clave para prevenir trastornos musculoesqueléticos, mejorar el rendimiento y fomentar un entorno laboral más seguro y saludable.

### Palabras clave

Soldadura, ergonomía, REBA, riesgos posturales, prevención, TIG, MIG, carga física, trastornos musculoesqueléticos, evaluación ergonómica.

## ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. CUERPO DEL PROYECTO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE EL TIPO DE SOLDADURA Y EL ENFOQUE ERGONÓMICO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. MATERIAL Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2.1. Método REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>) .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE SOLDADURA.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.1. Breve descripción de los trabajos básicos de soldadura en la empresa .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.2. Tarea 1: Soldadura TIG con varilla en tubería de 6" y 3" SCH 80 de acero al carbono .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3.3. Tarea 2: Soldadura GMAW con hilo en probeta bajo techo (posición 6G) de EH36 con espesor de 20 mm .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4. EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LAS TAREAS .....</b>	<b>19</b>
<b>4.4.1. Evaluación ergonómica de la tarea 1. ....</b>	<b>19</b>
<b>4.4.2. Evaluación ergonómica de la tarea 2. ....</b>	<b>27</b>
<b>4.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PROBLEMAS DETECTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>4.5.1. Descripción de los principales factores de riesgo.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5.2. Comparativa entre tareas más y menos exigentes a nivel ergonómico ...</b>	<b>32</b>
<b>4.5.3. Relación entre tipo de soldadura y nivel de riesgo postural .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6. PROPUESTAS DE MEJORA Y MEDIDAS PREVENTIVAS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.6.1. Rediseño de puestos o herramientas .....</b>	<b>35</b>
<b>4.6.2. Incorporación de ayudas mecánicas .....</b>	<b>37</b>
<b>4.6.3. Formación ergonómica específica .....</b>	<b>38</b>
<b>4.6.4. Rotación de tareas, pausas activas, etc. ....</b>	<b>39</b>

<b>4.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>41</b>
<b>4.7.1. Aspectos que no se han podido analizar por falta de tiempo, recursos o confidencialidad. ....</b>	<b>41</b>
<b>4.7.2. Sugerencias para futuros estudios. ....</b>	<b>42</b>
<b>4.8. MARCO NORMATIVO Y TÉCNICO APLICABLE.....</b>	<b>44</b>
<b>4.8.1. Legislación nacional aplicable .....</b>	<b>44</b>
<b>4.8.2. Normativa técnica de ergonomía.....</b>	<b>45</b>
<b>4.8.3. Normativa específica en soldadura.....</b>	<b>46</b>
<b>4.8.4. Aplicación al presente estudio .....</b>	<b>46</b>
<b>4.9. CONDICIONES AMBIENTALES Y SU IMPACTO ERGONÓMICO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.9.1. Temperatura y ventilación .....</b>	<b>47</b>
<b>4.9.2. Iluminación.....</b>	<b>48</b>
<b>4.9.3. Ruido ambiental.....</b>	<b>48</b>
<b>4.9.4. Espacio de trabajo y accesibilidad.....</b>	<b>49</b>
<b>4.9.5. Conclusiones del análisis ambiental.....</b>	<b>49</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.1. Tarea 1 – Soldadura TIG con varilla.....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.2. Tarea 2 – Soldadura MIG en probeta bajo techo (posición 6G) .....</b>	<b>51</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DURANTE LAS TAREAS .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 2. HOJAS DE TOMA DE DATOS – MÉTODO REBA.....</b>	<b>59</b>
<b>HOJA 1: TAREA 1 - Postura 1: Sentado con las manos separadas 50 cm respecto al pecho .....</b>	<b>59</b>
<b>HOJA 2: TAREA 1 - Postura 2: De pie con manos separadas 50 cm respecto al pecho .....</b>	<b>61</b>
<b>HOJA 3: TAREA 1 - Postura 3: De rodillas con manos por encima de la cabeza .....</b>	<b>63</b>
<b>HOJA 4: TAREA 2 - Postura única: De pie con brazos a la altura de los ojos .....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.4.1.2.1.</b> Tabla resumen de resultados en tarea 1.....	23
<b>Tabla 4.4.2.2.1.</b> Tabla resumen de resultados en tarea 2.....	28
<b>Tabla 4.5.2.1.</b> Comparativa entre diferentes posiciones de tareas planteadas.....	32
<b>Tabla 5.1.1.</b> Resumen de tareas.....	50
<b>Tabla 5.2.1.1.</b> Resultados método REBA en posiciones de Tarea 1.....	51
<b>Tabla 5.2.2.1.</b> Resultado método REBA en posición de Tarea 2.....	51
<b>Tabla A2.1.</b> Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 1.....	60
<b>Tabla A2.2.</b> Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 2.....	62
<b>Tabla A2.3.</b> Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 3.....	64
<b>Tabla A2.4.</b> Hoja toma de datos REBA para Tarea 2 – Postura única.....	66



## **1. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación surge como respuesta a la necesidad de identificar, analizar y prevenir los riesgos ergonómicos derivados de las tareas de soldadura en una empresa de servicios industriales. Estas tareas, por su propia naturaleza, implican una combinación de factores de riesgo que pueden afectar significativamente a la salud del trabajador, entre los que se incluyen posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de herramientas pesadas o vibrantes, y exposición prolongada a condiciones ambientales desfavorables.

Los trastornos musculoesqueléticos (*TME*) representan una de las principales causas de baja laboral en el ámbito industrial, y están directamente relacionados con factores ergonómicos mal gestionados. La evaluación y control de estos riesgos no solo es un imperativo legal recogido en la normativa española sobre prevención de riesgos laborales, sino también una necesidad estratégica para garantizar la sostenibilidad de los procesos productivos y la salud del capital humano de la empresa.

Además, el avance de metodologías específicas de análisis ergonómico, como el método REBA, permite abordar de manera rigurosa y cuantificable la evaluación de posturas y movimientos, lo que facilita la toma de decisiones preventivas eficaces. No obstante, a pesar del creciente desarrollo de estas herramientas, existe todavía una carencia de estudios aplicados que analicen su uso en entornos reales de trabajo y que propongan mejoras contextualizadas a situaciones concretas, como las de la soldadura industrial.

Este trabajo contribuye a la ampliación del conocimiento aplicado en ergonomía dentro del campo de la PRL, permitiendo identificar las tareas más críticas, evaluar su impacto sobre la salud del trabajador y proponer medidas de mejoras realistas y efectivas. El resultado esperado es un modelo de intervención preventiva que pueda ser replicable en otros entornos industriales similares.

## **2. INTRODUCCIÓN**

En el contexto actual de la prevención de riesgos laborales, la ergonomía se ha consolidado como una disciplina clave para la mejora de las condiciones de trabajo, especialmente en sectores donde las tareas implican una alta carga postural, movimientos repetitivos o manipulación manual de cargas. La soldadura, como actividad propia del sector industrial y naval, representa un conjunto de tareas que suponen una serie de exigencias físicas importantes para los trabajadores, especialmente en términos ergonómicos.

Los procesos de soldadura, tales como TIG (*Tungsten Inert Gas*), MIG (*Metal Inert Gas*), soldadura por electrodo revestido o por arco, implican frecuentemente adoptar posturas forzadas, mantenidas en el tiempo, y el uso continuado de herramientas manuales, muchas veces en condiciones ambientales adversas. Estos factores pueden contribuir de forma significativa a la aparición de trastornos musculoesqueléticos (*TME*), los cuales representan una de las principales causas de absentismo y disminución de la capacidad productiva en el sector industrial.

Desde el punto de vista teórico y aplicado, este trabajo se justifica por la necesidad de evaluar y controlar los riesgos ergonómicos en actividades de calderería donde las exigencias físicas y posturales son elevadas. La revisión de estudios recientes y normativas vigentes indica un creciente interés en la identificación de los factores de riesgo ergonómico, así como en la aplicación de métodos de evaluación como es el caso del método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), que permite cuantificar dichos riesgos de manera objetiva y proponer medidas de mejora adaptadas a cada situación concreta.

Este trabajo parte de la hipótesis de que ciertas tareas de soldadura en la empresa objeto de estudio presentan niveles de riesgo ergonómico significativos que pueden ser detectados y corregidos mediante una adecuada evaluación y rediseño de los procesos, herramientas o condiciones de trabajo.

Se busca contribuir a la mejora de las condiciones laborales desde un punto de vista práctico y también enriquecer el conocimiento científico en materia de ergonomía aplicada a trabajos industriales específicos, como es el caso de la soldadura, un campo que, pese a su relevancia, aún requiere mayor atención para dar soluciones preventivas eficaces.

### **3. OBJETIVOS**

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

Evaluar los riesgos ergonómicos presentes en las tareas de soldadura realizadas en una empresa de servicios industriales, mediante el análisis de los procesos de trabajo y la aplicación de metodologías específicas de evaluación ergonómica, con el fin de identificar situaciones de riesgo y proponer medidas preventivas que mejoren la salud y el bienestar de los trabajadores.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir los tipos de soldadura empleados con mayor frecuencia en la empresa, sus características técnicas y las condiciones en las que se ejecutan, con especial atención a los requerimientos físicos y posturales de cada técnica.
2. Identificar los factores de riesgo ergonómico asociados a las tareas de soldadura, tales como posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas o herramientas, y exposición prolongada a posiciones estáticas.
3. Aplicar el método de evaluación ergonómica REBA a una muestra representativa de tareas de soldadura, para cuantificar el nivel de riesgo ergonómico y determinar su grado de peligrosidad.
4. Analizar los resultados obtenidos en la evaluación ergonómica para detectar las tareas o posturas que presentan mayor riesgo para la salud musculoesquelética de los trabajadores.
5. Proponer medidas preventivas específicas, tanto organizativas como técnicas, que contribuyan a minimizar o eliminar los riesgos ergonómicos identificados, promoviendo entornos de trabajo más seguros, eficientes y saludables.
6. Fomentar la integración de la ergonomía en la gestión preventiva de la empresa como parte de una estrategia de mejora continua en el ámbito de la seguridad y salud laboral.

## **4. CUERPO DEL PROYECTO**

### **4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE EL TIPO DE SOLDADURA Y EL ENFOQUE ERGONÓMICO**

Antes de proceder al desarrollo del cuerpo del proyecto, se establecen una serie de consideraciones técnicas y metodológicas que justifican el enfoque ergonómico adoptado en este estudio, así como el análisis comparativo entre los diferentes procesos de soldadura empleados en la empresa.

En el ámbito de la soldadura industrial, los procesos TIG y GMAW o MIG representan técnicas ampliamente utilizadas, pero con demandas físicas y características ergonómicas diferenciadas. Estas diferencias tienen un impacto directo en la postura, el esfuerzo muscular requerido, la distribución de la carga física y, por tanto, en el riesgo ergonómico asociado a cada tarea. Veremos las diferencias en el subapartado 4.3.1.

A priori, se parte de la hipótesis de que, en los casos estudiados, el proceso TIG en posiciones posturalmente comprometidas puede suponer un mayor nivel de riesgo ergonómico que el proceso MIG. Esta suposición se basa en la combinación de doble uso manual, elevada precisión técnica y posiciones extremas, como ocurre en la soldadura TIG de rodillas con brazos elevados. No obstante, debe destacarse que esta relación no es extrapolable de forma general a todo el sector de la soldadura. En entornos reales de trabajo, el nivel de riesgo postural no depende exclusivamente del tipo de soldadura, sino también de otros factores críticos como:

- El entorno físico donde se realiza el trabajo (espacios confinados, estructuras en altura, suelo irregular, etc.)
- La duración de la tarea y la posibilidad o no de adoptar pausas activas.
- El diseño del puesto, la disponibilidad de elementos de apoyo o ayuda mecánica.
- La organización del trabajo y la formación previa del operario en técnicas de ergonomía.

Por tanto, el enfoque de este trabajo se centra en evaluar el riesgo postural real observado en dos tareas concretas, representativas de las condiciones de trabajo en la empresa, sin perder de vista que el riesgo ergonómico debe analizarse de forma contextual y multifactorial.

