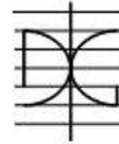




UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



DEPARTAMENTO  
DE INGENIERÍA DE  
LA CONSTRUCCIÓN  
Y DE PROYECTOS DE  
INGENIERÍA CIVIL

**MU  
PRL** | Máster Universitario  
en Prevención  
de Riesgos Laborales

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2019/2020**

Propuesta de un sistema de rotaciones ergonómicas para el área de soldadura de una empresa del sector de la automoción.

**Autor/a:** Clara Perales Miguel

**Tutor/a:** Dña. Sabina Asensio Cuesta

**VALÈNCIA, JUNY DE 2020**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS  
DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## **RESUMEN**

Los puestos de trabajo en las cadenas de montaje del sector de la automoción presentan generalmente un alto riesgo ergonómico. Frente a la dificultad o imposibilidad de introducir mejoras técnicas en dichos puestos, la rotación de puestos se presenta como una estrategia factible para prevenir o reducir los trastornos musculo esqueléticos.

En el presente Trabajo de Fin de Máster se presenta una propuesta de sistema de rotación de puestos ergonómico para un equipo del área de soldadura de una empresa del sector de la automoción.

Para llevar a cabo el diseño del sistema de rotación, se realizará una evaluación ergonómica completa de cada uno de los puestos de trabajo que componen el área de soldadura con la metodología de manipulación manual de cargas del Ergo IVB, el método Sue Rodgers, así como la aplicación de la ergonomía participativa.

## **PALABRAS CLAVE**

Rotación de puestos, Riesgo ergonómico, Trastornos músculo-esqueléticos, Evaluación ergonómica, Ergonomía participativa.

## **ABSTRACT**

Jobs in the automotive assembly lines usually have a high ergonomic risk. Front of the difficulty or impossibility to introduce technical improvements in these jobs, job rotation is presented as a feasible strategy to prevent or reduce musculoskeletal disorders.

The present Master thesis presents a proposal of an ergonomic job rotation system for a company in the sector of automotive welding area.

To carry out the design of the rotation system, a complete ergonomic evaluation of each of the workstations that make up the welding area will be carried out, using the manual handling methodology of the Ergo IVB, as well as the application of the participatory ergonomics.

## **KEY WORDS**

Job rotation, Ergonomic risk, Musculoskeletal disorders, Ergonomic evaluation, Participatory ergonomics.

ÍNDICE

---

1.	<b>Introducción</b> .....	7
2.	<b>Justificación</b> .....	7
3.	<b>Objetivos</b> .....	8
4.	<b>Contexto</b> .....	9
4.1	Descripción de la empresa .....	9
4.2	Siniestralidad.....	10
4.2.1	Siniestralidad general y en el sector de la automoción .....	10
4.2.2	Siniestralidad de la empresa.....	11
5.	<b>Antecedentes</b> .....	12
5.1	Ergonomía .....	12
5.2	Los factores de riesgo ergonómico y sus consecuencias.....	13
6.	<b>Metodologías de evaluación ergonómica</b> .....	14
6.1	Método sue rodgers.....	16
6.1.1	Duración del esfuerzo.....	16
6.1.2	Nivel de esfuerzo:.....	17
6.1.3	Frecuencia (esfuerzos por minuto).....	18
6.1.4	Grado de severidad .....	18
6.2	Ecuación niosh.....	19
6.3	Software ergo/ivb .....	20
6.3.1	Módulo de levantamiento de mmc múltiple.....	22
7.	<b>Rotación de puestos</b> .....	23
7.1	Concepto .....	23
7.2	Métodos para la rotación de puestos de trabajo .....	24
8.	<b>Ergonomía participativa</b> .....	26
8.1	Aplicación de la metodología participativa en la empresa.....	27
8.1.1	Diagnóstico inicial .....	27
8.1.2	Creación de los grupos.....	27
8.1.3	Formación e información .....	27
8.1.4	Obtención de la percepción del riesgo .....	27
9.	<b>Sistema actual de rotaciones en la empresa</b> .....	28
10.	<b>Metodología</b> .....	29
10.1	Selección de los puestos a rotar.....	30
10.2	Selección de los trabajadores a rotar .....	46
10.2.1	Descripción del equipo piloto: equipo 2a .....	46
10.3	Elección de los criterios .....	48
10.4	Descripción y aplicación de un método para obtener el riesgo final.....	48
10.4.1	Descripción del método propio .....	48
10.4.2	Aplicación del método propio.....	51
10.5	Diseño de la agenda de rotaciones .....	52
11.	<b>Conclusiones</b> .....	55

**ÍNDICE DE FIGURAS**

---

<b>Figura 1:</b> Vista aérea de la empresa .....	9
<b>Figura 2:</b> Comparativa anual siniestralidad ergonómica .....	12
<b>Figura 3:</b> Tabla Excel para la aplicación del método Sue Rodgers.....	19
<b>Figura 4:</b> Ecuación NIOSH revisada .....	19
<b>Figura 5:</b> Nivel de riesgo según el índice de levantamiento. Ecuación NIOSH.....	20
<b>Figura 6:</b> Módulos disponibles en el software ERGO/IVB versión 18 .....	22
<b>Figura 7:</b> Ejemplo de informe del módulo de levantamiento de MMC del software del ERGO/IVB .....	23
<b>Figura 8:</b> Sistema actual de rotaciones en la empresa .....	29
<b>Figura 9:</b> Esquema general de la metodología propuesta .....	29
<b>Figura 10:</b> Ford Transit V408 .....	30
<b>Figura 11:</b> Ejemplo de distribución de la línea 8J V408.....	31
<b>Figura 12:</b> Piezas fabricadas por el equipo 2A de la Ford Transit Connect .....	31
<b>Figura 13:</b> Ejemplo de utillaje y cinta de salida de la pieza final de la línea 7J V408.....	32
<b>Figura 14:</b> Ejemplo estática de soldadura manual.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Superficie total de la empresa .....	9
<b>Tabla 2:</b> Distribución de la plantilla: (Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa) .....	10
<b>Tabla 3:</b> Porcentaje de accidentes por sobreesfuerzo respecto al total de accidentes .....	11
<b>Tabla 4:</b> Accidentes de trabajo según forma o contacto, por sector.....	11
<b>Tabla 5:</b> Accidentes con baja y accidentes con baja de tipo ergonómico de la empresa .	12
<b>Tabla 6:</b> Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica del riesgo de repetitividad .....	14
<b>Tabla 7:</b> Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica del riesgo de posturas forzadas .....	15
<b>Tabla 8:</b> Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica de manipulación de carga.....	15
<b>Tabla 9:</b> Duración del esfuerzo según el método Sue Rodgers.....	16
<b>Tabla 10:</b> Niveles de esfuerzo por cada parte del cuerpo según método Sue Rodgers. ...	17
<b>Tabla 11:</b> Frecuencia (esfuerzos por minuto) según el método Sue Rodgers.....	18
<b>Tabla 12:</b> Estado del Arte en Optimización para la Planificación de Rotación Laboral....	25
<b>Tabla 13:</b> Percepción del riesgo de los operarios .....	28
<b>Tabla 14:</b> Desglose de las estaciones que conforman cada línea.....	33
<b>Tabla 15:</b> Descripción del puesto de montaje de la pieza 8A2: Estación 5+10+descarga.	34
<b>Tabla 16:</b> Descripción del puesto 7J V408: Estación 20 .....	35
<b>Tabla 17:</b> Descripción del puesto 7J V4018: Estación 10+descarga.....	36
<b>Tabla 18:</b> Descripción del puesto 8J V408: Estación 10 .....	37
<b>Tabla 19:</b> Descripción del puesto 8J V408: Estación 15. ....	38
<b>Tabla 20:</b> Descripción puesto 8J V408: Estación 5+20 izquierda y derecha.....	39
<b>Tabla 21:</b> Descripción del puesto 7A V408: Estación 90. ....	40
<b>Tabla 22:</b> Descripción del puesto 7A V408: Estación 110.....	41
<b>Tabla 23:</b> Descripción puesto 7A V408 : Estación 125 Descarga. ....	42
<b>Tabla 24:</b> Descripción del puesto 7A V408: Estación 60. ....	43
<b>Tabla 25:</b> Descripción del puesto 7A V408: Estación 30 .....	44
<b>Tabla 26:</b> Descripción del puesto 7A V408: Estación 10 .....	45
<b>Tabla 27:</b> Configuración de los equipos.....	46
<b>Tabla 28:</b> Características de los trabajadores del equipo 2A .....	47
<b>Tabla 29:</b> Polivalencia de los trabajadores del equipo 2A.....	47
<b>Tabla 30:</b> Equivalencia numérica de la percepción del riesgo de los operarios .....	49
<b>Tabla 31:</b> Equivalencia numérica de los resultados obtenidos con el módulo de levantamiento MMC del Ergo IBV .....	49
<b>Tabla 32:</b> Equivalencia numérica del resultado obtenido con el método Sue Rodgers. ...	50
<b>Tabla 33:</b> Obtención del nivel del puesto a partir del riesgo final .....	51
<b>Tabla 34:</b> Mapa de riesgo ergonómico .....	52
<b>Tabla 35:</b> Agenda de rotaciones propuesta .....	53
<b>Tabla 36:</b> Alternancia de puestos en la agenda de rotación propuesta según nivel de riesgo .....	54

**ÍNDICE DE ANEXOS**

---

<b>Anexo 1:</b> Evaluaciones de riesgo con el método sue rodgers .....	58
<b>Anexo 2:</b> Evaluaciones con el módulo de levantamiento mmc del ergo ivb .....	70

## 1. INTRODUCCIÓN

Según ponen de manifiesto los datos de la siniestralidad laboral de la empresa en los últimos años, los accidentes relacionados con la ergonomía (posturas forzadas, sobreesfuerzo etc.) suponen casi el 50% de la totalidad de los accidentes. Se propone, para reducir estos datos, el diseño y elección de un sistema de rotaciones de puestos de trabajo, que se llevará a cabo en este Trabajo Final de Máster, con la siguiente estructura:

En el capítulo 2, se expone la relevancia del tema en cuestión, así como las causas y razones de por qué se ha escogido. A continuación, en el capítulo 3, se detallan los objetivos, tanto principales como secundarios, que se persiguen con la realización del presente trabajo. Posteriormente, en el capítulo 4, se describe la empresa, así como los niveles de siniestralidad, tanto de la propia empresa como del sector económico en el que se encuentra.

En los capítulos 5, 6, 7 y 8, se desarrollan algunas definiciones claves, empezando por el propio concepto de ergonomía, pasando por los factores de riesgo ergonómico y las diferentes metodologías de evaluación existentes para cada uno de ellos, y terminando con los conceptos de ergonomía participativa y rotación de puestos de trabajo.

En el capítulo 9, se explica el actual sistema de rotaciones que se aplica en la empresa. En el capítulo 10, expondremos la metodología que se utilizará para el desarrollo del presente trabajo final de máster. En dicho apartado, se desarrollarán de forma exhaustiva los pasos seguidos para la obtención de ambas agendas de rotación.

Finalmente, en el capítulo 11 se explican las conclusiones a las cuales se ha llegado con la realización de la presente investigación. El trabajo concluye con la bibliografía utilizada y los anexos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Dos motivaciones principales han propiciado que, frente a la gran diversidad de posibles líneas de investigación a realizar en el presente trabajo final de máster, el diseño y elección de un sistema de rotación de puestos de trabajo haya sido el seleccionado.

Por una parte, una motivación personal o intrínseca, y por otra, una motivación extrínseca vinculada con la situación actual de los niveles de siniestralidad laboral causados por factores ergonómicos en la empresa.

Por lo que respecta a la motivación personal, es necesario hacer referencia a mi experiencia laboral en la empresa objeto de estudio. Desde marzo de 2018 hasta el momento actual, he formado parte de su sistema de prevención de riesgos laborales, lo cual me ha permitido conocer la situación y problemática relacionada con los accidentes ergonómicos que se producen en ella.

En lo referente a la motivación de tipo extrínseco, cabe destacar el alto nivel de los índices de siniestralidad relacionados con los riesgos ergonómicos. Las características de las piezas, el proceso productivo y otros factores de tipo económico, no permiten la automatización completa de los procesos de carga y descarga de piezas, por lo que son los operarios de producción los que realizan estas operaciones. Esto genera accidentes de tipo ergonómico: sobreesfuerzos, posturas forzadas etc., los cuales se pueden intentar paliar con las rotaciones ergonómicas.

Es por ello que surge la necesidad de diseñar un plan de rotación de puestos de trabajo. Por tanto, lo que se pretende con el presente trabajo final de máster es enfrentarse a un problema real aplicando los conocimientos técnicos aprendidos en el máster, así como aprovechando la experiencia laboral y el conocimiento previo del funcionamiento de la empresa en cuestión.

### **3. OBJETIVOS**

A continuación, se describen los objetivos más relevantes que nos hemos planteado conseguir al término del presente trabajo de final de máster y que marcaran el desarrollo futuro del mismo:

#### **Objetivo principal:**

- Diseñar una agenda de rotaciones para los puestos de trabajo de un equipo del área de soldadura de la empresa, con la finalidad de reducir la incidencia en los trabajadores de lesiones o trastornos musculo esqueléticos derivados de los riesgos ergonómicos presentes en estos puestos.

#### **Objetivos secundarios:**

- Implementar, tanto en las evaluaciones de riesgo ergonómico, como en los diseños y la elección del sistema de rotaciones, la ergonomía participativa.
- Fomentar la participación de trabajadores y mandos intermedios
- Detectar los principales factores de riesgo ergonómico de los puestos.
- Obtener la percepción del riesgo ergonómico de los trabajadores de los puestos escogidos como piloto.
- Evaluar el riesgo ergonómico, con la metodología SUE RODGERS, y con la metodología NIOSH, de todos los puesto que componen uno de los equipos del área de soldadura de la empresa.



## 4. CONTEXTO

### 4.1 Descripción de la empresa

La empresa escogida para el desarrollo de un sistema de rotaciones ergonómico es una empresa del sector de la automoción, dedicada a la fabricación de las piezas del chasis de vehículos automóviles.

Se trata de una empresa enmarcada en el CNAE 2932 - Fabricación de otros componentes, piezas y accesorios para vehículos de motor. Es una empresa internacional con más de 10 años de existencia y que cuenta en la actualidad con presencia en más de 20 países. Cuenta con una superficie aproximada de 24.000 m<sup>2</sup> distribuidos en 4 naves.