## 4.2. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Este estudio se ha llevado a cabo en el entorno real de una empresa del sector industrial y naval, dedicada a ofrecer soluciones integrales en mantenimiento, calderería, mecanizado y montaje industrial. La empresa cuenta con una plantilla de aproximadamente 250 trabajadores, distribuidos en diferentes perfiles profesionales, tales como ingenieros, técnicos administrativos, mecánicos, montadores, fresadores, torneros y tuberos. De ellos, menos de un centenar desempeñan funciones como soldadores.

Las actividades de soldadura se desarrollan principalmente en dos instalaciones diferenciadas: una nave de grandes dimensiones destinada a trabajos de calderería pesada, y un taller específico para labores de mantenimiento industrial, en el cual también se llevan a cabo trabajos de soldadura de diversa índole. Las técnicas más utilizadas por los operarios son la soldadura TIG y MIG. Cada una de estas técnicas implica diferentes exigencias posturales, físicas y ergonómicas, que serán objeto de análisis detallado en este trabajo.

Con el objetivo de evaluar los riesgos ergonómicos derivados de estas tareas, se ha optado por la aplicación del método REBA. Este método se considera especialmente adecuado para el presente estudio por su capacidad para analizar de forma sistemática las posturas de todo el cuerpo durante la ejecución de tareas que requieren movimientos repetitivos, manipulación de cargas o posturas forzadas, como es el caso de la soldadura. El método REBA permite asignar un nivel de riesgo a cada postura observada, facilitando así la identificación de tareas que requieren intervención preventiva.

Para la recogida de datos, se ha utilizado la observación directa de las tareas realizadas por los soldadores en su puesto habitual, complementada con registro fotográfico de las posturas adoptadas durante el desarrollo de las actividades. Estas imágenes se incluirán en el *Anexo 1*, y servirán tanto para documentar gráficamente las situaciones analizadas como para apoyar la aplicación del método REBA en la fase de evaluación.

#### 4.2.1. Método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

El método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), desarrollado por Hignett y McAtamney, es una herramienta de evaluación ergonómica diseñada para identificar riesgos posturales asociados a tareas que implican el uso del cuerpo completo. Es especialmente útil en entornos laborales donde los trabajadores adoptan posturas estáticas o dinámicas que pueden generar cargas biomecánicas significativas.

REBA permite analizar de forma rápida y sistemática diferentes segmentos corporales: tronco, cuello, piernas, brazos y muñecas, además de considerar factores como el tipo de agarre, la carga manejada y la actividad muscular estática. El análisis se estructura en dos grupos principales:

- Grupo A: Incluye tronco, cuello y piernas.
- Grupo B: Incluye brazos, antebrazos y muñecas.

Cada grupo obtiene una puntuación en función de las posiciones adoptadas, que posteriormente se combinan con factores de carga y actividad para obtener una puntuación final. Esta puntuación se interpreta en una escala de riesgo que varía desde bajo (necesidad de intervención nula o mínima) hasta muy alto (requiere intervención inmediata).

El método REBA se caracteriza por su aplicabilidad en distintos sectores productivos y por requerir una formación básica en ergonomía para su correcta implementación. Su empleo permite priorizar acciones preventivas en función del nivel de riesgo postural identificado, contribuyendo así a la mejora de las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo y a la prevención de trastornos musculoesqueléticos.

## Hoja de trabajo para evaluación de empleados REBA

PUNTAJES												
	Cuello			Piernas			Antebrazo			Muñeca		
Tabla A	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Puntaje cuello	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Puntaje de postura del torso	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	
Torso	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	7	
Cuello	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	9	
Cuello se inclina de lado:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
<b>Paso 1: Posición de cuello</b>												
<b>Paso 2: Posición de torso</b>												
<b>Paso 3: Piernas</b>												
Ajuste...	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Torso torciendo:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Torso se inclina de lado:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
<b>Paso 4: Ver puntaje de postura en Tabla A</b>												
Con los valores de los pasos 1-3 arriba, busque el puntaje en la Tabla A	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
<b>Paso 5: Sumar puntaje fuerza/carga</b>												
Si la carga es < 11 lbs: +0												
Si la carga es de 11 a 22 lbs: +1												
Si la carga es > 22 lbs: -2												
Ajuste: Si hay choque o aumento rápido de fuerza: +1												
<b>Paso 6: Puntaje A, buscar fila en Tabla C</b>												
Suma los valores de los pasos 4 y 5 para obtener el puntaje A. Busque la fila en la tabla C.	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	
<b>Punto A</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Puntaje REBA</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
<b>Puntaje REBA</b>	Puntaje actividad	Puntaje REBA										
<b>Punto A</b>	Puntaje Fuerza/Carga	Puntaje A										
<b>Paso 7: Posición de brazo</b>												
en extensión	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Hombro levantado:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Brazo en abducción:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Brazo apoyado o persona recargada:	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	
<b>Paso 8: Posición de antebrazo</b>												
en extensión	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Hombro levantado:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Brazo apoyado o persona recargada:	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	
<b>Paso 9: Posición de muñeca</b>												
en extensión	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
Muñeca desviada de línea media o torcida:	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
<b>Paso 10: Ver puntaje de postura en Tabla B</b>												
Con los valores de los pasos 7-9 arriba, busque el puntaje en la Tabla B	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	+4	+1	+2	+3	
<b>Paso 11: Sumar puntaje de acoplamiento</b>												
Asa con buen acoplamiento y agarre abierto	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	
Agarre manual aceptable pero no ideal o acoplamiento aceptable con otra parte del cuerpo	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	
Agarre manual incómodo pero posible	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	
Sin asas, incómodo, inseguro con cualquier parte del cuerpo o inacptable	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13	
<b>Paso 12: Puntaje B, buscar columna en Tabla C</b>												
Suma los valores de los pasos 10 y 11 para obtener el puntaje B.	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	
Busque la columna en la Tabla C y emparejela con la fila del puntaje A del paso 6 para obtener el puntaje de la Tabla C.	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	
<b>Paso 13: Puntaje de actividad</b>												
riesgo mínimo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Puntaje REBA</b>	Puntaje actividad	Puntaje REBA										
<b>Punto A</b>	Puntaje Fuerza/Carga	Puntaje A										

## 4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE SOLDADURA

### 4.3.1. Breve descripción de los trabajos básicos de soldadura en la empresa

Los trabajos básicos de soldadura que se realizan en la empresa se centran principalmente en los procesos MIG y TIG, ambos ampliamente utilizados por su precisión, resistencia de unión y versatilidad en aplicaciones industriales y navales.

De forma general, el proceso TIG requiere una mayor precisión y control manual, ya que el operario debe manejar simultáneamente la antorcha y la varilla de aporte. Esta situación obliga a adoptar posturas más estáticas y controladas, con una alta demanda de estabilidad y coordinación fina, lo cual incrementa la carga muscular en cuello, espalda y extremidades superiores, especialmente cuando la tarea se realiza en condiciones desfavorables como posiciones sobre cabeza, trabajos en altura o de rodillas.

Por su parte, la soldadura MIG automatiza la alimentación del material de aporte a través de un hilo continuo, lo que puede parecer, en principio, menos exigente desde el punto de vista físico. Sin embargo, el peso y volumen de la antorcha MIG, junto con las posiciones de trabajo adoptadas (como en la posición 6G evaluada), pueden generar igualmente un esfuerzo sostenido significativo en hombros y brazo dominante, además de mantener una postura cervical forzada durante largos períodos.

Desde el punto de vista ergonómico, ambos procesos implican posturas mantenidas, flexión del cuello, y carga estática en hombros y brazos, especialmente en trabajos prolongados o en posiciones difíciles (sobre cabeza o en ángulos inclinados). Las medidas preventivas incluyen la organización del puesto, uso de soportes para brazos, rotación de tareas, pausas activas y formación en técnicas de trabajo seguras y eficientes.

#### 4.3.2. Tarea 1: Soldadura TIG con varilla en tubería de 6" y 3" SCH 80 de acero al carbono

##### 4.3.2.1. Descripción del procedimiento

La tarea consiste en la ejecución de cordones de soldadura mediante el proceso TIG (*Tungsten Inert Gas*) en tuberías de acero al carbono con un diámetro de 6 y 3 pulgadas y una especificación de espesor SCH 80 (*Schedule 80*), lo que supone una pared de considerable grosor. Este tipo de soldadura se utiliza para unir tramos de tubería en instalaciones industriales y navales donde se requiere una alta resistencia mecánica y estanqueidad.

El procedimiento se inicia con la preparación de los bordes del tubo (biselado), seguida de la limpieza de la superficie con cepillo metálico o herramientas abrasivas para garantizar una unión libre de impurezas. A continuación, se posicionan las piezas mediante soportes o gatos mecánicos, asegurando su alineación, y se procede a realizar la soldadura en varias pasadas (raíz, relleno y peinado). Durante el proceso, el operario debe mantener una velocidad de avance constante y controlar el ángulo de la antorcha, el arco y la alimentación de varilla como material de aporte.

##### 4.3.2.2. Equipos y herramientas utilizadas

- Fuente de energía TIG de alta frecuencia con regulación precisa de parámetros.
- Antorcha TIG.
- Hilo de aporte según WPS (Procedimiento de soldadura)
- Botella de gas inerte (argón puro)
- Varilla de aporte adecuado para acero al carbono.
- Cepillos metálicos, esmeriladora o radial para limpieza de juntas.
- Soportes o gatos de sujeción de tuberías.
- Pantalla de soldador con filtro automático.
- Guantes de protección térmica.
- Ropa de trabajo ignífuga.
- Rodilleras o cojín/almohadilla (en caso de trabajo en suelo)
- Banquillo o silla metálica (en trabajos sentados)

#### 4.3.2.3. Posturas típicas del operario

Durante la ejecución de esta tarea se han identificado tres posturas frecuentes, en función de la accesibilidad a la unión de soldadura y de la ubicación del tramo de tubería a trabajar:

- Soldadura sentado con las manos separadas 50 cm respecto al pecho

El operario se encuentra sentado en un banco o banquillo metálico, sin respaldo ni apoyo lumbar. La pieza se encuentra frente a él, apoyada en un soporte a media altura. El operario mantiene ambos brazos separados respecto al eje central del cuerpo, extendidos hacia adelante a unos 50 cm del pecho. Esta postura puede mantenerse durante períodos prolongados, especialmente en trabajos de relleno o peinado, generando fatiga en la musculatura del cuello, hombros y zona lumbar por la falta de apoyo.

- Soldadura de pie con las manos separadas 50 cm respecto al pecho

El operario permanece de pie frente a la tubería, que se encuentra colocada sobre caballetes metálicos a la altura del tronco. Las manos trabajan de forma coordinada con el equipo de soldadura, también a una distancia de unos 50 cm del cuerpo. El tronco se mantiene en ligera flexión hacia adelante, mientras que los brazos trabajan en posición media, con elevación del hombro. Esta postura implica una carga estática mantenida en la región lumbar, y un esfuerzo considerable en hombros y cuello, especialmente en tareas prolongadas.

- Soldadura de rodillas con las manos por encima de la cabeza

Este tipo de soldadura se realiza cuando la unión se encuentra en una posición elevada o invertida. El operario se coloca de rodillas en el suelo, elevando ambos brazos por encima del nivel del hombro para alcanzar la zona de soldadura. Esta postura es especialmente exigente desde el punto de vista ergonómico, ya que combina flexión de rodillas, compresión en articulaciones, y trabajo con los brazos en sobrecarga postural. Además, implica riesgo de fatiga muscular en hombros, cuello y espalda, así como tensión articular prolongada en la zona lumbar.

Estas posturas serán objeto de análisis específico mediante el método REBA, con el fin de determinar su grado de riesgo y establecer las medidas preventivas necesarias para minimizar los efectos negativos sobre la salud musculoesquelética del operario.