NAVE	SUPERFICIE
Nave 1	6.500 m <sup>2</sup>
Nave 2	5.545 m <sup>2</sup>
Nave 3	6.050 m <sup>2</sup>
Nave 4	3.371 m <sup>2</sup>
Exterior 3	1.500 m <sup>2</sup>
Almacén 1-2	1.124 m <sup>2</sup>
Almacén 2-3	750 m <sup>2</sup>
Total superficie	24.840 m <sup>2</sup>

**Tabla 1:** Superficie total de la empresa (Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa)



**Figura 1:** Vista aérea de la empresa (Fuente: Extraída de la página web de Gestamp)

La empresa cuenta en la actualidad con una plantilla media de unos 320 trabajadores/as aproximadamente, distribuidos en los diversos departamentos, los cuales se dedican a procesos de soldadura por aportación, por resistencia, procesos de estampación en caliente, corte laser y ensamblaje de componentes.

TIPO	DEPARTAMENTO
Mano de obra directa	Producción soldadura
	Estampación en caliente y corte Laser
Mano de obra indirecta	Mantenimiento
	Logística
	Calidad
Estructura	Gerencia
	Jefes de departamento
	Técnicos
	Administrativos

**Tabla 2:** Distribución de la plantilla (Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa)

En el presente trabajo de final de master nos hemos centrado en uno de los equipos del área de soldadura (mano de obra directa) por dos razones principales:

- El área de producción soldadura representa el porcentaje más elevado del total de trabajadores (56%).
- Según datos proporcionados por la empresa, son el colectivo de trabajadores que mayor exposición a los factores de riesgo ergonómico presentan.

## 4.2 Siniestralidad

### 4.2.1 Siniestralidad general y en el sector de la automoción

Los factores de riesgos ergonómicos, y en particular los sobreesfuerzos y las posturas forzadas, son unos de los factores de riesgo laboral más frecuentes que podemos encontrarnos en la mayoría de empresas a nivel nacional.

Si analizamos los datos de la siniestralidad laboral podemos observar como los accidentes de trabajo causados por factores de riesgo ergonómicos representan un porcentaje elevado del total de los accidentes ocurridos en las empresas españolas.

En la siguiente tabla se muestran datos relacionados con el número de accidentes causados por sobreesfuerzos, y en ella podemos observar como estos representan un porcentaje elevado del total de accidentes. De hecho, representan entre un 30 y un 40% del total de accidentes de trabajo con baja reportados al Ministerio de Empleo y Seguridad Social.

AÑO	Nº ACCIDENTES POR SOBRESFUERZO	% SOBRE EL TOTAL DE ACCIDENTES
2005	288.915	32,40%
2006	302.834	33,20%
2007	326.835	35,30%
2008	393.158	36,40%
2009	232.287	37,60%
2010	216.222	38,00%
2011	197.381	38,50%
2012	153.459	37,60%
2013	154.314	38,2%
2014	165.453	39,00%
2015	178.218	38,90%
2016	189.734	38,80%

**Tabla 3:** Porcentaje de accidentes por sobreesfuerzo respecto al total de accidentes (Fuente: Fichero informatizado de partes de accidente de trabajo. Ministerio de Empleo; 2016)

Además, “las enfermedades profesionales declaradas con mayor frecuencia en España, bajo el epígrafe de “enfermedades profesionales por agentes físicos”, son los TME de origen laboral.” (De Industria, M. U. F., 2010).

Si nos centramos en el sector de la automoción, podemos observar como en los últimos años el porcentaje de accidentes por sobreesfuerzo representa más de un 40% del total de los accidentes del sector.

AÑO	ACCIDENTES TOTALES (SECTOR AUTOMOCIÓN)	ACCIDENTES SOBRESFUERZO (SECTOR AUTOMOCIÓN)	% SOBRE EL TOTAL DE ACCIDENTES (SECTOR AUTOMOCIÓN)
2014	4921	2308	46,9%
2015	5475	2500	45,6%
2016	6011	2742	45,6%
2017	6338	2961	46,7%
2018	6281	2806	44,6

**Tabla 4:** Accidentes de trabajo según forma o contacto, por sector. (Fuente: Fichero informatizado de partes de accidente de trabajo. Ministerio de Empleo; 2016)

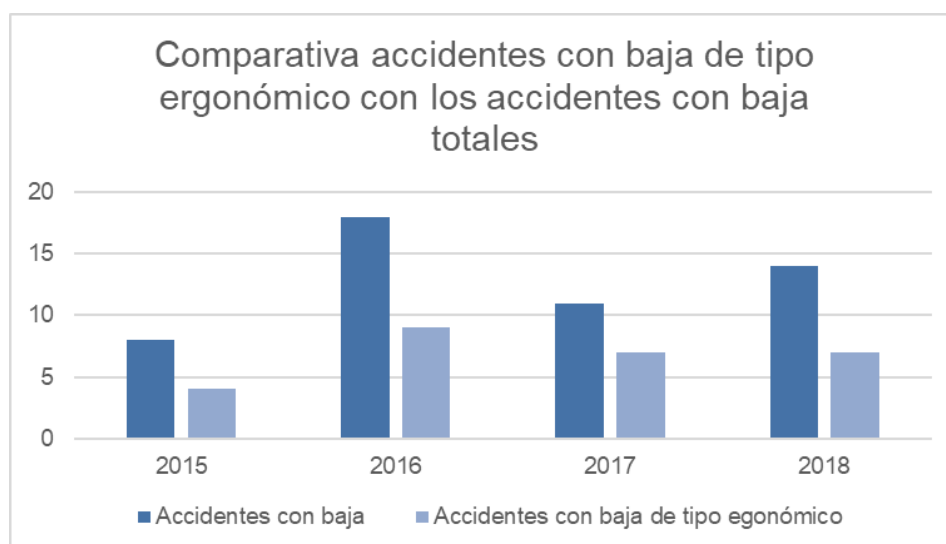
#### 4.2.2 Siniestralidad de la empresa

En la empresa objeto de estudio, se puede visualizar la misma tendencia que a nivel estatal y sectorial. Según la tipología del accidente, los causados por sobreesfuerzos o posturas forzadas (ergonomía) han sido en los últimos años los más frecuentes en la empresa.

AÑO	ACCIDENTES CON BAJA	ACCIDENTES CON BAJA ERGONOMICOS	%
2015	8	4	50
2016	18	9	50
2017	11	7	64
2018	14	7	50

**Tabla 5:** Accidentes con baja y accidentes con baja de tipo ergonómico de la empresa (Fuente: Elaboración propia)

Observamos como en los últimos 4 años, los accidentes de tipo ergonómico representan aproximadamente un 50% de los accidentes con baja totales anuales, llegando incluso al 64% en uno de estos años.



**Figura 2:** Comparativa anual siniestralidad ergonómica (Fuente: Elaboración propia)

Con estos datos, podemos afirmar que nos encontramos ante un riesgo estructural causado por la exposición continuada a los riesgos ergonómicos, lo cual genera la necesidad de evaluar y aplicar medidas preventivas.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1 Ergonomía

La ergonomía es un concepto multidisciplinar que abarca un amplio espectro de subconceptos relacionados con el estudio y adaptación de las máquinas, objetos, herramientas, puestos de trabajo etc. al ser humano.

A lo largo de la historia, y en función de la evolución de la disciplina, han ido surgiendo diferentes definiciones. De entre ellas, podemos destacar la definición de la Asociación Internacional de Ergonomía, que define la ergonomía como la:

*“disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.”*

Encontramos también la definición de la Asociación Española de Ergonomía, la cual define la ergonomía como:

*“El conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.”*

En base a todas estas definiciones, podemos concluir que el objetivo básico de la ergonomía es la adecuación entre las capacidades de las personas y las demandas de la tarea realizada.

## **5.2 Los factores de riesgo ergonómico y sus consecuencias**

Las condiciones y características de los puestos de trabajo afectan de forma directa a la salud y la seguridad de los trabajadores que los ocupan. En la mayoría de los puestos de trabajo encontramos una serie de factores que generan riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores. Los principales riesgos ergonómicos están producidos por la adopción de posturas forzadas, la realización de movimientos repetitivos, la manipulación manual de cargas, así como por la aplicación de fuerzas durante la jornada de trabajo. Encontramos, por tanto, una gran variedad de factores de riesgo ergonómico: Posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas, empujes y/o arrastres etc.

Esta exposición a factores de riesgo ergonómico durante toda la jornada laboral, genera una serie de consecuencias negativas en la salud de los trabajadores, conocidas en la actualidad como Trastornos musculo esqueléticos (en adelante TME). Los TME de origen laboral son, según la Agencia Europea para la seguridad y Salud en el Trabajo (2000), alteraciones que sufren estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas, fundamentalmente, por el trabajo y los efectos del entorno en que se desarrolla.

Estos TME son consecuencia de la exposición repetida a cargas de trabajo durante un período de tiempo prolongado, es decir, durante las 8 horas de jornada laboral diaria y las 40 horas semanales. Estos trastornos afectan sobre todo a la espalda, el cuello, los hombros y los miembros superiores, pero también pueden afectar a los miembros inferiores. (Podniece, Z. 2007).

## 6. METODOLOGIAS DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA

Para poder evaluar estos TME, no existe un método que englobe todos estos factores, sino que coexisten en la actualidad, una gran variedad de métodos para evaluar los diferentes riesgos ergonómicos causantes de los TME. Es decir, para cada tipo de riesgo, posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas, empujes y arrastres etc. se han desarrollado diferentes metodologías de evaluación ergonómica con las cuales se obtienen los diferentes niveles de riesgo a los que se exponen los trabajadores.

Como afirman los expertos Asensio-Cuesta, S., Ceca, M. J. B., & Más, J. A. D. en su obra Evaluación ergonómica de puestos de trabajo (2012), “los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los factores de riesgo ergonómico presentes en los puestos de trabajo, para posteriormente, en base a los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo o y los sitúen en valores aceptables de exposición para el trabajador.”

En ocasiones, para evaluar un puesto de trabajo correctamente se requiere la aplicación de varios de estos métodos, pues puede haber varios riesgos de tipo ergonómicos en una misma tarea

Por tanto, elegir una metodología adecuada en función del riesgo al que se está expuesto es fundamental para garantizar el éxito de la evaluación, es decir, que esta refleje la realidad de la carga ergonómica del trabajador. Antes de empezar a evaluar el riesgo debemos tener bien identificados los factores de riesgo ergonómico presentes y preguntarnos qué método es el más adecuado para evaluar cada uno de ellos.

A continuación, se presenta una tabla en la cual se exponen algunos de los posibles métodos de evaluación ergonómica existentes para cada uno de los factores de riesgo ergonómico citados en el apartado anterior:

REPETITIVIDAD	
<b>OCRA</b>	El método mide el nivel de riesgo en función de la probabilidad de aparición de trastornos músculo-esqueléticos en un determinado tiempo, centrándose en la valoración del riesgo en los miembros superiores del cuerpo.
<b>SUE RODGERS</b>	El método Sue Rodgers estudia el esfuerzo, la duración y la frecuencia requerida por cada parte del cuerpo para realizar una tarea para hacer una predicción de la fatiga muscular. El esfuerzo, la duración y la frecuencia para cada parte del cuerpo son evaluados individualmente en una escala del 1 al 3. El Grado de Severidad se determina a partir de la combinación de “unos”, “doses” y “treses” que hayamos obtenido.

**Tabla 6:** Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica del riesgo de repetitividad (Fuente: “Métodos de evaluación de la ergonomía de puestos de trabajo” Ergonautas. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>)

POSTURAS FORZADAS	
<b>RULA</b>	El método considera la postura adoptada, la duración y frecuencia de ésta y las fuerzas ejercidas Para una determinada postura RULA obtendrá una puntuación a partir de la cual se establece un determinado Nivel de Actuación. El Nivel de Actuación indicará si la postura es aceptable o son necesarios cambios.
<b>REBA</b>	El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo, del tronco, del cuello y de las piernas. Evalúa posturas individuales y no conjuntos o secuencias de posturas, por ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto.
<b>OWAS</b>	El método Owas permite la valoración de la carga física derivada de las posturas adoptadas durante el trabajo. A diferencia de otros métodos de evaluación postural como Rula o Reba, que valoran posturas individuales, Owas se caracteriza por su capacidad de valorar de forma global todas las posturas adoptadas durante el desempeño de la tarea.

**Tabla 7:** Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica del riesgo de posturas forzadas (Fuente: “Métodos de evaluación de la ergonomía de puestos de trabajo” Ergonautas. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>)

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS	
<b>NIOSH</b>	Con la Ecuación de NIOSH es posible evaluar tareas en las que se realizan levantamientos de carga. El resultado de la aplicación de la ecuación es el Peso Máximo Recomendado ( <i>RWL: Recommended Weight Limit</i> ) que se define como el peso máximo que es recomendable levantar en las condiciones del puesto para evitar el riesgo de lumbalgias o problemas de espalda.
<b>GUÍA DE LEVANTAMIENTO DE CARGAS DEL INSSBT</b>	La guía del INSSBT parte de establecer un valor para el máximo peso que es recomendable manipular en condiciones ideales considerando la posición de la carga respecto al trabajador (Peso teórico). Tras considerar las condiciones específicas de la manipulación evaluada (el peso real de la carga, el nivel de protección deseado, las condiciones ergonómicas y características individuales del trabajador), se obtiene un nuevo valor de peso máximo recomendado (Peso aceptable). La comparación del peso real de la carga con el Peso Aceptable obtenido, indicará al evaluador si se trata de un puesto seguro o por el contrario expone al trabajador a un riesgo excesivo.

**Tabla 8:** Descripción de los principales métodos de evaluación ergonómica de manipulación de carga (Fuente: “Métodos de evaluación de la ergonomía de puestos de trabajo” Ergonautas. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>)

En el presente trabajo, para la obtención de un nivel de riesgo ergonómico de los puestos, se han aplicado dos metodologías diferentes en cada uno de ellos. Una de tipo indirecto, es decir de mera observación de movimientos (SUE RODGERS), y una de tipo directo, en la que se obtienen datos de las distancias, alturas etc. de los diferentes puestos de carga y descarga y de movimientos del trabajador (ecuación NIOSH aplicada a través de la plataforma informática del ERGO IVB, en concreto la aplicación del módulo de MMC).

A continuación, se procede a desarrollar con mayor profundidad estos dos métodos.

## 6.1 Método Sue Rodgers

El método Sue Rodgers, acuñado con dicho nombre por su autora, la Dra. Suzanne Rodgers, en su obra: *Functional job evaluation technique in Ergonomics* (1992), estudia el esfuerzo, la duración y la frecuencia que se requieren por cada parte del cuerpo para realizar una determinada tarea. Con todos estos parámetros se obtiene un pronóstico aproximado de los niveles de fatiga muscular.

Uno de los aspectos más relevantes y beneficiosos del método Sue Rodgers es que nos permite identificar el grupo muscular más perjudicado en cada tarea así como la urgencia de la intervención y la aplicación de las medidas preventivas.

Para obtener los niveles de esfuerzo, duración y frecuencia se han utilizado diferentes tablas, en las cuales se indica el valor en función de los diferentes parámetros asociados a los movimientos de la tarea.

### 6.1.1 Duración del esfuerzo

La duración es el tiempo que un músculo permanece activo de manera continuada. La duración se valora con 1, 2 o 3 para cada grupo de músculos. La duración del esfuerzo debe ser medida sólo para el nivel de esfuerzo que está siendo evaluado.

Se consideran tres categorías de duración del esfuerzo para los grupos de músculos, tal como indica la siguiente tabla: una primera categoría cuando hay un descanso cada 6 segundos o menos, otra categoría cuando hay un descanso del músculo de entre 6 y 20 segundos y una última cuando los músculos están activos durante más de 20 segundos ininterrumpidamente.

CALIFICACIÓN	DURACIÓN PARA UN NIVEL DE ESFUERZO
1	< 6 segundos
2	Entre 6 y 20 segundos
3	> 20 segundos

**Tabla 9:** Duración del esfuerzo según el método Sue Rodgers. (Fuente: "Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles", de Villalobos, A. R., & Ripoll, F. S., 2003. Recuperado de: [http://personales.upv.es/arodrigu/IDI/Art\\_118.pdf](http://personales.upv.es/arodrigu/IDI/Art_118.pdf))



### 6.1.2 Nivel de esfuerzo

El nivel de esfuerzo se clasifica en Ligero, Moderado o Fuerte en función de los ítems establecidos en la siguiente tabla:

PARTE DEL CUERPO	LIGERO (1)	MODERADO (2)	FUERTE (3)
<b>Cuello</b>	-Cabeza girada parcialmente a un lado, hacia atrás o ligeramente hacia delante.	-Cabeza girada a un lado. -Cabeza completamente hacia atrás. -Cabeza hacia delante unos 20°.	-Igual que en moderado, pero con fuerza o peso. -Cabeza estirada hacia delante.
<b>Hombros</b>	-Brazos ligeramente despegados; -Brazos extendidos sobre algún apoyo.	-Brazos despegados del cuerpo, sin apoyo. -Trabajar por encima de la cabeza.	-Ejercer fuerzas o sostener peso con las manos despegadas del cuerpo o por encima de la cabeza.
<b>Espalda</b>	- Doblada a un lado o inclinada. -Espalda arqueada	-Inclinada hacia delante, sin peso. -Elegir cargas pesadas cerca del cuerpo. -Trabajar por encima de la cabeza.	- Subir cargas o ejercer fuerza con la espalda girada. - Fuerza elevada o carga mientras se está inclinado.
<b>Brazos/Codos</b>	-Brazos despegados del cuerpo, sin carga. - Elevar cargas ligeras cerca del cuerpo.	- Girar el brazo mientras se hace una fuerza moderada.	- Ejercer fuerzas grandes con rotación. - Elevar cargas con los brazos extendidos.
<b>Manos/Dedos/ Muñecas</b>	- Fuerzas o pesos leves que se cogen junto al cuerpo. -Muñecas derechas. - Agarre cómodo.	- Mangos demasiado anchos o estrechos. -Ángulos moderados en la muñeca, especialmente de flexión.	-Agarre punzante. - Ángulos grandes de giro en la muñeca. -Superficies deslizantes.
<b>Piernas/ Rodillas/ Tobillos/ Pies/ Dedos</b>	-Permanecer de pie. -Andar sin inclinarse o girarse. -Peso repartido entre ambos pies.	-Inclinación hacia delante. - Inclinarse sobre una mesa. - Peso sobre un solo lado. - Pivotar mientras se ejerce fuerza.	-Ejercer fuerzas grandes empujando o elevando cargas. - Agacharse mientras se ejerce una fuerza.

**Tabla 10:** Niveles de esfuerzo por cada parte del cuerpo según método Sue Rodgers. (Fuente: “Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles”, de Villalobos, A. R., & Ripoll, F. S., 2003. Recuperado de: [http://personales.upv.es/rodrigu/IDI/Art\\_118.pdf](http://personales.upv.es/rodrigu/IDI/Art_118.pdf))

### 6.1.3 Frecuencia (Esfuerzos por Minuto)

La frecuencia se mide para un grupo de músculos determinado y para un nivel de esfuerzo específico. Este método no es apropiado para evaluar tareas de alta frecuencia (más de 15 esfuerzos por minuto).

El número de la categoría debe introducirse en la tabla de Excel para cada grupo de músculos. Se muestra en la siguiente tabla la calificación que se otorga en función del número de esfuerzos realizados por minuto.

CALIFICACIÓN	ESFUERZOS POR MINUTO
1	< 1 por minuto
2	1 a 5 por minuto
3	> 5 y hasta 15 por minuto

**Tabla 11:** Frecuencia (esfuerzos por minuto) según el método Sue Rodgers. (Fuente: “Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles”, de Villalobos, A. R., & Ripoll, F. S., 2003. Recuperado de: [http://personales.upv.es/arodrigu/IDI/Art\\_118.pdf](http://personales.upv.es/arodrigu/IDI/Art_118.pdf))

### 6.1.4 Grado de Severidad

Cada uno de los parámetros: esfuerzo, duración y la frecuencia, se evalúan individualmente, en una escala del 1 al 3, para cada parte del cuerpo. El Grado de Severidad se determina a partir de la combinación de los valores asignados a cada parámetro: esfuerzo-duración-frecuencia (pe: grado de severidad =132, esfuerzo =1, duración =3, frecuencia =2). (Villalobos, A. R., Ripoll, F. S.,2003).

La severidad se relaciona directamente con la prioridad de cambio, por ejemplo, un puesto con condiciones muy severas presenta una muy alta prioridad de cambio. Este método define tres niveles: baja, moderada y alta.

- Moderada o baja nos indica que las condiciones del puesto de trabajo actualmente presentan un aceptable grado de satisfacción, pero se debe reevaluar el puesto periódicamente a fin de comprobar que dichas condiciones no degeneren.
- Alta nos indica que el puesto presenta un elevado potencial de riesgo para la salud del operario que lo trabaja. Es por ello que se deben tomar medidas orientadas a reducir las causas que originan dichos efectos perjudiciales.

A continuación, se presenta una imagen que representa la aplicación del método mediante una tabla Excel. En ella observamos cómo se han ido recogiendo todos los parámetros requeridos por el método (nivel de esfuerzo, duración del esfuerzo y esfuerzos por minuto), para cada grupo muscular (cuello, hombros, espalda, brazos/codos, muñecas/manos/dedos, piernas/tobillos/dedos). Finalmente obtener una prioridad de actuación en función del riesgo obtenido con la combinación de los parámetros introducidos.

Fecha: 06/03/2018				Código de evaluación	7B10 C520				
Tiempo de Ciclo (segundos):	50	N. piezas /hora	72	Peso máx. manipulado	3,58	Arrastres y/o empujes	<input type="checkbox"/>		
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,20	N. piezas /minuto	1,20	Tiempo ciclo estimado (segundos)	50				
ANÁLISIS SUE RODGERS									
PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO			PRIORIDAD	EVALUACION	
				1=LIGERO	DURACION DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS			
				1=< 6 seg	1=< 1/ min				
				2=MODERADO	2= 6-20 seg	2 = 1-5/ min			
				3=DURO	3=> 20 seg	3 = >5/ min			
CUELLO	6	2,40	2	1	2	2	NA	NA	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	NA	NA	
ESPALDA	0	0,00	0	1	1	1	NA	NA	
BRAZOS CODOS	2	2,40	2	1	1	2	NA	NA	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	NA	NA	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	2	NA	NA	
				Moderado (M) (amarillo =5)	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1		
				Bajo (B) (verde =2)	Resto de combinaciones				

Figura 3: Tabla Excel para la aplicación del método Sue Rodgers (Fuente: Elaboración propia)

## 6.2 Ecuación NIOSH

El método NIOSH, a través de su ecuación, calcula un Índice de Levantamiento (IL) que proporciona una estimación relativa del nivel de riesgo asociado a una tarea de levantamiento manual. Además, permite analizar tareas múltiples de levantamiento de cargas, a través del cálculo de un Índice de Levantamiento Compuesto (ILC). (Ruiz, L.,2011).

**NIOSH 1994**

**LPR = LC · HM · VM · DM · AM · FM · CM**

LC : constante de carga

HM : factor de distancia horizontal

VM : factor de altura

DM : factor de desplazamiento vertical

AM : factor de asimetría

FM : factor de frecuencia

CM : factor de agarre

Figura 4: Ecuación NIOSH revisada (Fuente: NTP 447: Levantamiento manual de cargas, Ecuación NIOSH, 1988.)

El LRP (límite de peso recomendado) se obtiene a partir del peso de la carga, distancia horizontal, distancia vertical, ángulo de asimetría, agarre de la carga, frecuencia del levantamiento y la duración de la tarea. Una vez calculado el LPR se compara con el peso real levantado y se obtiene el Índice de levantamiento. A partir del Índice de levantamiento, se obtiene un determinado nivel de riesgo: Aceptable, moderado o inaceptable, que nos indica la necesidad de modificar o rediseñar la tarea.

Interpretación del Índice	
Riesgo aceptable	(Índice $\leq 1$ ). La mayoría de trabajadores no debe tener problemas al ejecutar este tipo de tareas.
Riesgo moderado	( $1 < \text{Índice} < 1,6$ ). En principio, las tareas de este tipo deben rediseñarse para reducir el riesgo. Bajo circunstancias especiales (por ejemplo, cuando las posibles soluciones de rediseño de la tarea no están lo suficientemente avanzadas desde un punto de vista técnico), pueden aceptarse estas tareas siempre que se haga especial énfasis en aspectos como la educación o entrenamiento del trabajador (por ejemplo, un conocimiento especializado en identificación y prevención de riesgos), el seguimiento detallado de las condiciones de trabajo de la tarea, el estudio de las capacidades físicas del trabajador y el seguimiento de la salud del trabajador mediante reconocimientos médicos periódicos.
Riesgo inaceptable	(Índice $\geq 1,6$ ). Debe ser modificada la tarea.

**Figura 5:** Nivel de riesgo según el índice de levantamiento. Ecuación NIOSH. (Fuente: Manual de usuario del módulo MMC Variable del ERGO IBV v16. Recuperado de: <http://ergo.ibv.org/manual-de-usuario-ergo16-web>)

El Instituto de Biomecánica de Valencia, ha diseñado una herramienta informática mediante la cual se aplica esta ecuación: el módulo de Manipulación manual de cargas del ERGO IVB, que permite la evaluación de los riesgos laborales relacionados con la manipulación manual de cargas de un puesto de trabajo, y que explicaremos con mayor detalle en el siguiente apartado.

### 6.3 Software ERGO/IVB

El software ERGO/IVB diseñado por el Instituto de Biomecánica de València, es un software de Evaluación de Riesgos y Recomendaciones de diseño que permite aplicar algunos de los principales métodos de evaluación ergonómica existente de forma fácil, directa y visual. El software incluye varios módulos, los cuales procedemos a describir a continuación por tipo de riesgo:

#### Manipulación manual de cargas:

MMC Simple y Múltiple: analiza tareas de levantamiento, transporte, empuje o arrastre de cargas a partir de la ecuación de NIOSH revisada, la Guía Técnica del INSHT, las tablas de Snook y Ciriello y la norma UNE-EN 1005-2.

MMC Variable: analiza tareas de levantamiento manual de cargas con grandes variaciones de las condiciones de la manipulación. Utiliza un procedimiento desarrollado conjuntamente por varios autores de la propia ecuación NIOSH.

MMC Secuencial: analiza rotaciones entre varias tareas de levantamiento manual de cargas durante la jornada laboral, mediante el denominado Índice de Levantamiento Secuencial (ILS). Se basa en un procedimiento específico para analizar este tipo de tareas, desarrollado por varios autores de la ecuación NIOSH y del centro EPM de Milán.

MMC Lesionados: analiza tareas de levantamiento manual de cargas en los casos de trabajadores con lesiones. Se basa en un estudio de investigación desarrollado por la Universidad de Ohio.

### **Movimientos repetitivos:**

Tareas Repetitivas: analiza actividades que contienen movimientos repetitivos de miembros superiores. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por el IBV en colaboración con mutuas de trabajo y sindicatos.

UNE EN 1005-5 (OCRA Multitarea): analiza actividades que contienen movimientos repetitivos de miembros superiores a partir de la norma UNE EN 1005-5 que calcula el índice OCRA.

### **Posturas forzadas:**

Posturas Forzadas (OWAS): Analiza tareas con posturas forzadas de espalda, brazos y piernas, utilizando el método OWAS de evaluación postural.

Posturas Forzadas (REBA): Analiza tareas con posturas forzadas de tronco, cuello, y miembros superiores e inferiores a partir de las tablas de puntuación REBA.

Fuerzas UNE EN 1005-3: Analiza tareas en las que se realizan fuerzas asociadas al uso de mandos, controles o pedales, a partir de la norma UNE EN 1005-3 (2009), relativa a los límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.

MAPO: analiza tareas que impliquen la manipulación, movilización, levantamiento o transferencia de personas/pacientes, a partir del método MAPO para la evaluación de riesgos ergonómicos asociados a la manipulación manual de pacientes.

OFICINA: Permite detectar factores de riesgo en las oficinas, relacionados con el uso continuado de PVD (Pantallas de visualización de datos).