**4.3.3. Tarea 2: Soldadura GMAW con hilo en probeta bajo techo (posición 6G) de EH36 con espesor de 20 mm****4.3.3.1. Descripción del procedimiento**

La tarea consiste en la ejecución de una soldadura en posición 6G utilizando el proceso GMAW "Gas Metal Arc Welding" (Soldadura por Arco Metálico con Gas) con aporte de hilo en una probeta de acero naval EH36, con un espesor de 20 mm de placa. Esta posición es una de las más complejas, ya que obliga al soldador a dominar la técnica desde múltiples ángulos, incluyendo zonas de difícil acceso.

La probeta se fija de forma rígida sobre un bastidor metálico, simulando condiciones reales de trabajo. El proceso se realiza bajo techo, en una nave cerrada, con condiciones ambientales controladas. El procedimiento comienza con el ajuste preciso de parámetros (amperaje, caudal de gas, velocidad de hilo, etc.) y la preparación meticulosa del bisel y limpieza de superficies. Se ejecutan varias pasadas: raíz, intermedias y peinado, con especial atención al control del baño de fusión y a la aplicación precisa de hilo como material de aporte.

El control de la técnica es esencial, ya que el acero EH36, destinado a aplicaciones estructurales en el sector naval, requiere alta calidad en la unión y ausencia de defectos internos.

**4.3.3.2. Equipos y herramientas utilizadas**

- Fuente de energía para soldadura MIG (convertidor o rectificador con regulación electrónica)
- Antorcha MIG.
- Botella de gas protector (mezcla Ar + CO<sub>2</sub>)
- Bastidor de sujeción de probeta.
- Radial o esmeriladora para preparación del bisel.
- Cepillo de acero inoxidable para limpieza entre pasadas.
- Pantalla de soldador con oscurecimiento automático.
- Guantes de alta precisión resistentes al calor.
- Ropa de protección ignífuga (chaqueta, mandil, polainas)

#### 4.3.3.3. Postura típica del operario

- De pie con las manos a la altura de los ojos:

Durante esta tarea, el operario se posiciona de pie frente a la probeta, con el objetivo de realizar el cordón en todo el contorno de la unión en una única sujeción. En todo el proceso, el soldador debe elevar ambos brazos al nivel del hombro para mantener el ángulo correcto de la antorcha y del hilo de aporte.

Esta postura implica una extensión continuada de los brazos y una flexión cervical para mantener la visión sobre el baño de fusión, provocando tensión muscular significativa en los hombros, cuello y parte superior de la espalda. Además, la necesidad de precisión y estabilidad obliga al operario a mantener la posición durante largos períodos, lo que incrementa la carga estática y el riesgo de aparición de fatiga muscular o trastornos musculoesqueléticos en la región escapular y cervical.

Esta posición será objeto de evaluación detallada mediante el método REBA, dada su exigencia postural y la falta de apoyo de brazos o herramientas de asistencia que alivien el esfuerzo físico, con el fin de proponer mejoras ergonómicas viables y eficaces.

## 4.4. EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LAS TAREAS

Se va a aplicar el método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) con el objetivo de analizar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos derivados de posturas de trabajo, movimientos repetitivos y esfuerzos físicos.

Este método permite asignar un valor numérico al nivel de riesgo postural, considerando la posición del tronco, cuello, piernas, brazos y muñecas, así como la fuerza aplicada, el tipo de agarre y la actividad. La evaluación se ha realizado mediante observación directa y análisis fotográfico de las posturas adoptadas por los operarios durante el proceso de soldadura en condiciones reales

### 4.4.1. Evaluación ergonómica de la tarea 1.

#### 4.4.1.1. Aplicación del método REBA

Se han analizado las tres posturas principales:

- **Soldadura sentado con manos separadas 50 cm respecto al pecho:**

- Descripción: El operario se encuentra sentado en un banquillo metálico sin respaldo, con la espalda ligeramente encorvada hacia adelante y los brazos extendidos a la altura del pecho para manejar la antorcha TIG y la varilla de aporte.
- Factores observados:
  - Tronco: inclinación leve hacia adelante (10-20°)
  - Cuello: ligera flexión hacia abajo para observar el punto de soldadura.
  - Brazos: separados lateralmente y extendidos hacia el frente sin apoyo.
  - Piernas: ángulo de rodillas de 90°, pies apoyados.
- Puntuación REBA: 5

Desglose de puntuación:

- Grupo A (cuello, tronco, piernas):

- Cuello: 2 puntos (ligera flexión hacia abajo)
  - Tronco: 2 puntos (inclinación leve hacia adelante de 10–20°)
  - Piernas: 1 punto (posición sentada, sin respaldo ni soporte lumbar)
  - Subtotal A: 4 puntos
  - Grupo B (brazos, antebrazos, muñeca):
    - Brazo dominante : 2 puntos (abducción leve sin apoyo)
    - Antebrazo: 1 punto (ángulo funcional)
    - Muñeca: 1 punto (posición neutra)
    - Subtotal B: 4 puntos
  - Carga y actividad:
    - Carga muscular: 1 punto (sin apoyo de brazos, tarea de precisión)
    - Actividad mantenida: 1 punto (sin posibilidad de alternancia postural)
    - Carga total: 2 puntos
- Interpretación: Riesgo medio, se recomienda revisión del puesto para mejorar el soporte postural. La tensión muscular en la espalda y hombros, y la falta de apoyo en brazos, pueden generar molestias en tareas prolongadas.
- **Soldadura de pie con manos separadas 50 cm respecto al pecho:**
- Descripción: El operario está de pie frente a la tubería colocada sobre caballetes, con ligera inclinación del tronco hacia adelante y brazos extendidos a nivel del pecho.
  - Factores observados:
    - Tronco: flexión moderada (20-40°), sin apoyo.
    - Cuello: flexión media para visualizar el baño de fusión.
    - Brazos: abducción leve y extensión sin soporte.
    - Piernas: posición bípeda estable, sin desplazamientos.
  - Puntuación REBA: 6

Desglose de puntuación:

- Grupo A (cuello, tronco, piernas):
    - Cuello: 2 puntos (flexión media sostenida)
    - Tronco: 3 puntos (flexión moderada hacia adelante de 20–40°)
    - Piernas: 1 punto (posición bípeda estable, sin desplazamientos)
    - Subtotal A: 5 puntos
  - Grupo B (brazos, antebrazos, muñeca):
    - Brazo dominante : 2 puntos (abducción leve sin apoyo)
    - Antebrazo: 1 punto (posición funcional, sin hiperextensión)
    - Muñeca: 1 punto (posición neutra, sujeción mantenida)
    - Subtotal B: 4 puntos
  - Carga y actividad:
    - Carga muscular: 1 punto (tarea de precisión sin apoyo)
    - Actividad mantenida: 1 punto (sin alternancia postural)
    - Carga total: 2 puntos
- Interpretación: Riesgo medio-alto, requiere revisión con prontitud. Se detecta una sobrecarga en zona lumbar por la falta de alternancia postural y una tensión sostenida en la región cervical. Se sugiere el ajuste de la altura del soporte de trabajo y planificación de descansos.

- **Soldadura de rodillas con manos por encima de la cabeza:**

- Descripción: El operario trabaja arrodillado, elevando los brazos por encima de los hombros para soldar una sección superior de la tubería, lo que implica una postura extrema y poco estable.
- Factores observados:
  - Tronco: ligeramente extendido hacia atrás.
  - Cuello: extensión marcada para observar la zona de trabajo.
  - Brazos: por encima de la cabeza (elevación superior a 90°).
  - Piernas: apoyadas sobre rodillas, sin alternancia, con compresión en las articulaciones.
- Puntuación REBA: 9

Desglose de puntuación:

- Grupo A (cuello, tronco, piernas):
    - Cuello: 3 puntos (extensión marcada hacia atrás para observar el área de trabajo)
    - Tronco: 2 puntos (ligera extensión hacia atrás)
    - Piernas: 2 puntos (posición de rodillas con compresión y sin alternancia)
    - Subtotal A: 5 puntos
  - Grupo B (brazos, antebrazos, muñeca):
    - Brazo dominante : 4 puntos (elevación por encima de los hombros >90°)
    - Antebrazo: 1 punto (posición funcional sin apoyo)
    - Muñeca: 1 punto (posición neutra)
    - Subtotal B: 6 puntos
  - Carga y actividad:
    - Carga muscular: 1 punto (sin apoyo, elevación sostenida)
    - Actividad mantenida: 1 punto (sin cambios posturales)
    - Carga total: 2 puntos
- 
- Interpretación: Riesgo alto, se requiere intervención inmediata. Esta postura representa una combinación crítica de sobrecarga articular en hombros, compresión de rodillas y fatiga en cuello y espalda. Se recomienda reconfigurar el puesto de trabajo para evitar trabajos por encima del nivel del hombro, así como el uso de plataformas elevadoras y limitar la duración de esta postura.

#### 4.4.1.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método REBA se resumen en la siguiente tabla:

Postura evaluada	Elemento analizado	Descripción	Puntuación REBA
<b>Soldadura sentado (manos a 50 cm del pecho)</b>	Tronco	Inclinación leve hacia adelante (10–20°)	2
	Cuello	Flexión leve mantenida hacia abajo	2
	Piernas	Sentado, rodillas a 90°, sin apoyo lumbar	1
	Brazos	Extensión anterior sin apoyo, abducción ligera	2
	Antebrazos	Extendidos en ángulo funcional	1
	Muñeca	Posición neutra	1
	Carga/actividad	Esfuerzo estático sin apoyo de brazos	1
	Actividad mantenida	Tarea mantenida, sin posibilidad de alternancia postural	1
	<b>Total</b>		<b>5</b>
<b>Soldadura de pie (manos a 50 cm del pecho)</b>	Tronco	Flexión moderada (20–40°), sin apoyo	3
	Cuello	Flexión media para observar el baño de fusión	2
	Piernas	Postura bípeda, sin desplazamientos	1
	Brazos	Abducción leve, sin soporte	2
	Antebrazos	Extendidos hacia adelante	1
	Muñeca	Posición neutra, sujeción prolongada	1
	Carga/actividad	Tarea de precisión sin apoyo	1
	Actividad mantenida	Sin alternancia ni apoyo postural	1
	<b>Total</b>		<b>6</b>
<b>Soldadura de rodillas (manos por encima de la cabeza)</b>	Tronco	Ligera extensión hacia atrás	2
	Cuello	Extensión marcada para observar la zona de trabajo	3
	Piernas	Apoyo sobre rodillas, compresión articular sostenida	2
	Brazos	Elevación por encima de los hombros (>90°)	4
	Antebrazos	En ángulo funcional, sin apoyo	1
	Muñeca	Posición neutra	1
	Carga/actividad	Elevación mantenida, sin soporte	1
	Actividad mantenida	Trabajo mantenido sin cambios posturales	1
	<b>Total</b>		<b>9</b>

**Tabla 4.4.1.2.1.** Tabla resumen de resultados en tarea 1. Elaboración propia.

#### 4.4.1.3. Análisis del nivel de riesgo detectado en cada postura

- Soldadura sentado (manos a 50 cm del pecho):

Desde el punto de vista ergonómico, esta postura presenta una combinación de factores de riesgo moderados, especialmente relacionados con la estática prolongada del segmento superior del cuerpo. La extensión continua de los brazos en posición horizontal genera una activación constante del deltoides anterior y del trapecio, lo que puede conducir a fatiga muscular y dolor en la región escapular.

La ligera inclinación anterior del tronco, en ausencia de apoyo lumbar, implica una contracción isométrica sostenida de la musculatura paravertebral, particularmente en la región dorsal. Esta situación se agrava por el uso de un asiento sin respaldo ni superficie acolchada, lo que no permite la descarga de la columna vertebral ni favorece la alternancia postural. Asimismo, el apoyo plantar adecuado no compensa la carga axial generada por la flexión del tronco.

El valor REBA obtenido (5) se corresponde con un nivel de riesgo medio, lo que indica que el puesto de trabajo debe ser revisado. Las recomendaciones preventivas incluyen:

- Sustitución del banquillo metálico por una silla ergonómica con respaldo y soporte lumbar.
- Implementación de reposabrazos o soportes ajustables para antebrazos, que permitan reducir la carga sostenida sobre hombros.
- Revisión de la altura del plano de trabajo para permitir una postura más relajada de los miembros superiores.
- Programación de pausas activas y estiramientos enfocados en la musculatura escapular y paravertebral.