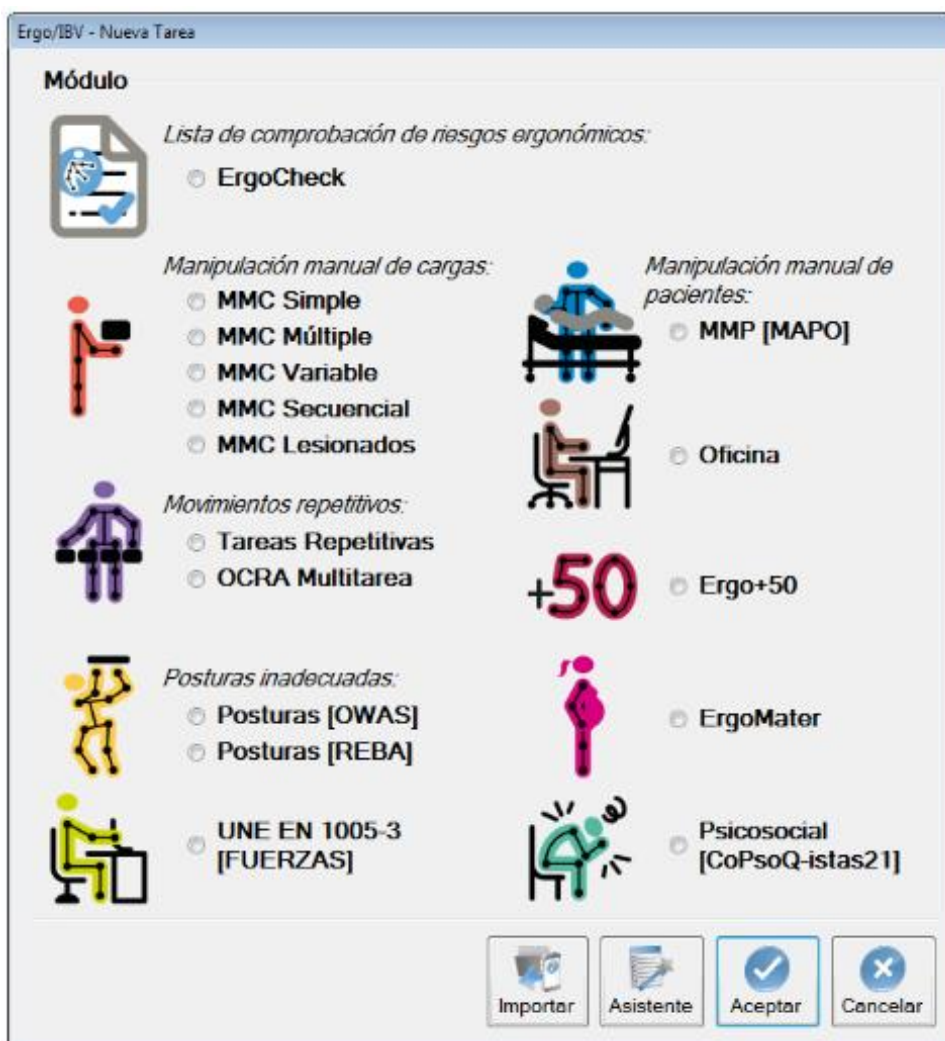
### **Mayores de 50 años y embarazadas**

ERGO MATER: tareas realizadas por trabajadoras embarazadas detectando factores de riesgo para la madre y/o el feto. Se ha realizado a partir de un estudio de investigación desarrollado por el IBV en colaboración con Unión de Mutuas y Muvale.

ERGO +50: Identifica las condiciones de trabajo que pueden implicar problemas para las personas trabajadoras de mayor edad, a través de Cuestionario de valoración de las condiciones de trabajo y Cuestionario de valoración de la plantilla de mayor de edad.

### **Riesgos Psicosociales**

PSICOSOCIAL: Evalúa la exposición en el trabajo a factores de riesgo de naturaleza psicosocial mediante la versión corta del método ISTAS21.



**Figura 6:** Módulos disponibles en el software ERGO/IVB versión 18. (Fuente: Manual del usuario del Ergo/IBV versión 18. Recuperado de: [http://ergo.ibv.org/es/documentacion/cat\\_view/22-/23-manuales-ergoibv.html](http://ergo.ibv.org/es/documentacion/cat_view/22-/23-manuales-ergoibv.html))

### 6.3.1 Módulo de levantamiento de MMC múltiple

En nuestro caso de estudio, hemos utilizado el módulo de manipulación manual de cargas múltiple, en concreto, la tarea de levantamiento.

Este módulo permite introducir diferentes variables asociadas a la tarea: Tipo de población, Duración de la tarea, Peso de la carga, Frecuencia (Lev/min), Posición horizontal de la carga en el origen y el destino, Posición vertical de la descarga en el origen y el destino, Ángulo de asimetría, Tipo de agarre, Control en el destino, Operación con 1 mano, Operación con 2 personas.

A partir de estas variables, se calcula un Índice Compuesto, que representa el nivel de riesgo para la zona dorso lumbar de la espalda.

**IDENTIFICACIÓN**


Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones Peso total: 3.632 Kg  
Frecuencia: 1.2 p/min  
3 operarios  
Op 1: Estática y descarga pieza acabada  
Op 2: Solda en estática 4 tuercas  
Op 3: Carga piezas en mesa"/>

Población  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga de la pieza P6 en estática	Levantamiento	0,08	3	0,058
Descarga en percha	Levantamiento	0,09	2	0,069
Soldar tuercas	Levantamiento	0,16	1	0,160

**RIESGO de la TAREA**

Evaluación realizada por:

índice  Riesgo aceptable

**Interpretación del Índice**

Riesgo aceptable (Índice  $\leq 1$ ). La mayoría de trabajadores no debe tener problemas al ejecutar este tipo de tareas.

Riesgo moderado ( $1 < \text{Índice} < 1,6$ ). En principio, las tareas de este tipo deben rediseñarse para reducir el riesgo. Bajo circunstancias especiales (por ejemplo, cuando las posibles soluciones de rediseño de la tarea no están lo suficientemente avanzadas desde un punto de vista técnico), pueden aceptarse estas tareas siempre que se haga especial énfasis en aspectos como la educación o entrenamiento del trabajador (por ejemplo, un conocimiento especializado en identificación y prevención de riesgos), el seguimiento detallado de las condiciones de trabajo de la tarea, el estudio de las capacidades físicas del trabajador y el seguimiento de la salud del trabajador mediante reconocimientos médicos periódicos.

Riesgo inaceptable (Índice  $\geq 1,6$ ). Debe ser modificada la tarea.

**Figura 7:** Ejemplo de informe del módulo de levantamiento de MMC del software ERGO/IVB. (Fuente: Manual de usuario del módulo MMC Variable del ERGO IBV v16. Recuperado de: <http://ergo.ibv.org/manual-de-usuario-ergo16-web>)

## 7. ROTACIÓN DE PUESTOS

### 7.1 Concepto

Entendemos por rotación de puestos de trabajo el proceso de intercambio de tareas entre los diferentes puestos de una línea de producción, de modo que se reduce el tiempo de realización de cada tipo de tarea y por tanto disminuye la exposición biomecánica, todo ello con el objetivo de disminuir el nivel de riesgo ergonómico de todos los trabajadores implicados.

Es conocido, como se evidencia en los numerosos estudios y ejemplos reales de implantación de rotaciones ergonómicas, que éstas son beneficiosas para las empresas, no solo a nivel ergonómico sino también a nivel de productividad, absentismo, clima laboral etc. De hecho, autores como Winkel y Westgaard (1996), afirman que el grado de exposición biomecánica y psicosocial influye en la productividad de los trabajadores, y que si existen niveles aceptables de exposición se contribuye al aumento de la productividad a la vez que se logra un nivel alto de salud músculo esquelética.

Además, otro de los beneficios de la implantación de un sistema de rotaciones ergonómicas es su relativo bajo coste, en comparación con las grandes inversiones mecánicas de las máquinas o entornos de trabajo para su adaptación al trabajador. Implementar mejoras técnicas requiere en gran parte de las ocasiones de la adquisición de maquinarias, o herramientas que suponen inversiones económicas que no todas las empresas pueden realizar. En cambio, las mejoras organizativas, como la implementación de un sistema de rotaciones, no requiere apenas inversión económica más allá de las horas que el técnico o el servicio de prevención invierten en diseñarla.

## 7.2 Métodos para la rotación de puestos de trabajo

Para poder alcanzar todos los beneficios descritos en el apartado anterior, no es suficiente con la mera implantación de un sistema de rotaciones, sino que este debe ser adecuadamente diseñado en función de las necesidades y características de cada empresa.

Es muy importante realizar un buen diseño, y para ello, se necesita aplicar una metodología que tenga en cuenta los diferentes factores que influirán a la hora de aplicar las rotaciones: el número de puestos, el número de trabajadores, la duración de las mismas, los criterios que van a tenerse en cuenta para determinar las rotaciones etc.

Existen diferentes metodologías, generalmente diseñadas por expertos en la materia, que consisten fundamentalmente en sistemas de cruce de variables, mediante los cuales se obtienen agendas de rotación para cada trabajador y/o puesto.

Un ejemplo de ello es el MORE (Método de Orientación para la Rotación Ergonómica), basado en el algoritmo DPI-ASEPEYO (DPI-A) [12]. Este algoritmo funciona como un sistema evolutivo que parte de un conjunto de soluciones posibles al sistema y va escogiendo las mejores y desechando las peores. (Llorca, J. L., et al. 2007). Destaca también, el Algoritmo Genético (AG) para la generación de agendas de rotación de Carnahan (2000).

En la siguiente tabla, extraída de la tesis doctoral del Dr. Ospina, H. (2013), se detalla el estado del arte de las metodologías para la planificación de agendas de rotación.



AUTOR	AÑO	OBJETIVO	METODO
Carnahan, et al.	2000	Manipulación de carga (JSI)	PE y Algoritmo Genético
Tharmmaphornphilas, et al.	2003	Ruido (NIOSH-DND)	PE
Kullpattaranirun y Nanthavanij	2005	Ruido	Algoritmo Genético
Bhadury y Radovilsky	2006	Costo de Asignación y Aburrimiento	Heurística
Tharmmaphornphilas y Norman	2007	Manipulación de Carga (JSI)	Heurística
Seçkiner y Kurt	2007	Carga Laboral	Recocido Simulado
Seçkiner y Kurt	2008	Carga Laboral	Colonia de Hormigas
Yaoyuenyong y Nanthavanij	2008	Ruido – Gasto Energético	Heurística
Aryanezhad, et al.	2009	Ruido, Manipulación de Carga, Habilidades y Tiempo de Ocio	Heurística- PL Métrica
Diego-Mas, et al.	2009	Repetitividad de Movimientos	Algoritmo Genético
Costa y Miralles	2009	Balanceo de Línea y Discapacidad	Heurística
Azizi, et al.	2010	Aburrimiento y Variación del Conocimiento (Olvido)	Algoritmo Genético, Recocido Simulado y Búsqueda Tabú
Michalos, et al.	2010	Fatiga , Distancia, y la Repetitividad de Tareas	Algoritmo Inteligente
Asensio-Cuesta		Trastornos musculo esqueléticos	Algoritmo Evolutivo
Asensio-Cuesta et al.	2010	Repetitividad y Discapacidad	Algoritmo Genético
Asensio-Cuesta et al.	2011	Repetitividad y Competencias	Algoritmo Genético
Asensio-Cuesta et al.	2012	Repetitividad de Tareas (OCRA)	Algoritmo Genético
Ayough, et al.	2012	Aburrimiento	Algoritmos de Competencia Imperativa
Otto y Scholl	2012	Genérico (Enfoque Ergonómico)	Heurística y Búsqueda Tabú.
Moreira y Costa	2013	Discapacidad	Heurística-PE

**Tabla 12:** Estado del Arte en Optimización para la Planificación de Rotación Laboral. (Fuente: Ospina Mateus, H. (2013). Diseño de un modelo para la rotación laboral que prevengan los riesgos ergonómicos en actividades repetitivas, manipulación de carga. Recuperado de: <https://repositorio.utb.edu.co/> )

Existen numerosos casos que evidencian reducciones en los niveles de siniestralidad al aplicar sistemas de rotaciones ergonómicas.

Un ejemplo de ello, es el estudio realizado por Henderson y Kumar (1992) en una industria de aves, en la cual implantaron un sistema de rotaciones basado en la demanda laboral, y con ello, obtuvieron beneficios ergonómicos tales como la reducción de los trastornos musculoesqueléticos de los trabajadores implicados. Otro caso mediante el cual se han conseguido demostrar los beneficios de la implantación de un sistema de rotaciones es el estudio realizado por Kuijer et al. (1999), que consistió en implantar un sistema de rotaciones entre trabajadores de recolección de basura, como recolectores, conductores del camión etc. Gracias a este estudio pudieron verificar el impacto positivo de la implantación del sistema de rotaciones en la reducción de la fatiga y el nivel de esfuerzo de los trabajadores.

## 8. ERGONOMÍA PARTICIPATIVA

El concepto de ergonomía participativa está en la actualidad poco desarrollado. Se percibe un interés creciente por la ergonomía participativa, no obstante, sigue existiendo escasa bibliografía al respecto. Una de las definiciones más citadas del concepto de ergonomía participativa es la de Wilson, Haines y Morris (2005):

*“La ergonomía participativa es una estrategia para implicar a las personas en la planificación y control de una parte significativa de su trabajo, con el suficiente conocimiento y poder para influir sobre los procesos y sus resultados con el objetivo de conseguir metas deseables”.*

Encontramos en la actualidad diferentes casos que evidencian los beneficios de la aplicación de esta metodología.

Pinto, R. (2015) aplicó la ergonomía participativa en una empresa del sector Industrial Chileno con el objetivo de prevenir los trastornos musculoesqueléticos mediante la cual se obtuvieron beneficios como mejorar la cultura preventiva de la empresa en relación a los temas ergonómicos o afianzar el compromiso de los ejecutivos en la aplicación de medidas preventivas.

Otro ejemplo reciente de aplicación de la ergonomía participativa es el estudio realizado por Garcia, A.M. et al. (2011), los cuales realizaron un programa de intervención de ergonomía participativa en una empresa del sector químico de la Comunidad Valenciana. Con este estudio se demostró que, gracias a la implementación de dicha metodología, se consiguió la participación de trabajadores y responsables lo cual ha facilitó la aplicación de las mejoras y las medidas preventivas propuestas.