- Soldadura de pie (manos a 50 cm del pecho):

En esta postura, se identifican diversos factores de carga estática que afectan principalmente a la región lumbar, los hombros y el cuello. La flexión del tronco, aunque moderada, se mantiene sin apoyo, lo que provoca una activación constante de la zona lumbar. Esta situación puede derivar en molestias lumbosacras o incluso en la aparición de trastornos musculoesqueléticos si se sostiene de forma crónica.

El cuello, en posición de flexión para observar el punto de soldadura, soporta una carga adicional que compromete la musculatura cervical anterior y posterior. Por su parte, los brazos, extendidos hacia adelante sin soporte, aumentan la demanda biomecánica del manguito rotador, especialmente del supraespinoso y del deltoides.

La puntuación REBA obtenida (6) corresponde a un nivel de riesgo medio-alto, lo que justifica la necesidad de intervención con prontitud. Las medidas preventivas recomendadas son:

- Regulación ergonómica de la altura de los caballetes o de la pieza a soldar para minimizar la flexión del tronco.
- Instalación de apoyabrazos móviles o sistemas de suspensión para herramientas, con el fin de disminuir la carga estática en miembros superiores.
- Rotación de tareas que permita al operario alternar posturas.
- Formación en higiene postural y concienciación sobre microdescansos visuales y físicos.

#### - **Soldadura de rodillas con manos por encima de la cabeza:**

Esta postura representa un escenario de máxima exigencia biomecánica debido a la combinación de factores críticos: compresión de articulaciones en miembros inferiores, elevación sostenida de los brazos por encima del nivel de los hombros, y extensión cervical pronunciada. La flexión mantenida de las rodillas, sin alternancia ni amortiguación, ejerce una presión constante, lo que a largo plazo puede desencadenar patologías como bursitis o condromalacia rotuliana.

La posición elevada de los brazos impone una carga significativa sobre el complejo articular del hombro, aumentando el riesgo de lesiones del manguito rotador, especialmente del tendón del supraespinoso. Simultáneamente, la hiperextensión cervical necesaria para enfocar la vista sobre el punto de soldadura sobrecarga la musculatura y puede desencadenar cefaleas posturales o vértigo cervical.

La puntuación REBA (9) indica un riesgo alto, que requiere una intervención inmediata. Las propuestas de actuación incluyen:

- Rediseño del entorno de trabajo mediante la utilización de plataformas elevadoras, andamios o sistemas automatizados para evitar la necesidad de trabajar por encima del nivel de los hombros.
- Implementación de exoesqueletos pasivos para soporte de brazos.
- Uso de cojines ergonómicos para trabajo de rodillas o tableros inclinados que reduzcan la presión articular.
- Reducción de la duración de exposición mediante asignación de tareas con menor exigencia postural entre fases.
- Monitorización médica preventiva del estado musculoesquelético de los operarios asignados a este tipo de tareas.



#### 4.4.2. Evaluación ergonómica de la tarea 2.

##### 4.4.2.1. Aplicación del método REBA

Se analiza la siguiente postura principal:

- **Soldadura de pie bajo techo (posición 6G):**

- Descripción: El operario está de pie debajo de la probeta colocada sobre caballetes, con los brazos flexionados hasta llegar a subir las manos hasta la altura de los ojos aproximadamente.
- Factores observados:
  - Tronco: flexión leve hacia adelante (entre 10° y 20°), sin torsión.
  - Cuello: flexión moderada mantenida (inclinación hacia adelante) para enfocar la vista sobre el punto de fusión.
  - Brazos: ambos brazos se mantienen elevados, con el dominante en una posición superior (a la altura de los ojos), superando los 90° de abducción del hombro.
  - Muñeca: posición neutra, aunque con sujeción continua de la antorcha.
  - Piernas: postura bípeda estable, sin alternancia ni desplazamiento.
  - Carga/actividad: tarea que requiere esfuerzo de precisión y control motor fino, mantenida durante más de 1 minuto sin descanso, sin posibilidad de apoyo de brazos ni variación postural significativa.
- Puntuación REBA: 7

Desglose de puntuación:

- Grupo A (cuello, tronco, piernas):
  - Cuello (3 puntos)
  - Tronco (2 puntos)
  - Piernas (1 punto)
  - Subtotal A: 4 puntos

- Grupo B (brazos, antebrazos, muñeca):
    - Brazo dominante (4 puntos, por estar por encima del nivel del hombro)
    - Antebrazo (1 punto, por estar en ángulo funcional)
    - Muñeca (1 punto, en posición neutra)
    - Subtotal B: 6 puntos
  - Carga y actividad:
    - Carga muscular leve, pero sin apoyo (1 punto)
    - Actividad mantenida sin cambios (1 punto)
    - Carga total: 2 puntos
- Interpretación: La puntuación REBA de 7 puntos indica un riesgo alto. Según la escala de acción del método, se requiere una intervención necesaria con rapidez. Esta puntuación refleja una carga postural importante, especialmente en la región cervical, los hombros y la parte superior de la espalda, debido a la combinación de elevación de brazos y mantenimiento de la mirada fija hacia arriba.

#### 4.4.2.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método REBA se resumen en la siguiente tabla:

Postura evaluada	Elemento analizado	Descripción	Puntuación REBA
Soldadura de pie bajo techo (posición 6G)	Tronco	Flexión leve hacia adelante (10–20°), sin torsión	2
	Cuello	Flexión moderada mantenida hacia adelante para visualizar el baño de fusión	3
	Piernas	De pie, postura bípeda estable, sin desplazamientos	1
	Brazo dominante	Elevación por encima del nivel del hombro (>90° de abducción)	4
	Antebrazo	Ángulo funcional, sin hiperextensión	1
	Muñeca	Posición neutra, sujeción continua de la antorcha	1
	Carga/actividad	Sin apoyo de brazos, carga muscular mantenida	1
	Actividad mantenida	Trabajo mantenido sin alternancia postural significativa	1
<b>Total</b>			<b>7</b>

**Tabla 4.4.2.2.1.** Tabla resumen de resultados en tarea 2. Elaboración propia.

#### 4.4.2.3. Análisis del nivel de riesgo detectado

Desde el punto de vista biomecánico, la elevación de los brazos por encima del hombro provoca un aumento significativo de la actividad muscular en la zona escapular y deltoidea, lo que incrementa el riesgo de padecer lesiones del manguito rotador y dolencias musculoesqueléticas en hombros y cuello. La flexión del cuello mantenida para visualizar el baño de fusión también conlleva una elevada carga sobre la musculatura cervical y puede derivar en cervicalgias y cefaleas tensionales si se mantiene en el tiempo sin descanso.

La ausencia de apoyo para los brazos y la necesidad de controlar con precisión la antorcha y el hilo de aporte obligan al operario a mantener una postura estática prolongada, sin posibilidad de alternancia postural. Esta situación reduce la oxigenación muscular y favorece la aparición de fatiga localizada.

El método REBA, en este contexto, demuestra ser una herramienta eficaz para cuantificar este tipo de riesgos, especialmente en tareas que requieren coordinación motriz fina y esfuerzo sostenido, como es el caso de la soldadura en posición 6G. El resultado obtenido indica la urgencia de intervenir en el diseño del puesto de trabajo y en la planificación de la tarea, con el objetivo de reducir el impacto físico sobre el trabajador.

Entre las acciones preventivas recomendables que se derivan de este análisis destacan:

- Reducción de la altura de la probeta o uso de plataformas regulables para evitar la elevación de brazos.
- Introducción de soportes para antebrazos o exoesqueletos pasivos.
- Limitación del tiempo continuo en esta postura mediante rotación de tareas.
- Programación de pausas activas y estiramientos específicos.
- Formación ergonómica específica para mejorar la conciencia postural del operario.

Este análisis sienta las bases para las propuestas preventivas que se detallarán en el apartado 4.6, con el fin de optimizar las condiciones de trabajo y prevenir lesiones a medio y largo plazo.

## 4.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PROBLEMAS DETECTADOS

La evaluación ergonómica de las tareas de soldadura llevadas a cabo en la empresa ha permitido identificar una serie de riesgos específicos asociados a las posturas adoptadas por los operarios durante el desarrollo de su actividad diaria. Estas tareas, aunque fundamentales para la operativa industrial y naval, implican una elevada carga física que puede comprometer la salud musculoesquelética del trabajador si no se abordan de forma preventiva.

Las técnicas analizadas han sido la soldadura TIG con varilla en tuberías de distintos diámetros y espesores, y la soldadura GMAW (MIG) en probeta en posición 6G, ambas desarrolladas en condiciones reales bajo techo, lo que ha permitido obtener datos objetivos, contextualizados y representativos de la actividad laboral en este tipo de entornos.

La aplicación del método REBA ha proporcionado una herramienta eficaz para valorar el grado de riesgo postural en ambas tareas, permitiendo establecer comparativas, identificar los factores más determinantes en la aparición de sobrecarga física, y justificar la necesidad de implementar medidas correctivas. A continuación, se expone una descripción sistemática de los principales factores de riesgo, seguida de una comparativa ergonómica entre ambas tareas y un análisis de la relación entre el tipo de soldadura y el nivel de riesgo.

### 4.5.1. Descripción de los principales factores de riesgo

Durante la observación y análisis de las tareas ejecutadas por los operarios, se han identificado los siguientes factores de riesgo ergonómico:

- a) Posturas forzadas y mantenidas

Ambas tareas implican posturas estáticas mantenidas durante varios minutos sin posibilidad de descanso, especialmente durante la ejecución de los cordones de raíz y de relleno. Las posiciones con los brazos elevados (a nivel del pecho o por encima del hombro) generan una carga muscular importante sobre el cinturón escapular, cuello y parte superior de la espalda.

En el caso de la soldadura de rodillas con los brazos por encima de la cabeza (tarea TIG), se combinan varios factores de riesgo: flexión de rodillas, compresión articular y elevación de brazos, lo que representa una de las posturas más exigentes observadas.

b) Flexión del cuello y visión forzada

Ambas tareas requieren un control visual continuo del baño de fusión, lo que obliga al operario a mantener el cuello en flexión moderada o, en el caso de soldaduras en altura, en extensión cervical. Estas posiciones repetidas o prolongadas pueden favorecer la aparición de cervicalgias, contracturas musculares y fatiga ocular.

c) Elevación de brazos sin apoyo

El uso de antorchas manuales en TIG y MIG implica la sujeción continua del equipo de soldadura con una mano, mientras la otra controla la varilla o el hilo. Esta actividad genera una carga estática sostenida en los brazos, que puede derivar en tendinopatías del manguito rotador, especialmente cuando se realizan tareas por encima del nivel de los ojos.

d) Falta de alternancia postural y de descansos

La exigencia técnica de las soldaduras, especialmente en posición 6G, obliga al operario a mantener la postura sin apenas movimiento, lo que reduce la oxigenación muscular y dificulta la recuperación de la musculatura implicada. La ausencia de pausas activas estructuradas potencia la acumulación de fatiga.

e) Condiciones del puesto de trabajo

En algunos casos, se ha observado la falta de ajustes ergonómicos en la altura de la pieza, así como la ausencia de soportes para brazos o sillas con respaldo. Esta carencia de elementos de apoyo postural favorece el agotamiento físico y limita la eficiencia del operario a medio plazo.

#### 4.5.2. Comparativa entre tareas más y menos exigentes a nivel ergonómico

La evaluación REBA realizada en ambas tareas permite establecer una comparativa objetiva del nivel de riesgo postural:

Tarea	Descripción de la postura	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Acción recomendada
<b>TIG – Sentado (manos a 50 cm del pecho)</b>	Postura estática, brazos extendidos, sin apoyo lumbar	5	Medio	Revisión del puesto
<b>TIG – De pie (manos a 50 cm del pecho)</b>	Ligera flexión de tronco, brazos sin apoyo	6	Medio-alto	Mejora postural y pausas
<b>TIG – De rodillas (manos por encima de la cabeza)</b>	Flexión de rodillas, brazos elevados	9	Alto	Intervención inmediata
<b>MIG – De pie (brazos a la altura de los ojos)</b>	Elevación de brazos sostenida, flexión cervical	7	Alto	Intervención rápida

**Tabla 4.5.2.1.** Comparativa entre diferentes posiciones de tareas planteadas. Elaboración propia.

De este análisis se desprende que las posturas más exigentes son las que implican trabajo por encima de los hombros y aquellas en las que no existe apoyo ni variación postural, como ocurre en la soldadura TIG de rodillas y la MIG en posición 6G. Ambas registran puntuaciones REBA elevadas (9 y 7, respectivamente), lo que justifica la necesidad de adoptar medidas ergonómicas de forma prioritaria.