Es por ello, por lo que hemos considerado oportuno y necesario, la aplicación de las estrategias de la ergonomía participativa para realizar el desarrollo, diseño y elección de las agendas de rotaciones ergonómicas en la empresa, las cuales se detallaran con mayor profundidad a continuación

## **8.1 Aplicación de la metodología participativa en la empresa**

En el presente trabajo final de máster, hemos utilizado la ergonomía participativa para obtener los niveles de percepción del riesgo ergonómico de los operarios con la finalidad de incluir dicha percepción en la obtención del riesgo final de cada uno de los puestos de trabajo objeto del presente trabajo. Para ello, se han seguido los siguientes pasos, que se describen posteriormente con mayor detalle:

1. Diagnóstico inicial
2. Creación del grupo
3. Formación e información de los miembros
4. Obtención de la percepción del riesgo

### **8.1.1 Diagnóstico inicial**

En primer lugar, se programó y llevó a cabo una reunión inicial, en la cual participaron el servicio de prevención y el encargado del equipo piloto escogido. En dicha reunión se plasmaron las características de los trabajadores afectados, así como la metodología a seguir para la creación del grupo de trabajo y la obtención de la percepción del nivel de riesgo.

### **8.1.2 Creación de los grupos**

Posteriormente, se formó el grupo de trabajo, conformado por los integrantes del equipo 2A, el encargado de dicho equipo y un técnico de PRL. Para ello, se envió comunicación formal a cada uno de ellos, junto con una calendarización de las futuras reuniones.

### **8.1.3 Formación e información**

En la primera reunión, se realizó una formación general para todos los miembros del grupo, impartida por el técnico de PRL, en la cual se formó e informó sobre aspectos generales de ergonomía y evaluación de riesgos ergonómicos.

### **8.1.4 Obtención de la percepción del riesgo**

Después de la reunión inicial de formación e información, se llevaron a cabo dos reuniones más, en las cuales se debatió de forma exhaustiva sobre los riesgos ergonómicos de cada uno de los puestos de trabajo. Una vez analizadas y debatidas estas cuestiones, se concluyó con la plasmación en un Excel de un nivel de riesgo (Ligero, moderado o pesado) para cada puesto.

PIEZA	LINEA	ESTACIÓN	PERCEPCIÓN OPERARIOS
SOPORTE INTERMEDIO DE LA PUERTA DELANTERA Y TRASERA	7J	ST 20	PUESTO LIGERO
	7J	ST10 + DESCARGA	PUESTO LIGERO
SOPORTE BAJO DE LA PUERTA DELANTERA Y TRASERA	8J	ST10	PUESTO PESADO
	8J	ST15	PUESTO PESADO
	8J	ST20 - 5 LH	PUESTO MODERADO
	8J	ST20- 5 RH	PUESTO MODERADO
SOPORTE INTERMEDIO DE LOS ASIENTOS DELANTEROS	8A2	ST5 + ST10 + DESCARGA	PUESTO LIGERO
SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA	7A	ST90	PUESTO MODERADO
	7A	ST110	PUESTO LIGERO
	7A	ST125 DESCARGA	PUESTO PESADO
	7A	ST60	PUESTO PESADO
	7A	ST30	PUESTO PESADO
	7A	ST10	PUESTO LIGERO

**Tabla 13:** Percepción del riesgo de los operarios (Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las reuniones de ergonomía participativa).

## 9. SISTEMA ACTUAL DE ROTACIONES EN LA EMPRESA

En la actualidad, el sistema de rotaciones de la empresa se está aplicando de forma subjetiva y sin tener en cuenta, ni el riesgo ergonómico ni la percepción de los operarios.

Las rotaciones que hasta ahora se han estado llevando a cabo en la empresa se basan simplemente en cambiar de estación de trabajo cada dos horas. Esto implica que, aunque el trabajador vaya cambiando de puesto, no se asegura una efectiva recuperación, pues cabe la posibilidad que los puestos entre los cuales vaya rotando tengan el mismo nivel de riesgo.

Esto puede haber contribuido a la aparición de trastornos musculoesqueléticos y a los elevados índices de siniestralidad ergonómica que encontramos en la empresa y que hemos desarrollado en apartados anteriores.

En la siguiente figura se representa de forma visual este sistema de rotaciones.

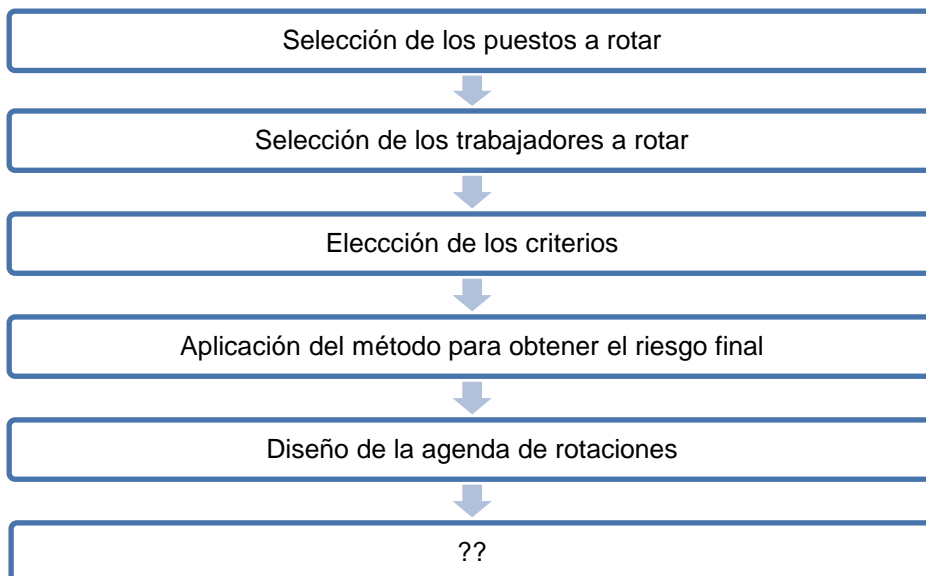


**Figura 8:** Sistema actual de rotaciones en la empresa (Fuente: Elaboración propia)

Nos encontramos por tanto ante un sistema poco efectivo, que como reflejan los datos de siniestralidad ergonómica de los últimos años, no asegura la recuperación muscular de los trabajadores y, en consecuencia, aumenta la probabilidad de sufrir accidentes de tipo ergonómico.

## 10. METODOLOGÍA

En el presente apartado, se procede a exponer el proceso de elaboración de las agendas de rotación. En primer lugar, se presenta un esquema general de la metodología propuesta y a continuación se procede a la descripción de las diferentes fases llevadas a cabo.



**Figura 9:** Esquema general de la metodología propuesta (Fuente: Elaboración propia)

Las dos primeras fases consisten en la selección y descripción detallada de los puestos seleccionados para aplicar la agenda rotaciones, así como la selección y descripción del equipo escogido como piloto, y los trabajadores seleccionados.

En la fase 3, se detallan los criterios que se van a tener en cuenta a la hora de hacer el diseño de las agendas de rotación, así como las características (duración, pausas etc.) de las rotaciones.

Posteriormente, en la fase 4, se diseña, describe y aplica un método propio diseñado para obtener, a partir de las evaluaciones de riesgos de los puestos de trabajo realizadas con el Sue Rodgers y la Ecuación NIOSH y la percepción de los operarios, un riesgo final que nos permita en base al cual se planteará la agenda de rotaciones.

Finalmente, en la fase 5, se procede a la obtención y descripción de la agenda de rotación.

### 10.1 Selección de los puestos a rotar

La empresa objeto de estudio, está especializada en la fabricación de grandes conjuntos y piezas de carrocería para la planta de Ford en Almussafes, con la que está comunicada de manera directa a través de un sistema de túneles. En concreto, se fabrican los modelos FORD KUGA (C520) Y FORD TRANSIT (V408).

Durante el mes de diciembre de 2019, se ha producido un cambio de modelo en el FORD KUGA, por lo que se han eliminado todos los puestos de dicho modelo, y se están sustituyendo por nuevas líneas de fabricación de los subconjuntos del FORD KUGA NUEVO (CX482). Como consecuencia, para el presente trabajo final de máster, hemos realizado las agendas de rotaciones para los puestos de fabricación de la furgoneta FORD TRANSIT (V408), y no hemos incluido los puestos del FORD KUGA (C520), dado que dichos puestos están en pleno cambio de modelo y por tanto las condiciones ergonómicas, y en consecuencia los niveles de riesgo ergonómico, cambiarán en futuro inmediato.



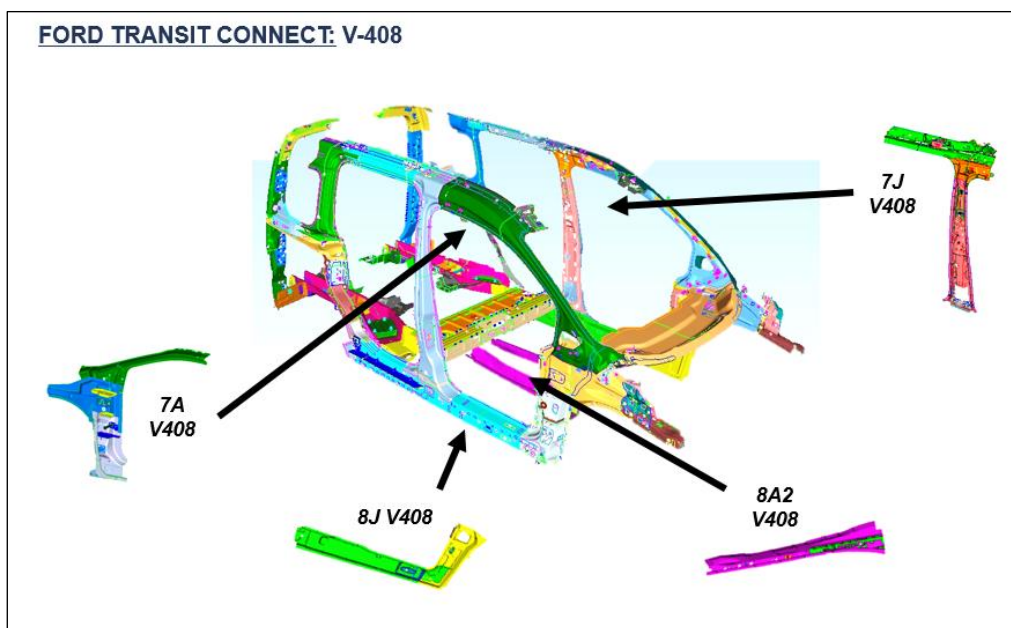
**Figura 10:** Ford Transit V408 (Recuperado de: <https://www.ford.es/vehiculos-comerciales/transit-connect>)

Cada uno de los puestos de trabajo, a nivel interno, se conocen como estaciones de trabajo. Varias estaciones de trabajo conforman una línea de montaje, y en cada una de estas líneas de montaje se fabrica una de las muchas piezas que conforman la carrocería del vehículo. En cada una de estas estaciones de trabajo se sitúa un operario, que realiza diversas funciones de carga y descarga e piezas que detallaremos más adelante.



**Figura 11:** Ejemplo de distribución de la línea 8J V408. (Fuente: Elaboración propia)

En figura siguiente se pueden observar todas las piezas de carrocería que conforman la furgoneta, de entre las cuales se han señalado las 4 piezas que se fabrican en los puestos que hemos seleccionado para aplicar la agenda de rotación.



**Figura 12:** Piezas fabricadas por el equipo 2A de la Ford Transit Connect (Fuente: Elaboración a partir de datos internos proporcionados por la empresa)

El funcionamiento general de la mayoría de los puestos de trabajo (en adelante estaciones) es similar. En cada una de las estaciones se van cargando piezas de materia prima de los contenedores o cajones (en adelante KLT) en los que vienen, hasta una mesa (en adelante utillaje). Una vez las piezas están en la mesa el operario sale de la zona de seguridad protegida con barreras fotoeléctricas, y valida la operación pulsando una botonera. En ese momento el utillaje gira hacia el interior del vallado, donde uno o varios robots cogen las piezas y les aplican los diferentes puntos de soldadura necesarios para ensamblar las piezas hasta formar una sola. A continuación, en la última estación que conforma cada línea, hay cintas de salida, de las cuales un operario coge la pieza final y la descarga en contenedores de producto acabado.



**Figura 13:** Ejemplo de utillaje y cinta de salida de la pieza final de la línea 7J V408. (Fuente: Fotografía proporcionada por la empresa.)

En algunas de estas estaciones existen procesos adicionales, por ejemplo, la soldadura manual mediante estáticas o pedestales de soldadura (en adelante estáticas), en las cuales el operario carga la pieza en la estática, acciona el pulsador para que se suelden tuercas en la pieza, y descarga la pieza en una percha o una mesa.



**Figura 14:** Ejemplo estática de soldadura manual (Fuente: Fotografía proporcionada por la empresa)



En la siguiente tabla se detallan las estaciones que conforman cada una de las líneas seleccionadas.

LÍNEA DE MONTAJE	PIEZA	ESTACIONES					
<b>7J V408</b>	SOPORTE INTERMEDIO DE LA PUERTA DELANTERA Y TRASERA	20		10+DESCARGA			
<b>8J V408</b>	SOPORTE BAJO DE LA PUERTA DELANTERA Y TRASERA	10	15	20-5 RH	20-5 RH		
<b>8A2 V408</b>	SOPORTE INTERMEDIO DE LOS ASIENTOS DELANTEROS	5-10-DESCARGA					
<b>7A V408</b>	SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA	10	30	60	90	110	125-DESCARGA

**Tabla 14:** Desglose de las estaciones que conforman cada línea (Fuente: Elaboración propia)





A continuación, en las siguientes tablas procedemos a describir de forma detallada las diferentes estaciones de trabajo seleccionadas para la elaboración de la agenda de rotación.

A cada una de las líneas se la ha asignado un código del puesto, que será el que identifique la línea de trabajo a la que nos estamos refiriendo. Como hemos indicado con anterioridad, cada una de estas líneas de trabajo, está formada por uno varios puestos de trabajo (estaciones), a las cuales también le hemos asignado un código de identificación.

Además, en las tablas también se detallan algunos datos relevantes para la obtención de los riesgos en los métodos de evaluación, como el tiempo de ciclo que se tarda en la realización de una pieza y el peso máximo manipulado en el puesto.

Seguidamente, se incluye una relación de las diferentes tareas que se realizan en cada uno de estos puestos, con una imagen representativa de cada una de las tareas.

Finalmente, se indican los resultados obtenidos con las evaluaciones de riesgos ergonómicas realizadas con los métodos Sue Rodgers y Ecuación NIOSH con el software del ERGO/IVB. Para cada una de las estaciones, se ha realizado una evaluación del riesgo con las dos metodologías descritas en el apartado 6.1 (Sue Rodgers) y 6.3.1 (Ecuación NIOSH a través del módulo de levantamiento de MMC múltiple del Ergo IBV). Los informes de las evaluaciones de riesgo se adjuntan en los **anexos I y II**.

PIEZA: SOPORTE INTERMEDIO ASIENTOS DELANTEROS		
<b>CODIGO PUESTO</b>	8A2 V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 5+10+descarga	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,66 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	2,5 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga 2 piezas en estática y suelda. 	
	Carga el conjunto soldado en utillaje junto con otra pieza. 	
	Descarga pieza acabada de cinta a contenedor. 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b> 0,72 RIESGO ACEPTABLE	<b>SUE RODGERS</b> CUELLO → BAJO (1,1,2) HOMBROS → BAJO (1,1,1) ESPALDA → BAJO (2,1,2) BRAZOS → BAJO (2,1,2) MANOS → BAJO (1,1,1) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

**Tabla 15:** Descripción del puesto de montaje de la pieza 8A2: Estación 5+10+descarga. (Fuente: Elaboración propia)





PIEZA: SOPORTE INTERMEDIO DE PUERTA DELANTERA Y TRASERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7J V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 20	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,67 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	4,9 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga un subconjunto de dos piezas del contenedor y carga otra pieza de una percha y las apoya en los laterales del utillaje.	
		
	Carga 4 piezas pequeñas desde los KLT hasta el utillaje.	
<b>PROCESO</b>		
	Carga subconjunto apoyado en los laterales en el utillaje y carga otra pieza pequeña de un KLT al utillaje.	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>		
	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	1,08 RIESGO MODERADO	CUELLO → BAJO (1,1,2) HOMBROS → BAJO (1,1,3) ESPALDA → BAJO (1,1,1) BRAZOS → MODERADO (2,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

Tabla 16: Descripción del puesto 7J V408: Estación 20 (Fuente: Elaboración propia)

<b>PIEZA: SOPORTE INTERMEDIO DE PUERTA DELANTERA Y TRASERA</b>		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7J V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 10+ descarga	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,67 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	4,9 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza 1 del contenedor a la estática y suelda tuercas. 	
	Descarga el subconjunto soldado en una percha. 	
	Descarga la pieza acabada de la cinta de salida a un contenedor. 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	0,95 RIESGO BAJO	CUELLO → BAJO (1,1,2) HOMBROS → BAJO (1,1,3) ESPALDA → MODERADO (2,1,3) BRAZOS → BAJO (1,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1,) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

**Tabla 17:** Descripción del puesto 7J V4018: Estación 10+descarga (Fuente: Elaboración propia)



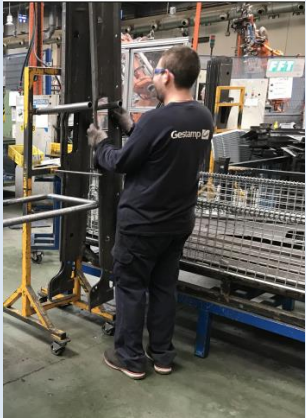
PIEZA: SOPORTE BAJO DE PUERTA DELANTERA Y TRASERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	8J V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 10	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,43 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	6 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza 1 del contenedor a la estática y suelda tuercas.	
		
<b>PROCESO</b>	Descarga el subconjunto obtenido en una percha.	
		
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	1,01 RIESGO MODERADO	CUELLO → BAJO (1,2,2) HOMBROS → BAJO (2,1,2) ESPALDA → MODERADO (3,1,2) BRAZOS → MODERADO (3,1,2) MANOS → BAJO (1,1,1,) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

Tabla 18: Descripción del puesto 8J V408: Estación 10 (Fuente: Elaboración propia)

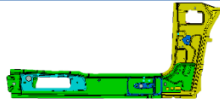


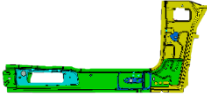







PIEZA: SOPORTE BAJO DE PUERTA DELANTERA Y TRASERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	8J V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 15	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,43 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	6 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza en estática de soldadura y suelta tuercas.	
		
<b>PROCESO</b>	Descarga subconjunto obtenido en percha.	
		
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	NIOSH- ERGO/IVB  0,97 RIESGO BAJO	SUE RODGERS  CUELLO → MODERADO (2,2,2) HOMBROS → BAJO (1,1,1) ESPALDA → BAJO (1,1,1) BRAZOS → BAJO (1,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1,) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

Tabla 19: Descripción del puesto 8J V408: Estación 15 (Fuente: Elaboración propia)

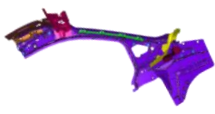


PIEZA: SOPORTE BAJO DE PUERTA DELANTERA Y TRASERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	8J V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 5+20 Izquierda (LH) y derecha (RH). Son iguales.	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,43 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	11,3 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza 1 del contenedor a la estática y suelda tuercas. 	
	Carga 4 piezas de diferentes KLT en el utillaje. 	
	Carga 3 piezas de diferentes KLT en el utillaje. 	
	Carga subconjunto de la percha al utillaje. 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IV</b> 0,48 RIESGO BAJO	<b>SUE RODGERS</b> CUELLO → BAJO (1,2,2) HOMBROS → BAJO (1,1,1) ESPALDA → BAJO (1,1,2) BRAZOS → BAJO (1,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

**Tabla 20:** Descripción puesto 8J V408: Estación 5+20 izquierda y derecha (Fuente: Elaboración propia)

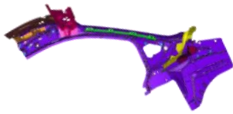

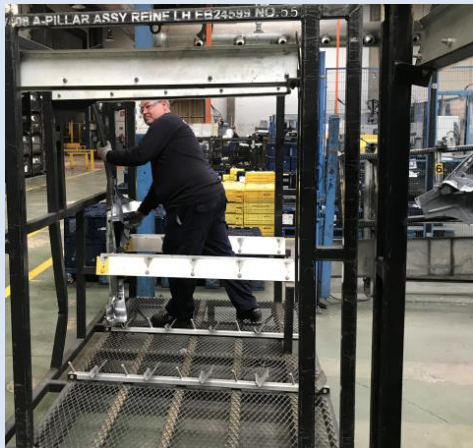
<b>PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA</b>		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 90	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	8 kg	
<b>PROCESO</b>	<p>Coge pieza en estática y pone dos pegatinas. Suelda dos tornillos: suelda uno, gira la pieza y suelda otro.</p> 	
	<p>Carga pieza soldada de la estática en la mesa del utillaje.</p> 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	0,81 RIESGO BAJO	<p>CUELLO → BAJO (1,1,2)  HOMBROS → BAJO (1,1,1)  ESPALDA → MODERADO (2,2,2)  BRAZOS → BAJO (1,2,2)  MANOS → BAJO (1,1,1,)  PIERNAS → BAJO (1,1,1)</p>

**Tabla 21:** Descripción del puesto 7A V408: Estación 90 (Fuente: Elaboración propia)



PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 110	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	2.5 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza en utillaje (multipuntos)	
		
	Descarga subconjunto de piezas de utillaje multipuntos y las carga en estática para soldar tuercas.	
<b>PROCESO</b>		
	Decarga subconjunto de la estática y lo carga en el utillaje. Carga más piezas de cajones a utillaje.	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	0,82 RIESGO BAJO	CUELLO → BAJO (1,2,2) HOMBROS → BAJO (1,1,1) ESPALDA → BAJO (1,1,1) BRAZOS → BAJO (1,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1,) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

**Tabla 22:** Descripción del puesto 7A V408: Estación 110 (Fuente: Elaboración propia)

PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 125 Descarga	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	17 kg	
<b>PROCESO</b>	<p>Realiza retrabajos con el rotalí en la pieza cuando está todavía en la cinta de salida.</p> 	
	<p>Descarga la pieza de la cinta y la deposita en el contenedor de producto acabado.</p> 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	1,37 RIESGO MODERADO	<p>CUELLO → BAJO (1,1,1)                      HOMBROS → ALTO (3,2,2)                      ESPALDA → MODERADO (2,2,2)                      BRAZOS → MODERADO (2,2,2)                      MANOS → BAJO (1,1,1)                      PIERNAS → BAJO (2,1,1)</p>

**Tabla 23:** Descripción puesto 7A V408 : Estación 125 Descarga (Fuente: Elaboración propia)

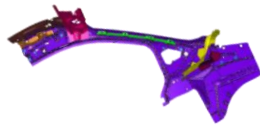


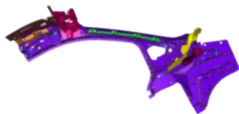

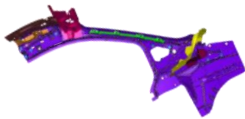


PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 60	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	11 kg	
<b>PROCESO</b>	Carga pieza de contenedor en estática y suelda tuerca.	
		
<b>PROCESO</b>	Decarga pieza de la estática y la carga en el utillaje. Carga más piezas de los KLT a utillaje.	
		
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	1,07 RIESGO MODERADO	CUELLO → BAJO (1,2,2) HOMBROS → BAJO (1,1,1) ESPALDA → MODERADO (3,1,2) BRAZOS → MODERADO (2,1,3) MANOS → BAJO (1,1,1) PIERNAS → BAJO (1,1,1)

Tabla 24: Descripción del puesto 7A V408: Estación 60 (Fuente: elaboración propia)

<b>PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA</b>		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 30	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	5,2 kg	
<b>PROCESO</b>	<p>Carga piezas de los KLT y la percha en el utillaje.</p> 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<p><b>NIOSH- ERGO/IVB</b></p> <p>1,11 RIESGO MODERADO</p>	<p><b>SUE RODGERS</b></p> <p>CUELLO → BAJO (1,2,2)  HOMBROS → BAJO (1,1,1)  ESPALDA → MODERADO (3,1,2)  BRAZOS → BAJO (1,1,3)  MANOS → BAJO (1,1,1,)  PIERNAS → BAJO (1,1,1)</p>

**Tabla 25:** Descripción del puesto 7A V408: Estación 30 (Fuente: Elaboración propia)

<b>PIEZA: SOPORTE SUPERIOR DE LA PUERTA DELANTERA</b>		
<b>CÓDIGO PUESTO</b>	7A V408	
<b>PIEZA</b>		
<b>CÓDIGO ESTACIÓN</b>	Estación 10	
<b>PIEZAS/MINUTO</b>	1,27 piezas/min	
<b>PESO (KG)</b>	4,5 kg	
<b>PROCESO</b>	<p>Coloca pegatinas en la pieza y la carga en estática para soldar tuercas.</p> 	
	<p>Carga pieza de estática en el utillaje y carga otras piezas más de los KLT al utillaje.</p> 	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NIOSH- ERGO/IVB</b>	<b>SUE RODGERS</b>
	0,84 RIESGO BAJO	<p>CUELLO → BAJO (1,2,2)                      HOMBROS → BAJO (1,1,1)                      ESPALDA → BAJO (2,1,2)                      BRAZOS → BAJO (1,1,3)                      MANOS → BAJO (1,1,1,)                      PIERNAS → BAJO (1,1,1)</p>

**Tabla 26:** Descripción del puesto 7A V408: Estación 10 (Fuente: Elaboración propia)

## 10.2 Selección de los trabajadores a rotar

El área de soldadura de la empresa, está compuesta por 7 equipos de trabajo, cada uno de ellos formado por una media de unos 15 trabajadores. Estos equipos están configurados en función de los tres turnos existentes: (turno de mañana, turno de tarde y turno de noches) y en función de las 3 naves en las cuales se encuentran las diferentes líneas de soldadura (Naves 2,3 y 4). Los equipos 1,2 y 3, van rotando cada dos semanas entre el turno de mañana y el turno de tarde. El equipo noche trabaja siempre en el turno noche. En la siguiente tabla se detalla la configuración de los equipos:

EQUIPO	NAVE	TURNO	Nº DE TRABAJADORES
1A	1	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	12
1B	1	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	19
2A	2	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	13
2B	2	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	20
3A	3	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	18
3B	3	2 semanas turno mañana y 2 semanas turno tarde	22
NOCHE	1,2,3	Fijo noche	34

**Tabla 27:** Configuración de los equipos (Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa).

Para este trabajo, y debido al alcance del mismo, se ha tomado como piloto al equipo 2A. Este equipo es el encargado de fabricar cuatro de las piezas que conforman la furgoneta Transit Connect. Además, otra de las razones por las cuales hemos escogido el equipo 2A es por su variedad, puesto que encontramos trabajadores de diversas edades y con distintas capacidades físicas.

### 10.2.1 Descripción del Equipo piloto: Equipo 2A

El equipo de soldadura 2A está formado por 13 operarios. Como hemos comentado con anterioridad, las características personales de dichos operarios son muy variadas, el más joven tiene 24 años y el más mayor 53 años. Cabe destacar que de los 13 operarios que conforman el equipo, uno de ellos está considerado como especialmente sensible (art.25 de la Ley 31/95) pues tiene una discapacidad física que consistente en una parálisis braquial obstetricia del 40%, lo cual le supone una reducción de la movilidad del brazo izquierdo. En la siguiente tabla se describen las características de estos 13 trabajadores:

TRABAJADOR	EDAD	VIGILANCIA SALUD	LESIONES EN LOS ULTIMOS 2 AÑOS
1	41	APTO	0
2	38	APTO	0
3	28	APTO	0
4	45	RESTRICCIONES	0
5	54	APTO	0
6	49	APTO	2
7	36	APTO	0
8	29	APTO	0
9	56	APTO	1
10	44	APTO	0
11	38	APTO	0
12	36	APTO	0
13	43	APTO	0

**Tabla 28:** Características de los trabajadores del equipo 2A (Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa)

El trabajador 4 tiene una discapacidad en el brazo izquierdo, por lo que el médico de la vigilancia de la salud lo ha considerado como apto con restricciones, En el informe recibido por el servicio de prevención de la empresa, especifica que la restricción que debe cumplir este trabajador es evitar elevar el brazo izquierdo por encima del hombro.