Las posturas menos exigentes en términos relativos (aunque no exentas de riesgo) son aquellas en las que el operario trabaja sentado o de pie, con los brazos a nivel del pecho, siempre que la tarea no se prolongue en exceso y se disponga de apoyos adecuados.

#### 4.5.3. Relación entre tipo de soldadura y nivel de riesgo postural

En el análisis de las tareas desarrolladas en este estudio, se ha observado una correlación directa entre el tipo de soldadura utilizada y el nivel de riesgo postural detectado, en el sentido de que las características técnicas del proceso TIG han implicado, en los casos evaluados, posturas más exigentes físicamente que el proceso GMAW (MIG).

Esta diferencia se ha manifestado principalmente en la necesidad de coordinación motriz, el uso simultáneo de ambas manos y la mayor concentración exigida para controlar la soldadura y alimentar manualmente la varilla de aporte.

La soldadura TIG en tuberías, especialmente cuando se realiza de rodillas y con los brazos por encima de la cabeza, ha arrojado una puntuación REBA de 9, lo que representa un nivel de riesgo alto. Este resultado está claramente influido por la postura extrema requerida, la ausencia de apoyos y la combinación de flexión de rodillas, extensión de cuello y sobrecarga en hombros.

En comparación, la soldadura MIG en posición 6G, aunque también realizada en una postura exigente (de pie, con los brazos a la altura de los ojos), ha resultado algo menos exigente desde el punto de vista postural, obteniendo una puntuación REBA de 7. En este caso, la alimentación automática del hilo reduce la necesidad de control fino con ambas manos, aunque no elimina la sobrecarga muscular derivada de la elevación de brazos y la flexión cervical mantenida.

No obstante, es fundamental subrayar que esta relación observada entre tipo de soldadura y nivel de riesgo postural responde exclusivamente al contexto específico de las tareas evaluadas en este estudio, y no puede generalizarse sin matices al conjunto de trabajos del sector soldador.

En la práctica profesional cotidiana, el nivel de riesgo ergonómico depende en mayor medida de las condiciones específicas del puesto de trabajo que del tipo de soldadura en sí. Así, es posible encontrar tareas con soldadura MIG que impliquen niveles de riesgo igual o incluso superiores a los asociados a soldadura TIG, en función de factores como:

- Ubicación de la soldadura (trabajos en altura, soldaduras sobre cabeza o bajo estructuras)

- Espacio disponible (espacios confinados, interiores de depósitos o estructuras navales)
- Accesibilidad a la zona de trabajo (necesidad de adoptar posturas forzadas o asimétricas)
- Duración de la tarea y repetitividad.
- Ausencia de elementos ergonómicos de apoyo (sillas adecuadas, plataformas, soportes de brazo, etc.)

Por tanto, aunque el tipo de soldadura influye en la técnica y el equipamiento utilizado, y puede afectar de forma indirecta a la postura, no debe considerarse un determinante único ni aislado del riesgo postural. La postura real que adopta el soldador viene condicionada por un conjunto de factores ergonómicos, espaciales y organizativos que, en muchos casos, pueden convertir tareas teóricamente menos exigentes en escenarios de alto riesgo si no se gestionan correctamente.

De manera particular, los resultados de este estudio muestran una relación contextual entre soldadura TIG y un mayor riesgo postural, pero dicha relación debe analizarse caso por caso, valorando siempre las condiciones reales del entorno de trabajo y las medidas preventivas disponibles.

## 4.6. PROPUESTAS DE MEJORA Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Tras el análisis ergonómico realizado mediante el método REBA, se proponen a continuación una serie de medidas preventivas y de rediseño, estructuradas en cuatro grandes líneas de actuación, con el objetivo de reducir estos riesgos y mejorar la seguridad, el confort y el rendimiento de los operarios:

### 4.6.1. Rediseño de puestos o herramientas

El rediseño del puesto de trabajo es una de las estrategias más eficaces para prevenir trastornos musculoesqueléticos. En los casos analizados, se identifican oportunidades de mejora en la configuración del entorno de trabajo:

- a) Altura regulable de soportes y bastidores.

Una de las principales recomendaciones es la regulación en altura de las probetas y tuberías sobre las que se realizan las soldaduras. Esto permitiría ajustar el plano de trabajo a una altura ergonómica óptima, reduciendo la necesidad de elevar los brazos por encima del nivel del hombro y evitando posturas forzadas del cuello.

En el caso de las tareas realizadas de pie (tanto en TIG como en MIG), la posibilidad de adaptar la altura del bastidor permitiría trabajar con los brazos a una altura más neutra (por debajo del hombro), lo que reduce significativamente la carga estática en hombros y cuello.

Hay determinados trabajos (fabricación de tuberías, depósitos, etc.) en los que no es tan sencillo mover la pieza o el conjunto a soldar y adaptarlo a una postura cómoda y segura, pero en medida de lo posible se intentará regular la altura para mejorar la posición del soldador.

- b) Incorporación de sillas ergonómicas y bancos con respaldo.

En tareas en las que el operario trabaja sentado, como en la soldadura TIG, se ha observado el uso de bancos metálicos sin respaldo ni apoyo lumbar. Se recomienda sustituir estos elementos por sillas ergonómicas con ajuste en altura y respaldo, que permitan mantener una postura correcta de la columna vertebral, reducir la fatiga en la zona lumbar y ofrecer mayor estabilidad durante el trabajo.

c) Soportes para brazos y antebrazos.

En soldadura TIG, donde se requiere el uso simultáneo de ambas manos (una para la antorcha y otra para la varilla), resulta de gran utilidad la instalación de soportes acolchados para antebrazos, especialmente en trabajos prolongados. Estos elementos permiten al operario descansar parte del peso de los brazos, reduciendo la carga estática muscular y mejorando la precisión del trabajo técnico.

d) Mejora de la iluminación del puesto.

La necesidad de mantener la vista fija sobre el baño de fusión obliga a mantener posturas de cuello en flexión o extensión. Una iluminación adecuada, directa y sin reflejos, permite reducir el esfuerzo visual y adoptar una postura más relajada del cuello.

Se recomienda la instalación de focos LED orientables y sistemas de luz fría que no generen calor adicional en el entorno de trabajo.

e) Optimización del espacio en trabajos de suelo o altura.

En trabajos de soldadura a nivel bajo o elevado, como la soldadura de rodillas o por encima de la cabeza, es crucial contar con espacio suficiente para cambiar de postura, evitar obstáculos y permitir la reubicación del cuerpo. Se recomienda el uso de plataformas móviles, zonas despejadas y elementos que favorezcan el movimiento fluido del operario.

#### 4.6.2. Incorporación de ayudas mecánicas

La incorporación de ayudas técnicas y mecánicas en los procesos de soldadura no solo mejora la ergonomía del puesto, sino que también puede aumentar la precisión y la calidad del trabajo. En este sentido, se proponen las siguientes medidas:

- a) Plataformas elevadoras ajustables.

Para tareas que se realizan en altura o sobre cabeza, el uso de plataformas elevadoras móviles o andamios con altura regulable permite al operario trabajar en una posición más neutral, evitando la elevación de los brazos y la flexión cervical excesiva. Esta medida es especialmente útil en soldadura de estructuras de gran tamaño o en tuberías instaladas a cierta altura.

- b) Brazos articulados de soporte de antorchas.

Existen en el mercado brazos articulados que pueden sostener parcialmente el peso de la antorcha, permitiendo que el operario trabaje con mayor estabilidad y menor carga en los hombros y muñecas. Esta medida es muy útil en soldadura TIG y MIG en tareas repetitivas o de larga duración.

- c) Rodilleras ergonómicas o cojines de trabajo.

En tareas en el suelo o de rodillas, el uso de rodilleras acolchadas o cojines ergonómicos distribuye la presión, reduce el impacto articular y mejora el confort. Este elemento debe considerarse como parte del EPI obligatorio en estas condiciones.

- d) Soportes giratorios o mesas de posicionamiento.

Para trabajos en probetas o piezas fijas, la incorporación de soportes giratorios o mesas con sistema de inclinación permite al operario rotar la pieza en lugar de modificar constantemente su postura. Esto facilita el acceso a zonas de difícil alcance sin necesidad de adoptar posturas forzadas o asimétricas.

- e) Exoesqueletos pasivos.

Aunque aún en fase de implantación en el sector industrial, los exoesqueletos ergonómicos pasivos para brazos y espalda están comenzando a utilizarse en actividades de mantenimiento, montaje y soldadura. Su implementación puede evaluarse como medida a largo plazo debido a su alto precio, especialmente en tareas de alta frecuencia y repetitividad.

#### **4.6.3. Formación ergonómica específica**

La concienciación del trabajador y la formación práctica en hábitos posturales correctos son pilares fundamentales en la prevención de riesgos ergonómicos. Por ello, se propone la implementación de un programa de formación ergonómica adaptado a soldadores, que incluya los siguientes contenidos:

- a) Técnicas de manipulación y postura corporal.

Formación práctica sobre cómo posicionar el cuerpo frente a la pieza, uso eficiente de las extremidades superiores, control visual sin forzar el cuello y distribución del peso corporal en tareas prolongadas.

- b) Uso correcto de equipos y herramientas.

Sesiones de formación sobre ajuste de la altura de caballetes, colocación de probetas, y manejo adecuado de antorchas y varillas. Esto permite minimizar posturas inadecuadas desde la fase de preparación.

- c) Identificación de señales de sobrecarga.

Los trabajadores deben conocer los síntomas iniciales de fatiga muscular, dolor articular o contracturas, así como la importancia de informar y actuar de forma preventiva ante los primeros signos de riesgo.

- d) Ergonomía visual y pausas oculares.

Dado que la soldadura requiere gran concentración visual, se debe instruir sobre pausas visuales, uso de filtros de calidad y técnicas de relajación ocular, especialmente en tareas prolongadas.

- e) Buenas prácticas y cultura preventiva.

Fomentar una cultura de prevención en el entorno de trabajo, en la que el operario sea parte activa de la mejora continua, proponiendo ideas, reportando incomodidades y participando en la adaptación del puesto.

#### **4.6.4. Rotación de tareas, pausas activas, etc.**

La organización del trabajo es un factor clave para reducir la exposición a factores de riesgo ergonómico. En este sentido, se recomiendan las siguientes acciones:

- a) Rotación de tareas entre operarios.

Diseñar turnos de trabajo que permitan alternar tareas de alta exigencia física con tareas más ligeras, de manera que se favorezca la recuperación muscular y se evite la repetición continuada de movimientos o posturas.

Por ejemplo, tras una jornada de soldadura en posición elevada, el trabajador podría pasar a tareas de limpieza, preparación o inspección visual, que requieren menor carga física.

- b) Pausas activas programadas.

Establecer pausas breves (5-10 minutos) cada 60-90 minutos de trabajo continuo, en las que el operario pueda realizar estiramientos guiados, ejercicios de movilidad articular o simplemente variar la postura. Estas pausas no deben ser vistas como tiempos muertos, sino como inversiones en salud y rendimiento.

- c) Diseño de microdescansos en tareas técnicas.

En operaciones como soldadura TIG, donde la precisión es prioritaria, puede ser útil programar cambios de lado de la pieza o cortes estratégicos en la tarea que permitan al operario descansar sin interrumpir el ritmo de producción.

- d) Supervisión y control del tiempo de exposición.