Además, hay que tener en cuenta que no todos los trabajadores pueden rotar en todas las líneas, pues existe un proceso de formación mediante el cual los trabajadores van adquiriendo polivalencia en los diferentes puestos de trabajo. En la siguiente figura se expone la polivalencia de cada uno de los trabajadores del equipo 2A.

LINEA ESTACIÓN	8A2		7J		8J			7A				
	5/10-Des	20	10-Des	10	15	20-5 RH/LH	10	30	60	90	110	125-Des
TRABAJADOR 1	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 2				X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 4		X	X	X	X	X		X				
TRABAJADOR 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 6	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 10	X	X	X	X	X	X						
TRABAJADOR 11		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRABAJADOR 13				X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Tabla 29:** Polivalencia de los trabajadores del equipo 2A (Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa)

Como se puede identificar en la tabla, no todos los trabajadores están formados y/o cualificados para trabajar en todas las estaciones. En la tabla se han marcado con una cruz las diferentes estaciones que pueden ocupar cada uno de los trabajadores que conforman el equipo. Por tanto, para obtener la agenda de rotaciones, habrá que tener en cuenta, además del nivel de riesgo obtenido en cada estación, la polivalencia de los operarios en cada una de ellas.

### **10.3 Elección de los criterios**

Para la elaboración y obtención de la agenda de rotaciones, hemos definido como criterios a cumplir los siguientes:

- La duración de las rotaciones debe ser de dos horas, es decir, cada operario rotará en 4 puestos diferentes durante su jornada de 8 horas. Existe una pausa fija de 20 minutos que se realiza al final de la segunda rotación: de las 9:40 a las 10:00, por tanto, en ese puesto de trabajo estarán 1 hora y 40 minutos
- No puede haber dos puestos pesados consecutivos. Después de un puesto pesado, siempre que sea posible, se rotará a uno ligero y en su defecto a uno moderado.
- El operario considerado como especialmente sensible por su discapacidad no puede rotar en los puestos pesados, solo puede trabajar en puestos de tipo ligero o moderado.

### **10.4 Descripción y aplicación de un método para obtener el riesgo final**

#### **10.4.1 Descripción del método propio**

Para poder realizar la agenda de rotaciones, se ha diseñado un método propio mediante el cual se obtiene un nivel de riesgo final que será el que se tendrá en cuenta para la realización de las rotaciones.

Para la obtención de este valor de riesgo de final de cada uno de los puestos de trabajo a rotar, se han tenido en cuenta tres valores de riesgo obtenidos de la aplicación de dos métodos de evaluación ergonómica, descritos en el apartado 6, así como del nivel de riesgo que perciben los operarios, obtenido de la aplicación de la ergonomía participativa tal y como se ha descrito con mayor detalle en el apartado 8.

En base a todo ello, se ha obtenido un mapa de riesgo ergonómico en el cual se asigna a cada uno de los puestos de trabajo los diferentes niveles de riesgo obtenidos a partir de las diferentes metodologías con las cuales hemos evaluado los riesgos de cada una de las estaciones.



1. Ergonomía participativa → Percepción de los operarios: Ligero, Medio, Pesado.
2. Ecuación NIOSH a través del Ergo/IBV → Índice compuesto: valor numérico.
3. Sue Rodgers → Severidad baja, moderada y alta para cada grupo muscular.

Con los resultados obtenidos en cada uno de los métodos, se han realizado escalas de equivalencia para obtener valores numéricos y poder ponderarlos según criterios que describiremos en los apartados siguientes, y de este modo obtener el valor de riesgo final de cada uno de los puestos.

Para la percepción de los operarios se ha asignado un valor número (1,2 o 3) en función de la gravedad de la percepción de los operarios.

PERCEPCIÓN DE LOS OPERARIOS	
PUESTO LIGERO	1
PUESTO MODERADO	2
PUESTO PESADO	3

**Tabla 30:** Equivalencia numérica de la percepción del riesgo de los operarios (Fuente: elaboración propia)

Para la ecuación NIOSH a través del ERGO/IVB, se ha asignado un valor numérico (1,2 o 3) en función del valor numérico obtenido en el índice de riesgo.

ERGO IVB	
Indice $\leq 1$	1
$1 < \text{Indice} < 1,6$	2
Indice $\geq 1,6$	3

**Tabla 31:** Equivalencia numérica de los resultados obtenidos con el módulo de levantamiento MMC del Ergo IBV (Fuente: Elaboración propia)

Para el Sue Rodgers, se ha asignado un valor numérico (1,2 o 3) en función de la cantidad de grupos musculares en los cuales se ha obtenido riesgo bajo, moderado o alto.

SUE RODGERS	
TODOS LOS GRUPOS MUSCULARES CON RIESGO BAJO	1
1 O + GRUPOS MUSCULARES MODERADOS	2
1 O + GRUPOS MUSCULARES ALTO	3

**Tabla 32:** Equivalencia numérica del resultado obtenido con el método Sue Rodgers. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez asignados los valores numéricos para los resultados de la aplicación de las tres metodologías de evaluación utilizadas, se procede a ponderar dichos resultados con objeto de obtener un valor de riesgo final que nos permita realizar la agenda de rotaciones.

En primer lugar, se obtiene un riesgo conjunto entre el riesgo obtenido con el Sue Rodgers y el riesgo obtenido con la ecuación NIOSH a través del ERGO/IVB:

$$\text{RIESGO CONJUNTO (rc)} = (0,75 \times \text{Cergo}) + (0,25 \times \text{Csuerodgers})$$

Cergo = valor de riesgo obtenido con la ecuación NIOSH a través del ERGO/IVB.

Csuerodgers = valor de riesgo obtenido con el Sue Rodgers.

Se ha optado por darle más peso en la ponderación al valor obtenido con la metodología NIOSH a través de la aplicación del Ergo IBV, porque la mayor parte de los movimientos que realizan los trabajadores en los puestos de trabajo escogidos son levantamientos de cargas, y la Ecuación de NIOSH se utiliza para evaluar tareas en las que se realizan levantamientos de carga. Si bien es verdad que en algunas ocasiones podemos observar alguna postura forzada y por ello se ha utilizado también el Sue Rodgers, se ha decidido ponderar más el levantamiento de cargas por ser esta la tarea que con más frecuencia se realiza en estos puestos. A continuación, se obtiene el riesgo final comparando el riesgo obtenido mediante la percepción de los operarios y el riesgo conjunto resultante de la operación anterior, de modo que el riesgo final será el mayor de los valores obtenidos:

$$\text{RIESGO FINAL} = \text{MAX} ( \text{Cpercepción} ; \text{Crc} )$$

Cpercepción = Valor de percepción de los operarios obtenido con la aplicación de la ergonomía participativa.

Crc= Valor de riesgo conjunto obtenido con mediante la aplicación de la fórmula anterior.

A cada valor de riesgo final obtenido se le asigna un nivel del puesto: ligero, medio o pesado. Dicho valor será el que vamos a tener en cuenta para la elaboración de la agenda de rotaciones.

RIESGO FINAL	
PUESTO LIGERO	Riesgo final $\leq 1$
PUESTO MODERADO	$1 < \text{Riesgo final} \leq 2$
PUESTO PESADO	Riesgo final $> 2$

**Tabla 33:** Obtención del nivel del puesto a partir del riesgo final (Fuente: Elaboración propia)

### 10.4.2 Aplicación del método propio

Una vez descrito el procedimiento para la obtención del riesgo final de cada una de las estaciones, que se utilizará para realizar el diseño de la agenda de rotaciones, se ha procedido a aplicarlo.

En la tabla siguiente podemos observar el mapa de riesgo ergonómico obtenido de la aplicación de la fórmula descrita en este método.

Cabe destacar que, al comparar el nivel de riesgo obtenido de la percepción de los operarios, con el nivel de riesgo conjunto obtenido de la aplicación de las metodologías de evaluación de riesgos ergonómicas, en gran parte de las estaciones estos niveles de riesgo coinciden.

En la línea 7J V408, apreciamos esta coincidencia en las dos estaciones que la conforman, el operario percibe la estación 20 como moderado y el riesgo conjunto obtenido en las evaluaciones es moderado, y en la estación 10- Desc. el operario la percibe como ligera y el riesgo conjunto obtenido de las evaluaciones es ligero.

Observamos esta misma coincidencia en la línea 8A2 V408, y en las estaciones 10,125-Desc.,90 y 110 de la línea 7A V408. Es decir, existe una concordancia con la percepción subjetiva del trabajador y el resultado obtenido en las evaluaciones en un 58% de las estaciones o puestos de trabajo.

Además, no existe ninguna estación en la que la percepción del trabajador y el riesgo conjunto obtenido se diferencien en más de 1 punto.

PUESTO	ESTACIÓN	PERCEPCIÓN	EVALUACIONES			RIESGO FINAL
			ERGO/ IVB	SUE RODGERS	R. CONJ.	
7J	ST 20	2	2	2	2	2 MODERADO
7J	ST10- Desc.	1	1	1	1	1 LIGERO
8J	ST10	3	2	2	2	3 PESADO
8J	ST15	3	1	2	1,25	3 PESADO
8J	ST20 - 5 LH	2	1	1	1	2 MODERADO
8J	ST20- 5 RH	2	1	1	1	2 MODERADO
8A2	ST10-Desc.	1	1	1	1	1 LIGERO
7A	ST90	2	1	2	1,25	2 MODERADO
7A	ST110	1	1	1	1	1 LIGERO
7A	ST125- Desc.	3	2	3	2,25	3 PESADO
7A	ST60	3	2	2	2	3 PESADO
7A	ST30	3	2	2	2	3 PESADO
7A	ST10	1	1	1	1	1 LIGERO

**Tabla 34:** Mapa de riesgo ergonómico. (Fuente: Elaboración propia)

## 10.5 DISEÑO DE LA AGENDA DE ROTACIONES

En función de la polivalencia de los trabajadores y el nivel de riesgo final de cada estación (1-ligero, 2-moderado o 3-pesado), se ha diseñado mediante la asignación manual la siguiente agenda de rotaciones, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el apartado 10.3:

- La duración
- La alternancia de niveles de riesgo
- Trabajador sensible (con discapacidad motriz)

AGENDA DE ROTACIÓN EQUIPO 2ª				
	06:00-08:00	08:00-9:40	10:00-12:00	12:00-14:00
1	8J ST10	8J ST20 - 5 LH	8J ST15	7A V408 ST10
2	8J ST15	8J ST20- 5 RH	7A V408 ST60	7A V408 ST110
3	7A V408 ST10	8J ST10	8J ST20 - 5 LH	7J V408 ST 20
4	7J V408 ST10 + DESC.	7J V408 ST 20	7J V408 ST10 + DESC.	8J ST20 - 5 LH
5	8J ST20 - 5 LH	7A V408 ST90	8J ST10	7J V408 ST10 + DESC.
6	8J ST20- 5 RH	7A V408 ST30	7A V408 ST10	7A V408 ST60
7	8A2 V408 ST5 + ST10 + DESC.	8J ST15	8J ST20- 5 RH	7A V408 ST152 DESCARGA
8	7A V408 ST90	7A V408 ST60	7J V408 ST 20	7A V408 ST90
9	7A V408 ST110	7A V408 ST152 DESCARGA	7A V408 ST90	8J ST10
10	7J V408 ST 20	8A2 V408 ST5 + ST10 + DESC.	8A2 V408 ST5 + ST10 + DESC.	8J ST15
11	7A V408 ST152 DESCARGA	7A V408 ST10	7A V408 ST30	8J ST20- 5 RH
12	7A V408 ST60	7A V408 ST110	7A V408 ST152 DESCARGA	8A2 V408 ST5 + ST10 + DESC.
13	7A V408 ST30	7J V408 ST10 + DESC.	7A V408 ST110	7A V408 ST30

**Tabla 35:** Agenda de rotaciones propuesta (Fuente: Elaboración propia)

Como podemos observar, se ha asignado, para cada uno de los 13 trabajadores del equipo 2A, 4 estaciones en total, alternándolas teniendo en cuenta los criterios fijados en la metodología.

Criterio 1: Duración

La rotación de estación a estación se produce cada 2 horas, excepto en la segunda estación en la cual solo se trabajará 1 hora y 40 minutos puesto que coincide con la pausa de 20 minutos fijada por la empresa. Como todas las estaciones están en una misma nave, el cambio de estación se realiza en unos pocos minutos, afectando el mínimo posible al tiempo productivo de la empresa.

Criterio 2: Alternancia de niveles de riesgo

Con esta agenda de rotaciones, ningún trabajador está de forma consecutiva en dos puestos pesados. Siempre que un trabajador está en un puesto pesado, el siguiente puesto al que rota es un puesto moderado o ligero. En la siguiente tabla podemos comprobar como con la agenda propuesta sí que se cumple este criterio:

TRABAJADOR	ALTERNANCIA DE PUESTOS POR NIVEL DE RIESGO			
1	PESADO	MODERADO	PESADO	LIGERO
2	PESADO	MODERADO	PESADO	LIGERO
3	LIGERO	PESADO	MODERADO	MODERADO
4	LIGERO	MODERADO	LIGERO	MODERADO
5	MODERADO	MODERADO	PESADO	LIGERO
6	MODERADO	PESADO	LIGERO	PESADO
7	LIGERO	PESADO	MODERADO	PESADO
8	MODERADO	PESADO	MODERADO	MODERADO
9	LIGERO	PESADO	MODERADO	PESADO
10	MODERADO	LIGERO	LIGERO	PESADO
11	PESADO	LIGERO	PESADO	MODERADO
12	PESADO	LIGERO	PESADO	LIGERO
13	PESADO	LIGERO	LIGERO	PESADO

**Tabla 36:** Alternancia de puestos en la agenda de rotación propuesta según nivel de riesgo. (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla anterior, observamos también como hay un trabajador que no rota a ningún puesto ligero a lo largo de todo el turno. Para poder cumplir el criterio de alternancia de riesgo en la mayoría de los trabajadores, y con la configuración de niveles de riesgo obtenida, en la agenda propuesta uno de los trabajadores debe rotar en puestos pesados y moderados durante todo su turno. Para que esto fuera lo menos perjudicial posible, se han tenido en cuenta las características de todos los trabajadores descritas en el apartado 10.2.1, y se ha asignado esta rotación a un trabajador con las mejores condiciones: joven, sin restricciones en la vigilancia de la salud y sin lesiones ergonómicas previas en los últimos dos años.