El personal encargado de prevención debe monitorizar el tiempo efectivo de exposición a posturas de alto riesgo, y establecer límites razonables según el tipo de tarea y las condiciones del entorno. La recogida de estos datos facilitará la implementación de mejoras continuas y adaptadas.

La implantación progresiva y sistemática de estas medidas contribuirá a reducir de manera significativa los riesgos ergonómicos detectados en los puestos de soldadura. La combinación de adaptación del puesto, ayudas técnicas, formación y organización del trabajo representa una estrategia integral que no solo protege la salud del trabajador, sino que aumenta la eficiencia, la calidad del trabajo y la satisfacción laboral.

Estas propuestas están alineadas con los principios de la acción preventiva establecidos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y deben considerarse como un punto de partida para un plan de mejora continua, adaptable a la evolución técnica y organizativa de la empresa.

## 4.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La realización de este estudio ha estado sujeta a una serie de condicionantes técnicos, temporales y organizativos que han influido en el alcance del análisis.

Estas limitaciones pueden permitirnos situar correctamente los resultados obtenidos y plantear futuras líneas de mejora y ampliación del estudio, en busca de una prevención más completa e integral en el entorno industrial y naval.

### 4.7.1. Aspectos que no se han podido analizar por falta de tiempo, recursos o confidencialidad.

A lo largo de la ejecución del trabajo se han identificado varios aspectos relevantes que no han podido ser desarrollados en profundidad por diversas razones:

- Limitación temporal: Dado que el estudio forma parte de un Trabajo de Fin de Máster con plazos académicos concretos, no ha sido posible realizar un análisis ergonómico extendido a todas las tareas de soldadura existentes en la empresa. Se ha optado por seleccionar dos tareas representativas (una con TIG y otra con MIG), pero existen otras muchas situaciones que podrían presentar riesgos específicos no evaluados en este trabajo.
- Falta de recursos tecnológicos avanzados: La evaluación se ha realizado principalmente mediante observación directa y análisis fotográfico, sin el apoyo de herramientas de registro biomecánico más avanzadas, como sensores de movimiento, software de simulación postural o captura de datos en tiempo real. Estos instrumentos hubieran permitido obtener mediciones más objetivas y detalladas.
- Condicionantes de confidencialidad: Algunas tareas desarrolladas en proyectos de clientes externos no pudieron ser documentadas debido a restricciones de privacidad y confidencialidad técnica. Esto ha limitado el acceso a ciertos entornos de trabajo o a información sobre procedimientos específicos, dificultando una evaluación más amplia.
- Escasez de datos médicos u ocupacionales históricos: No se ha dispuesto de un análisis epidemiológico detallado sobre la aparición de trastornos musculoesqueléticos en la plantilla de soldadores. Este tipo de información habría

sido útil para relacionar de forma más directa las posturas analizadas con lesiones reales diagnosticadas en la empresa.

- Ausencia de participación activa de los trabajadores en el diseño de mejoras: Aunque se ha contado con la colaboración de algunos operarios, no se ha podido realizar una consulta sistematizada (mediante encuestas o grupos de discusión) que permitiera recoger su percepción directa sobre el confort, la fatiga y las condiciones ergonómicas del puesto.

#### **4.7.2. Sugerencias para futuros estudios.**

Teniendo en cuenta las limitaciones descritas, se plantean a continuación varias recomendaciones y propuestas de mejora para futuras investigaciones que deseen ampliar este análisis y contribuir al desarrollo de soluciones preventivas más eficaces:

- Ampliar la muestra de tareas evaluadas: Sería recomendable incluir en estudios posteriores otras modalidades de soldadura (electrodo revestido, arco sumergido, etc.) y más variedad de posiciones (horizontal, vertical, en espacios confinados, en altura, etc.) que reflejen con mayor fidelidad la diversidad real de trabajos realizados en la empresa.
- Aplicar herramientas tecnológicas avanzadas: Futuros análisis podrían incorporar software de análisis ergonómico 3D, sensores de movimiento o dispositivos portátiles de medición de carga postural (como exoesqueletos instrumentados), lo que permitiría una valoración objetiva, precisa y cuantificable del esfuerzo biomecánico.
- Realizar estudios longitudinales: Incluir un seguimiento temporal a medio o largo plazo que permita medir el impacto real de las medidas preventivas implementadas y comprobar su efectividad en la reducción de lesiones o mejora del bienestar laboral.
- Incluir datos médicos y epidemiológicos: Incorporar al análisis registros de bajas laborales, lesiones diagnosticadas y partes de accidente o enfermedad profesional, para establecer correlaciones directas entre tareas, posturas y afecciones musculoesqueléticas.
- Fomentar la participación activa de los trabajadores: En futuros estudios se debería integrar una dimensión más participativa, donde los operarios contribuyan a

identificar problemas, validar propuestas de mejora y sugerir cambios desde su experiencia directa en el puesto.

- Evaluar factores psicosociales asociados: Si bien este estudio se ha centrado en la ergonomía física, sería interesante abordar en próximas investigaciones los factores psicosociales (ritmo de trabajo, presión, autonomía, apoyo social), que también influyen en la percepción de la carga física y el rendimiento general.
- Comparativas entre sectores: Se podrían plantear comparativas entre diferentes empresas del sector del metal o del sector naval para analizar diferencias ergonómicas según tipo de actividad, cultura preventiva o inversión en recursos.



## 4.8. MARCO NORMATIVO Y TÉCNICO APLICABLE

El presente trabajo se apoya en un conjunto de referencias legales y técnicas que establecen las bases normativas para la prevención de riesgos ergonómicos en el ámbito laboral, así como para la realización segura de trabajos de soldadura en entornos industriales. Estas normas y guías proporcionan el marco regulador y metodológico sobre el que se ha desarrollado la evaluación y propuesta de mejoras planteadas.

### 4.8.1. Legislación nacional aplicable

En el contexto español, la prevención de riesgos laborales se regula por un cuerpo normativo definido. Entre las disposiciones más relevantes aplicables al caso de estudio se encuentran:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL): establece el derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud, y la obligación del empresario de garantizarla. En su artículo 15 se enumeran los principios de la acción preventiva, entre los que se incluye la adaptación del trabajo a la persona, en especial en lo que respecta a la ergonomía y a la organización del trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Esta norma recoge condiciones relacionadas con iluminación, espacio, temperatura, ruido y otros factores ambientales que influyen en la ergonomía.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo por los trabajadores. Incluye aspectos relativos al diseño y uso de herramientas manuales, equipos de soldadura y superficies de trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, con aplicación directa en tareas de soldadura por arco eléctrico.

#### 4.8.2. Normativa técnica de ergonomía

Además de la legislación general, existen normas y documentos técnicos que sirven como guía para la evaluación de riesgos posturales y el diseño de puestos de trabajo:

- ISO 6385:2016 – *Ergonomic principles in the design of work systems*: norma internacional que establece los principios fundamentales de ergonomía aplicables al diseño, análisis y mejora de los sistemas de trabajo.
- UNE-EN ISO 10075-1:2018 – Principios ergonómicos relativos a la carga mental de trabajo: aunque centrada en la carga mental, complementa el análisis ergonómico general en tareas que requieren atención y precisión, como es el caso de la soldadura TIG.
- UNE-EN 614-1:2007 – Seguridad de las máquinas. Aspectos ergonómicos. Parte 1: principios de diseño: recoge criterios de diseño ergonómico para evitar esfuerzos físicos innecesarios y posturas forzadas en el uso de maquinaria y herramientas.
- Guías técnicas del INSST: como organismo técnico estatal de referencia en prevención, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) ofrece una serie de Notas Técnicas de Prevención (NTP) y guías metodológicas que se han utilizado como base documental para el análisis ergonómico de este trabajo. Entre las más relevantes destacan:
  - NTP 916 – Riesgos en soldadura eléctrica por arco
  - NTP 477 – Carga postural: evaluación mediante el método REBA
  - NTP 481 – Carga postural: evaluación mediante el método RULA
  - NTP 602 – Ergonomía y análisis del puesto de trabajo
  - Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo

Estas publicaciones recogen tanto criterios de evaluación como ejemplos prácticos aplicables al entorno industrial en el que se ha desarrollado este estudio.

#### 4.8.3. Normativa específica en soldadura

En relación con los procesos técnicos objeto de este trabajo, también se han considerado referencias normativas específicas de soldadura, con el fin de comprender mejor los procedimientos empleados y los requisitos técnicos que condicionan las posturas de trabajo:

- American Welding Society (AWS) D1.1 – *Structural Welding Code – Steel*: normativa internacional de referencia para la soldadura estructural con acero, que establece criterios de calidad, posiciones de trabajo, espesores y procedimientos normalizados.
- UNE-EN ISO 9606-1:2017 – Cualificación de soldadores. Fusión. Parte 1: Acero: norma europea que regula la formación y cualificación de soldadores, incluyendo posiciones de trabajo como la 6G.
- Procedimientos de soldadura (WPS): documentos internos de la empresa objeto de estudio que definen los parámetros técnicos (intensidad, tipo de electrodo o hilo, gas de protección, posiciones, etc.) para la correcta ejecución de la soldadura. Aunque no son públicos, forman parte esencial del entorno técnico y de prevención.

#### 4.8.4. Aplicación al presente estudio

Todo el desarrollo del presente trabajo, desde la evaluación postural con el método REBA, hasta las propuestas de rediseño de puestos y medidas preventivas, se ha fundamentado en los principios recogidos en las normas mencionadas. Estas referencias garantizan que las recomendaciones propuestas sean técnicamente viables, legalmente respaldadas y alineadas con las buenas prácticas en ergonomía y seguridad industrial.

## 4.9. CONDICIONES AMBIENTALES Y SU IMPACTO ERGONÓMICO

Las condiciones ambientales del puesto de trabajo influyen de forma directa en la percepción del esfuerzo físico, la fatiga acumulada y la capacidad del trabajador para mantener posturas funcionales sin riesgo.

En el caso de los trabajos de soldadura analizados en este estudio, realizados en dos talleres distintos, se han observado una serie de condiciones ambientales relevantes que afectan a la carga física general y, por tanto, deben considerarse como factores que modulan el riesgo ergonómico.

### 4.9.1. Temperatura y ventilación

Las tareas de soldadura generan una carga térmica considerable debido al calor desprendido por la propia soldadura, las proyecciones metálicas, el uso de equipos de protección individual (EPI's) y la escasa disipación térmica en ciertas zonas del taller.

Aunque los trabajos analizados se realizaron en espacios cerrados y protegidos, la acumulación de calor durante jornadas prolongadas puede:

- Incrementar la fatiga muscular y cardiovascular.
- Provocar sudoración excesiva, que disminuye la adherencia y la precisión manual.
- Forzar posturas compensatorias para evitar el contacto con superficies calientes o protegerse del calor radiante.

Además, una ventilación insuficiente puede afectar al confort térmico general y a la calidad del aire respirado, aumentando el malestar y dificultando la concentración.

En entornos de soldadura, la ventilación también es clave para controlar los humos metálicos y gases de protección, cuya acumulación puede agravar el riesgo químico y afectar al bienestar general del trabajador.

#### **4.9.2. Iluminación**

La iluminación es un factor determinante en tareas que requieren gran precisión visual, como ocurre en los procesos de soldadura TIG y MIG. Aunque los operarios utilizan pantallas de oscurecimiento automático, la calidad de la luz ambiental:

- Influye en la postura cervical y la inclinación de la cabeza.
- Puede provocar fatiga visual si existen contrastes lumínicos excesivos entre el área de trabajo y el entorno.
- Puede inducir esfuerzos posturales innecesarios para mejorar el enfoque visual, especialmente en zonas con sombras o con focos mal orientados.

Durante las observaciones realizadas, se detectaron zonas del taller con iluminación indirecta insuficiente, especialmente cerca del suelo y bajo estructuras, lo que afecta a tareas realizadas de rodillas o en posición invertida.

#### **4.9.3. Ruido ambiental**

Aunque la soldadura en sí no genera niveles de ruido tan elevados como otras operaciones (como la esmeriladora o el martillo neumático), el entorno industrial en el que se ejecutan estas tareas suele estar expuesto a un nivel de ruido constante, que puede tener consecuencias ergonómicas indirectas:

- Aumenta la tensión muscular generalizada (especialmente cervical y de hombros).
- Dificulta la comunicación entre trabajadores, lo que puede generar posturas de escucha forzadas.
- Contribuye a un entorno de trabajo más estresante, afectando a la percepción del esfuerzo físico y a la atención sostenida.

Además, el uso de protectores auditivos puede limitar el sentido del equilibrio o la capacidad de orientar la cabeza, alterando ligeramente la postura natural del operario.

#### **4.9.4. Espacio de trabajo y accesibilidad**

Las tareas de soldadura requieren movilidad, buena visibilidad del área de trabajo y libertad de movimiento para posicionar la antorcha y el cuerpo en función de la unión a realizar. En los talleres observados se han identificado situaciones donde:

- El espacio de trabajo es limitado, especialmente en estructuras soldadas a baja altura o en esquinas.
- La colocación de herramientas o piezas cercanas obliga a posturas forzadas o movimientos asimétricos para alcanzar la zona de soldadura.
- La falta de plataformas móviles o elementos regulables en altura condiciona la postura adoptada.

Estas condiciones espaciales son determinantes a la hora de mantener posturas correctas y prevenir sobrecargas musculares.

#### **4.9.5. Conclusiones del análisis ambiental**

Los factores ambientales observados no constituyen un riesgo ergonómico en sí mismos, pero potencian la aparición de fatiga, molestias físicas y errores posturales, que sí están directamente relacionados con la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

Por tanto, se recomienda:

- Mejorar la ventilación y control térmico en zonas de alta exposición al calor.
- Revisar el sistema de iluminación, añadiendo focos LED orientables en puestos críticos.
- Reorganizar el espacio de trabajo para facilitar movimientos libres y reducir obstáculos.
- Incluir la evaluación ambiental como parte de la inspección ergonómica periódica del puesto de trabajo.

La integración de estos factores ambientales en el análisis ergonómico global permite adoptar una perspectiva multifactorial y preventiva, alineada con los principios de la ergonomía aplicada y con los requisitos establecidos por la normativa vigente (como el RD 486/1997 y las recomendaciones del INSST).

## 5. RESULTADOS

El presente apartado recoge los resultados obtenidos tras la aplicación del método REBA en dos tareas de soldadura realizadas por trabajadores de la empresa objeto de estudio.

### 5.1. TAREAS SELECCIONADAS PARA LA EVALUACIÓN

Las tareas analizadas fueron seleccionadas por su representatividad dentro del conjunto de actividades habituales en la empresa, y por las características ergonómicas que presentan. En ambas se utilizaron técnicas de soldadura frecuentes: TIG con varilla manual y GMAW (MIG) con hilo continuo, en condiciones controladas dentro de instalaciones industriales.

Tarea	Tipo de soldadura	Elemento de trabajo	Ubicación	Método aplicado
<b>Tarea 1</b>	TIG con varilla	Tuberías de 6" y 3" SCH 80	Taller de mantenimiento	REBA
<b>Tarea 2</b>	GMAW (MIG) con hilo	Probeta de EH36 en 6G	Taller de mantenimiento	REBA

*Tabla 5.1.1. Resumen de tareas. Elaboración propia.*

## 5.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO REBA

Se han evaluado diferentes posturas para cada tarea, aplicando el método REBA a las distintas posiciones adoptadas por los trabajadores durante el desarrollo de las actividades. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

### 5.2.1. Tarea 1 – Soldadura TIG con varilla

Postura observada	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Recomendación inicial
<b>Sentado, con las manos separadas 50 cm del pecho</b>	5	Riesgo medio	Revisión necesaria
<b>De pie, con las manos separadas 50 cm del pecho</b>	6	Riesgo medio-alto	Revisión con prontitud
<b>De rodillas, con las manos por encima de la cabeza</b>	9	Riesgo alto	Intervención necesaria de forma inmediata

*Tabla 5.2.1.1. Resultados método REBA en posiciones de Tarea 1. Elaboración propia.*

La postura más crítica observada fue la realizada de rodillas con los brazos elevados, que presentó una puntuación de 9, reflejando un riesgo ergonómico elevado y una clara necesidad de adoptar medidas correctoras. Las otras dos posturas, aunque menos exigentes, también mostraron un nivel de riesgo relevante, especialmente en tareas prolongadas o repetitivas.

### 5.2.2. Tarea 2 – Soldadura MIG en probeta bajo techo (posición 6G)

Postura observada	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Recomendación inicial
<b>De pie, con los brazos a la altura de los ojos</b>	7	Riesgo alto	Intervención necesaria con rapidez

*Tabla 5.2.2.1. Resultado método REBA en posición de Tarea 2. Elaboración propia.*

En este caso, la postura evaluada presentó un nivel de riesgo alto, con una puntuación REBA de 7. La combinación de elevación de brazos mantenida, flexión cervical prolongada y

ausencia de apoyos genera una carga estática considerable en la región cervical, hombros y parte superior de la espalda. Aunque la soldadura MIG facilita el aporte automático de hilo, la posición elevada del plano de trabajo continúa suponiendo una alta exigencia postural.

### 5.3. SÍNTESIS GENERAL DE RESULTADOS

De forma global, los resultados obtenidos permiten establecer las siguientes conclusiones:

- Todas las posturas analizadas presentan niveles de riesgo medio a alto, según el método REBA, lo que indica la necesidad de intervenciones preventivas específicas en los puestos de soldadura.
- Las posturas con los brazos elevados, tanto en posición de pie como de rodillas, han sido las más penalizadas en la evaluación, debido a la alta exigencia física que suponen para la zona escapular y cervical.
- La postura de rodillas con brazos por encima del nivel de la cabeza (TIG) ha sido la más desfavorable, con la puntuación más alta del estudio (9), lo que evidencia un riesgo significativo de fatiga muscular y aparición de trastornos musculoesqueléticos si se mantiene sin corrección.
- La soldadura MIG, aunque más automatizada en términos de aporte, también presenta un nivel de riesgo elevado cuando se realiza en condiciones de altura o acceso limitado, como es el caso de la posición 6G.

Estos resultados confirman la hipótesis de partida del estudio: las tareas de soldadura analizadas presentan riesgos ergonómicos significativos que deben abordarse con medidas correctoras específicas, incluyendo mejoras en el diseño del puesto de trabajo, incorporación de ayudas técnicas, rotación de tareas, pausas activas y formación ergonómica para los operarios.

## **6. CONCLUSIONES**

El presente Trabajo de Fin de Máster ha tenido como objetivo principal la evaluación de los riesgos ergonómicos asociados a tareas de soldadura en una empresa del sector industrial y naval, centrando el análisis en dos procedimientos representativos: la soldadura TIG con varilla en tuberías y la soldadura MIG (GMAW) con hilo en probeta en posición 6G. A través de la aplicación del método REBA, se han analizado las posturas más frecuentes adoptadas por los trabajadores durante estas actividades, permitiendo identificar los niveles de riesgo postural y establecer propuestas preventivas concretas.

Los resultados obtenidos confirman que, en ambos casos, existen niveles de riesgo medio y alto, siendo más significativos en aquellas tareas que implican trabajo con los brazos elevados, posturas de rodillas o ausencia de apoyos posturales. El caso más crítico ha sido la soldadura TIG realizada de rodillas con los brazos por encima del nivel de la cabeza, que ha alcanzado una puntuación REBA de 9, lo que representa un riesgo elevado y requiere intervención ergonómica inmediata.

Asimismo, el análisis comparativo ha puesto de manifiesto que el tipo de soldadura influye en el perfil de riesgo postural, aunque no de forma aislada. La exigencia técnica del proceso TIG (uso de ambas manos, precisión manual, control del baño de fusión) incrementa la carga física en determinadas posiciones, especialmente en entornos reducidos o de difícil acceso. Sin embargo, debemos tener en cuenta que, en determinadas condiciones reales de trabajo, la soldadura MIG puede igualar o incluso superar los niveles de riesgo si no se dispone de un entorno ergonómicamente adaptado.

Entre las conclusiones específicas del trabajo, se destacan las siguientes:

1. Las posturas estáticas mantenidas y la elevación de brazos por encima del hombro son los factores que más incrementan el riesgo de aparición de trastornos musculoesqueléticos en los operarios de soldadura.
2. El uso de antorchas sin apoyo, la flexión cervical prolongada y la falta de movilidad durante el trabajo técnico representan riesgos ergonómicos significativos, especialmente cuando se mantienen durante largos períodos sin pausas.

3. El diseño del puesto de trabajo influye de forma determinante en el nivel de riesgo postural. La ausencia de elementos como bancos ergonómicos, soportes para brazos o regulación en altura de los bastidores aumenta la carga física innecesariamente.
4. La aplicación del método REBA ha demostrado ser eficaz para cuantificar el riesgo postural en este tipo de tareas, aportando una base objetiva sobre la que construir medidas preventivas viables.
5. Las propuestas de mejora desarrolladas (rediseño del puesto, incorporación de ayudas técnicas, formación ergonómica, rotación de tareas y pausas activas) son necesarias, realistas y adaptables al entorno industrial evaluado.

En términos globales, este estudio pone de manifiesto la importancia de integrar la ergonomía como eje fundamental de la prevención de riesgos laborales, especialmente en actividades técnicas complejas como la soldadura. No solo se trata de cumplir con la normativa vigente, sino de proteger la salud física de los trabajadores, mejorar su bienestar y contribuir a un entorno laboral más seguro, eficiente y sostenible.

Este trabajo ha permitido sentar las bases para un modelo de evaluación ergonómica aplicable a otras tareas similares, y plantea futuras líneas de investigación que podrían profundizar en el análisis biomecánico, el impacto a largo plazo de las mejoras implementadas y la participación activa del trabajador como parte esencial en el diseño del puesto de trabajo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*. *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205.
2. McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.
3. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2017). *NTP 916: Riesgos en soldadura eléctrica por arco*. Madrid: INSST.
4. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2011). *Ergonomía: Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la carga física*. Madrid: INSST.
5. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, nº 97, 23 de abril de 1997.
6. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre utilización de equipos de trabajo por los trabajadores. *Boletín Oficial del Estado*, nº 188, 7 de agosto de 1997.
7. Grandjean, E., & Kroemer, K. H. E. (1997). *Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics* (5<sup>a</sup> ed.). London: Taylor & Francis.
8. Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide* (3<sup>a</sup> ed.)
9. American Welding Society (AWS). (2020). *AWS D1.1/D1.1M:2020 – Structural Welding Code – Steel*. Miami: American Welding Society.
10. Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2022). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Ginebra: OIT.
11. ISO 6385:2016. *Ergonomic principles in the design of work systems*. International Organization for Standardization.
12. UNE-EN ISO 10075-1:2018. *Principios ergonómicos relativos a la carga mental de trabajo. Parte 1: Términos y definiciones generales*. Madrid: AENOR.
13. Fernández-Muñiz, B. (2015). *Prevención de riesgos laborales: un enfoque práctico*. Madrid: Ediciones Pirámide.
14. Rodríguez-Suárez, J., & González-Fernández, A. (2018). *Ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo industriales*. Oviedo: Universidad de Oviedo, Departamento de Ingeniería Mecánica.
15. Blasco, C., & Laborda, E. (2013). *Guía de ergonomía aplicada a la soldadura*. Zaragoza: Instituto Tecnológico de Aragón.

## **ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DURANTE LAS TAREAS**

### **Tarea 1: Soldadura MIG en tubería de 6" y 3" SCH 80 de acero al carbono**

- Soldadura sentado con las manos separadas 50 cm respecto al pecho:



**Fotografía A1.1. Posición sentado en Tarea 1.**

- Soldadura de pie con las manos separadas 50 cm respecto al pecho:



*Fotografía A1.2 y A1.3. Posición de pie en Tarea 1.*

- Soldadura de rodillas con las manos por encima de la cabeza:



*Fotografía A1.4 y A1.5. Posición de rodillas en Tarea 1.*

**Tarea 2: Soldadura TIG con hilo en probeta bajo techo (posición 6G) de EH36 con espesor de 20 mm**

- De pie con las manos a la altura de los ojos:



*Fotografía A1.6 y A1.7. Posición de pie en Tarea 2.*



*Fotografía A1.8. Posición de pie en Tarea 2.*

**ANEXO 2. HOJAS DE TOMA DE DATOS – MÉTODO REBA****HOJA 1: TAREA 1 - Postura 1: Sentado con las manos separadas 50 cm respecto al pecho****1. DATOS GENERALES**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Evaluador	Juan Manuel Blázquez
Fecha	05/03/2025
Hora	07:22h.
Empresa / Sección	N.A.
Tarea observada	Tarea 1: Soldadura TIG con varilla en tubería de 6" y 3" SCH 80
Descripción breve de la actividad	Sentado con las manos separadas 50 cm respecto al pecho
Duración estimada de la postura	20'

**2. GRUPO A: Cuello, Tronco y Piernas**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Cuello	<input type="checkbox"/> Neutro ✓ Flexión <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Giro <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
Tronco	<input type="checkbox"/> Recto ✓ Flexión leve <input type="checkbox"/> Flexión >20° <input type="checkbox"/> Torsión <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
Piernas	<input type="checkbox"/> De pie ✓ Sentado <input type="checkbox"/> Arrodillado <input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/> Alternancia postural

**3. GRUPO B: Brazos, Antebrazos y Muñeca**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Brazo dominante	<input type="checkbox"/> Abajo del hombro <input type="checkbox"/> Sobre el hombro ✓ Abducción <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Sin apoyo
Antebrazo	✓ Ángulo funcional <input type="checkbox"/> Extendido <input type="checkbox"/> Flexionado excesivamente
Muñeca	✓ Neutra <input type="checkbox"/> Flexión/extensión <input type="checkbox"/> Desviación <input type="checkbox"/> Supinación/Pronación

#### **4. CARGA / ACTIVIDAD**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Tipo de carga / herramienta</b>	Pistola soldadura + varilla
<b>Peso estimado (kg)</b>	<1kg
<b>Fuerza aplicada</b>	✓ Ligera <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Alta
<b>Apoyo de brazos disponible</b>	✓ Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Tarea mantenida sin alternancia postural</b>	✓ Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Tarea repetitiva / estática</b>	<input type="checkbox"/> Repetitiva <input checked="" type="checkbox"/> Estática <input type="checkbox"/> Variable

#### **5. PUNTAJES Y RESULTADO FINAL**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Subtotal Grupo A</b>	5
<b>Subtotal Grupo B</b>	4
<b>Ajustes por carga / actividad</b>	1
<b>Puntaje final REBA</b>	5
<b>Nivel de riesgo</b>	<input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Medio-alto <input type="checkbox"/> Alto
<b>Acción recomendada</b>	Revisión necesaria

#### **6. OBSERVACIONES ADICIONALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Comentarios del evaluador</b>	Apartado 4.4
<b>Propuestas de mejora preliminares</b>	Apartado 4.4
<b>Registro fotográfico / croquis</b>	✓ Sí <input type="checkbox"/> No

*Tabla A2.1. Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 1. Elaboración propia.*

**HOJA 2: TAREA 1 - Postura 2: De pie con manos separadas 50 cm respecto al pecho****1. DATOS GENERALES**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Evaluador	Juan Manuel Blázquez
Fecha	07/03/2025
Hora	09:36h.
Empresa / Sección	N.A.
Tarea observada	Tarea 1: Soldadura TIG con varilla en tubería de 6" y 3" SCH 80
Descripción breve de la actividad	De pie con manos separadas 50 cm respecto al pecho
Duración estimada de la postura	20'

**2. GRUPO A: Cuello, Tronco y Piernas**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Cuello	<input type="checkbox"/> Neutro <input checked="" type="checkbox"/> Flexión <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Giro <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
Tronco	<input type="checkbox"/> Recto <input type="checkbox"/> Flexión leve <input checked="" type="checkbox"/> Flexión >20° <input type="checkbox"/> Torsión <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
Piernas	<input checked="" type="checkbox"/> De pie <input type="checkbox"/> Sentado <input type="checkbox"/> Arrodillado <input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/> Alternancia postural

**3. GRUPO B: Brazos, Antebrazos y Muñeca**

Elemento / Variable	Valor / Observación
Brazo dominante	<input checked="" type="checkbox"/> Abajo del hombro <input type="checkbox"/> Sobre el hombro <input type="checkbox"/> Abducción <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Sin apoyo
Antebrazo	<input checked="" type="checkbox"/> Ángulo funcional <input type="checkbox"/> Extendido <input type="checkbox"/> Flexionado excesivamente
Muñeca	<input checked="" type="checkbox"/> Neutra <input type="checkbox"/> Flexión/extensión <input type="checkbox"/> Desviación <input type="checkbox"/> Supinación/Pronación

#### **4. CARGA / ACTIVIDAD**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Tipo de carga / herramienta</b>	Pistola soldadura + varilla
<b>Peso estimado (kg)</b>	<1kg
<b>Fuerza aplicada</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ligera <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Alta
<b>Apoyo de brazos disponible</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Tarea mantenida sin alternancia postural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Tarea repetitiva / estática</b>	<input type="checkbox"/> Repetitiva <input checked="" type="checkbox"/> Estática <input type="checkbox"/> Variable

#### **5. PUNTAJES Y RESULTADO FINAL**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Subtotal Grupo A</b>	5
<b>Subtotal Grupo B</b>	4
<b>Ajustes por carga / actividad</b>	1
<b>Puntaje final REBA</b>	6
<b>Nivel de riesgo</b>	<input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input checked="" type="checkbox"/> Medio-alto <input type="checkbox"/> Alto
<b>Acción recomendada</b>	Revisión con prontitud

#### **6. OBSERVACIONES ADICIONALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Comentarios del evaluador</b>	Apartado 4.4
<b>Propuestas de mejora preliminares</b>	Apartado 4.4
<b>Registro fotográfico / croquis</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

**Tabla A2.2.** Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 2. Elaboración propia.

**HOJA 3: TAREA 1 - Postura 3: De rodillas con manos por encima de la cabeza****1. DATOS GENERALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Evaluador</b>	Juan Manuel Blázquez
<b>Fecha</b>	24/03/2025
<b>Hora</b>	10:20h.
<b>Empresa / Sección</b>	N.A.
<b>Tarea observada</b>	Tarea 1: Soldadura TIG con varilla en tubería de 6" y 3" SCH 80
<b>Descripción breve de la actividad</b>	De rodillas con manos por encima de la cabeza
<b>Duración estimada de la postura</b>	20'

**2. GRUPO A: Cuello, Tronco y Piernas**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Cuello</b>	<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Flexión <input checked="" type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Giro <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
<b>Tronco</b>	<input type="checkbox"/> Recto <input type="checkbox"/> Flexión leve <input checked="" type="checkbox"/> Flexión >20° <input type="checkbox"/> Torsión <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
<b>Piernas</b>	<input type="checkbox"/> De pie <input type="checkbox"/> Sentado <input checked="" type="checkbox"/> Arrodillado <input type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/> Alternancia postural

**3. GRUPO B: Brazos, Antebrazos y Muñeca**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Brazo dominante</b>	<input type="checkbox"/> Abajo del hombro <input checked="" type="checkbox"/> Sobre el hombro <input type="checkbox"/> Abducción <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Sin apoyo
<b>Antebrazo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ángulo funcional <input type="checkbox"/> Extendido <input type="checkbox"/> Flexionado excesivamente
<b>Muñeca</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Neutra <input type="checkbox"/> Flexión/extensión <input type="checkbox"/> Desviación <input type="checkbox"/> Supinación/Pronación

#### **4. CARGA / ACTIVIDAD**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Tipo de carga / herramienta</b>	Pistola soldadura + varilla
<b>Peso estimado (kg)</b>	<1kg
<b>Fuerza aplicada</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ligera <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Alta
<b>Apoyo de brazos disponible</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Tarea mantenida sin alternancia postural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Tarea repetitiva / estática</b>	<input type="checkbox"/> Repetitiva <input checked="" type="checkbox"/> Estática <input type="checkbox"/> Variable

#### **5. PUNTAJES Y RESULTADO FINAL**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Subtotal Grupo A</b>	7
<b>Subtotal Grupo B</b>	6
<b>Ajustes por carga / actividad</b>	1
<b>Puntaje final REBA</b>	9
<b>Nivel de riesgo</b>	<input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Medio-alto <input checked="" type="checkbox"/> Alto
<b>Acción recomendada</b>	Intervención inmediata

#### **6. OBSERVACIONES ADICIONALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Comentarios del evaluador</b>	Apartado 4.4
<b>Propuestas de mejora preliminares</b>	Apartado 4.4
<b>Registro fotográfico / croquis</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

**Tabla A2.3.** Hoja toma de datos REBA para Tarea 1 – Postura 3. Elaboración propia.

**HOJA 4: TAREA 2 - Postura única: De pie con brazos a la altura de los ojos****1. DATOS GENERALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Evaluador</b>	Juan Manuel Blázquez
<b>Fecha</b>	25/03/2025
<b>Hora</b>	08:06h.
<b>Empresa / Sección</b>	N.A.
<b>Tarea observada</b>	Tarea 2: Soldadura MIG en probeta bajo techo (posición 6G)
<b>Descripción breve de la actividad</b>	De pie con brazos a la altura de los ojos
<b>Duración estimada de la postura</b>	20'

**2. GRUPO A: Cuello, Tronco y Piernas**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Cuello</b>	<input type="checkbox"/> Neutro <input checked="" type="checkbox"/> Flexión <input type="checkbox"/> Extensión <input type="checkbox"/> Giro <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
<b>Tronco</b>	<input type="checkbox"/> Recto <input checked="" type="checkbox"/> Flexión leve <input type="checkbox"/> Flexión >20° <input type="checkbox"/> Torsión <input type="checkbox"/> Inclinación lateral
<b>Piernas</b>	<input checked="" type="checkbox"/> De pie <input type="checkbox"/> Sentado <input type="checkbox"/> Arrodillado <input checked="" type="checkbox"/> Estable <input type="checkbox"/> Inestable <input type="checkbox"/> Alternancia postural

**3. GRUPO B: Brazos, Antebrazos y Muñeca**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Brazo dominante</b>	<input type="checkbox"/> Abajo del hombro <input checked="" type="checkbox"/> Sobre el hombro <input type="checkbox"/> Abducción <input type="checkbox"/> Extensión <input checked="" type="checkbox"/> Sin apoyo
<b>Antebrazo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ángulo funcional <input type="checkbox"/> Extendido <input type="checkbox"/> Flexionado excesivamente
<b>Muñeca</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Neutra <input type="checkbox"/> Flexión/extensión <input type="checkbox"/> Desviación <input type="checkbox"/> Supinación/Pronación

#### **4. CARGA / ACTIVIDAD**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Tipo de carga / herramienta</b>	Pistola soldadura
<b>Peso estimado (kg)</b>	<1kg
<b>Fuerza aplicada</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ligera <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Alta
<b>Apoyo de brazos disponible</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Tarea mantenida sin alternancia postural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Tarea repetitiva / estática</b>	<input type="checkbox"/> Repetitiva <input checked="" type="checkbox"/> Estática <input type="checkbox"/> Variable

#### **5. PUNTAJES Y RESULTADO FINAL**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Subtotal Grupo A</b>	5
<b>Subtotal Grupo B</b>	6
<b>Ajustes por carga / actividad</b>	1
<b>Puntaje final REBA</b>	7
<b>Nivel de riesgo</b>	<input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Medio-alto <input checked="" type="checkbox"/> Alto
<b>Acción recomendada</b>	Intervención necesaria con rapidez

#### **6. OBSERVACIONES ADICIONALES**

<b>Elemento / Variable</b>	<b>Valor / Observación</b>
<b>Comentarios del evaluador</b>	Apartado 4.4
<b>Propuestas de mejora preliminares</b>	Apartado 4.4
<b>Registro fotográfico / croquis</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

**Tabla A2.4.** Hoja toma de datos REBA para Tarea 2 – Postura única. Elaboración propia.