### Criterio 3: Trabajador sensible

Para el trabajador con discapacidad, se han tenido en cuenta a la hora de asignar los puestos para la rotación, las restricciones establecidas por el médico de la vigilancia de la salud: evitar levantar el brazo izquierdo por encima del hombro. De este modo, se han asignado a este trabajador dos puestos considerados como ligeros y dos puestos considerados como moderados.

Además, según la evaluación realizada con el método Sue Rodgers que diferencia grupos musculares, en ninguno de estos cuatro puestos que se le han asignado a este trabajador, existe riesgo moderado o alto en los hombros.

## 11. CONCLUSIONES

Como indicábamos al principio de este trabajo final de máster, el objetivo principal del mismo era el diseño de una agenda de rotaciones para el equipo 2A. A lo largo de todo el trabajo hemos ido describiendo los diferentes pasos hasta lograr el diseño y la propuesta de la agenda de rotaciones.

Una vez realizado este diseño, podemos concluir que:

- Se ha implementado de forma parcial la ergonomía participativa. Los trabajadores sí que han participado en la obtención de la agenda de rotaciones puesto que se ha tenido en cuenta su valoración subjetiva del riesgo de las diferentes estaciones para la obtención del riesgo final, pero por cuestiones técnicas no han participado en el diseño de la misma.
- Se han evaluado todos los puestos de trabajo (estaciones) del equipo piloto escogido, el 2A, con dos metodologías diferentes, lo cual nos ha permitido tener una visión más amplia del riesgo ergonómico de todas ellas y detectar los principales factores de riesgo ergonómico de los puestos
- Se ha obtenido un mapa ergonómico a partir del cual se ha podido diseñar un método propio para obtener un riesgo final que nos ha permitido elaborar la agenda de rotaciones propuesta.
- La agenda de rotaciones diseñada se propone a la empresa como mejora para aplicarla y estudiar la posible reducción de la siniestralidad ergonómica a medio plazo. Por tanto, la evaluación de la eficacia de la aplicación de la agenda de rotaciones propuesta excede de este trabajo final de master.

**BIBLIOGRAFIA**

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (2007). FACTS 71: Introducción a los trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral", ISSN 1681-2085.

Asensio-Cuesta, S., Ceca, M. J. B., & Más, J. A. D. (2012). Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Editorial Paraninfo. Madrid.

Carnahan B.J., Redfern, M.S., y Norman, B., "Designing safe job rotation schedules using optimization and heuristic search", *Ergonomics*, 43, pp: 543-560, 2000

De Industria, M. U. F. (2010). Buenas prácticas para el diseño ergonómico de puestos de trabajo en el sector metal. *UGT Comisión Ejecutiva Confederada. Madrid*. Disponible online en: [http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Buenas%20practicass/Nacional/BP\\_Ergonomi aTME\\_UGTmetal.pdf](http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Buenas%20practicass/Nacional/BP_Ergonomi aTME_UGTmetal.pdf)

Gadea, R., García, A. M., Sevilla Mj, B. P., Oltra, A., Llorca, J. L., & Casañ, C. (2012). Experiencias en ergonomía participativa: aplicación del Método ERGOPAR en empresas de la Comunidad Valenciana. *Sección técnica*, 68, 22-27.

García, A. M., Sevilla, M. J., Gadea, R., & Casañ, C. (2012). Intervención de ergonomía participativa en una empresa del sector químico. *Gaceta Sanitaria*, 26(4), 383-386. Disponible online en: [http://scielo.isciii.es/pdf/gsv26n4/nota\\_campo3.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/gsv26n4/nota_campo3.pdf)

Henderson, C. J. y S. Kumar (1992). "Ergonomic Job Rotation in Poultry Processing." *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*: 443-450.

Kuijjer, P. P., B. Visser, et al. (1999). "Job rotation as a factor in reducing physical workload at a refuse collecting department." *Ergonomics* 42(9): 1167-1178.

Llorca, J. L., et al. (2007). Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico. *Centro Territorial del Invassat de Valencia*. Disponible online en: <http://www.invassat.gva.es/documents/161660384/161741765/INVASSATERGO+2007/9a6c20b7-8640-4b62-9ef9-4464b4cff67a>

Oltra Pastor, A., Pagan Castaño, P., Piedrabuena Cuesta, A., Ruiz Folgado, R., García, A. M., Zapater, S., ... & Torner, R. (2011). Ergonomía participativa y mejora de la productividad en las empresas. *Revista de biomecánica*, 56, 61-62.

Ospina, H. (2013). *Diseño de un modelo para la rotación laboral que prevengan los riesgos ergonómicos en actividades repetitivas, manipulación de carga y posturas forzadas* (Tesis doctoral). Universidad tecnológica de bolívar. Disponible online en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0064638.pdf>

Pinto Retamal, R. (2015). Programa de ergonomía participativa para la prevención de trastornos musculo esqueléticos: Aplicación en una empresa del Sector Industrial. *Ciencia & trabajo*, 17(53), 128-136. Disponible online en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-24492015000200006&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-24492015000200006&script=sci_arttext&tlng=en)

Podniece, Z. (2007). La ergonomía y la prevención de los trastornos músculo-esqueléticos. *Revista La Mutua*, 17, 69-82.



Ruiz, L. (2011). Manipulación Manual de Cargas. Ecuación NIOSH. Instituto Nacional De Seguridad E Higiene en el Trabajo (INSHT). España, 20.

Rodgers, S. (1992). Functional job evaluation technique in Ergonomics. Occupational Medicine: State of the Art Reviews. Vol 7, pp. 679-711.

Villalobos, A. R., Ripoll, F. S. (2003). Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles. V Congreso de Ingeniería de Organización. Disponible online en: <http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1302>

Wilson, J., Haines, H., & Morris, W. (2005). Participatory ergonomics. In Evaluation of Human Work, 3rd Edition (pp. 927-956). CRC Press.

**ANEXO 1: EVALUACIONES DE RIESGO CON EL MÉTODO SUE RODGERS**

							Código de evaluación	8A2 V408
Tiempo de Ciclo (segundos):	38	N. piezas /hora	100	Peso máx. manipulado	6,9	Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>		
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,67	N. piezas /minuto	1,67	Tiempo ciclo estimado (segundos)	38			

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	6	3,33	2	1	1	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	3	3,33	2	3	1	2	
BRAZOS CODOS	6	3,33	2	2	1	2	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	1	1,67	1	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

						Código de evaluación	7J V408 - ST20
Tiempo de Ciclo (segundos):	36	N. piezas /hora	100	Peso máx. manipulado	4,9	Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>	
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,67	N. piezas /minuto	1,67	Tiempo ciclo estimado (segundos)	36		

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	3	3,33	2	1	1	2	
HOMBROS	3	13,33	8	1	1	3	
ESPALDA	3	0,00	0	1	1	1	
BRAZOS CODOS	3	13,33	8	2	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

					Código de evaluación	TJ V408 - ST10 DESC
Tiempo de Ciclo (segundos):	36	N. piezas /hora	100	Peso máx. manipulado	4,9	Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,67	N. piezas /minuto	1,67	Tiempo ciclo estimado (segundos)	36	

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	4	3,33	2	1	1	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	3	
ESPALDA	4	6,67	4	2	1	3	
BRAZOS CODOS	3	10,00	6	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

						Código de evaluación	8J V408 cp.1 - ST10
Tiempo de Ciclo (segundos):	42	N. piezas /hora	84	Peso máx. manipulado	11,3	Arrastres y/o empujes <input checked="" type="checkbox"/>	
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,43	N. piezas /minuto	1,40	Tiempo ciclo estimado (segundos)	42.85714286		

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	8	1,43	1	1	2	2	
HOMBROS	2	2,86	2	2	1	2	
ESPALDA	4	1,43	1	3	1	2	
BRAZOS CODOS	4	2,86	2	3	1	2	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3
	1,3,2		3,1,3
	2,1,3		3,2,1
	2,2,2		3,2,2
	2,3,1		3,2,3
	2,3,2		3,3,2
	3,1,2		3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

				Código de evaluación	8J V408 op.2 - ST15	
Tiempo de Ciclo (segundos):	42	N. piezas /hora	84	Peso máx. manipulado	11,3	Arrastres y/o empujes <input checked="" type="checkbox"/>
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,43	N. piezas /minuto	1,40	Tiempo ciclo estimado (segundos)	42,85714286	

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	6	5,71	4	2	2	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	0	0,00	0	1	1	1	
BRAZOS CODOS	3	8,57	6	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3
	2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2		3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

				Código de evaluación	8J V408 op.3 - ST20 - 5 LH RH	
Tiempo de Ciclo (segundos): <input style="width: 50px;" type="text" value="42"/>	N. piezas /hora <input style="width: 50px;" type="text" value="84"/>	Peso máx. manipulado <input style="width: 50px;" type="text" value="11,3"/>	Arrastres y/o empujes <input checked="" type="checkbox"/>			
N.º Ciclos por min. (piezas/min) <input style="width: 50px;" type="text" value="1,43"/>	N. piezas /minuto <input style="width: 50px;" type="text" value="1,40"/>	Tiempo ciclo estimado (segundos) <input style="width: 50px;" type="text" value="42,85714286"/>				

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	6	1,43	1	1	2	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	2	1,43	1	1	1	2	
BRAZOS CODOS	3	14,29	10	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

<b>Fecha:</b>				<b>Código de evaluación</b>	<b>7A V408 ST.90</b>
Tiempo de Ciclo (segundos):	47	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado	
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,28	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105
Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>					

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (estf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	4	1,28	1	1	1	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	6	1,28	1	2	2	2	
BRAZOS CODOS	6	1,28	1	1	2	2	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3
	2,1,3 2,2,2		3,2,1 3,2,2
	2,3,1 2,3,2		3,2,3 3,3,2
	3,1,2		3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		



<b>Fecha:</b>				Código de evaluación	7A V408 ST.110		
Tiempo de Ciclo (segundos):	47	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado			
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,28	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105		
<b>ANALISIS SUE RODGERS</b>							
PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 => 5/ min	
CUELLO	6	2,55	2	1	2	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	0	0,00	0	1	1	1	
BRAZOS CODOS	4	6,38	5	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

<b>Fecha:</b>				Código de evaluación	7A V408 ST.125 DESC		
Tiempo de Ciclo (segundos):	47	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado	16		
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,28	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105		
<b>ANALISIS SUE RODGERS</b>							
PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	0	0,00	0	1	1	1	
HOMBROS	6	1,28	1	3	2	2	
ESPALDA	6	1,28	1	2	2	2	
BRAZOS CODOS	6	1,28	1	2	2	2	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

<b>Fecha:</b>				Código de evaluación	7A V408 ST.60																																		
Tiempo de Ciclo (segundos):	47	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado																																			
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,28	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105																																		
Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>																																							
<b>ANALISIS SUE RODGERS</b>																																							
PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD																																
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min																																	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min																																	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min																																	
CUELLO	6	2,55	2	1	2	2																																	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1																																	
ESPALDA	4	1,28	1	3	1	2																																	
BRAZOS CODOS	3	7,66	6	2	1	3																																	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1																																	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1																																	
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #ffff00;">Moderado (M) (amarillo =5 )</td> <td style="background-color: #ffff00;">1,2,3</td> <td style="background-color: #ff0000;">Alto (A) (rojo = 7)</td> <td style="background-color: #ff0000;">2,2,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">1,3,2</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,1,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">2,1,3</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,2,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">2,2,2</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,2,2</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">2,3,1</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,2,3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">2,3,2</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,3,2</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #ffff00;">3,1,2</td> <td></td> <td style="background-color: #ff0000;">3,3,1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #90ee90;">Bajo (B) (verde =2 )</td> <td colspan="3" style="background-color: #90ee90;">Resto de combinaciones</td> </tr> </table>								Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3		1,3,2		3,1,3		2,1,3		3,2,1		2,2,2		3,2,2		2,3,1		3,2,3		2,3,2		3,3,2		3,1,2		3,3,1	Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		
Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3																																				
	1,3,2		3,1,3																																				
	2,1,3		3,2,1																																				
	2,2,2		3,2,2																																				
	2,3,1		3,2,3																																				
	2,3,2		3,3,2																																				
	3,1,2		3,3,1																																				
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones																																						

<b>Fecha:</b>				Código de evaluación	7A V408 ST.30		
Tiempo de Ciclo (segundos):	47,6	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado			
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,26	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105		
<b>ANALISIS SUE RODGERS</b>							
PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	6	2,52	2	1	2	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	4	1,26	1	3	1	2	
BRAZOS CODOS	3	7,56	6	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3
	1,3,2		3,1,3
	2,1,3		3,2,1
	2,2,2		3,2,2
	2,3,1		3,2,3
	2,3,2		3,3,2
	3,1,2		3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

<b>Fecha:</b>				Código de evaluación	7A V408 ST10		
Tiempo de Ciclo (segundos):	47,6	N. piezas /hora	76	Peso máx. manipulado		Arrastres y/o empujes <input type="checkbox"/>	
N.º Ciclos por min. (piezas/min)	1,26	N. piezas /minuto	1,27	Tiempo ciclo estimado (segundos)	47,36842105		

**ANALISIS SUE RODGERS**

PARTE DEL CUERPO	Duración (s)	Frecuencia (esf/min)	N. de esfuerzos por ciclo	NIVEL DE ESFUERZO	DURACIÓN DEL ESFUERZO	ESFUERZO POR MINUTOS	PRIORIDAD
				1=LIGERO	1 =< 6 seg	1 =< 1/ min	
				2=MODERADO	2 = 6-20 seg	2 = 1-5/ min	
				3=DURO	3 => 20 seg	3 = >5/ min	
CUELLO	6	2,52	2	1	2	2	
HOMBROS	0	0,00	0	1	1	1	
ESPALDA	2	2,52	2	2	1	2	
BRAZOS CODOS	4	5,04	4	1	1	3	
MUÑECAS / MANOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	
PIERNAS / TOBILLOS / DEDOS	0	0,00	0	1	1	1	

Moderado (M) (amarillo =5 )	1,2,3 1,3,2 2,1,3 2,2,2 2,3,1 2,3,2 3,1,2	Alto (A) (rojo = 7)	2,2,3 3,1,3 3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,3,2 3,3,1
Bajo (B) (verde =2 )	Resto de combinaciones		

ANEXO 2: EVALUACIONES CON EL MÓDULO DE LEVANTAMIENTO MMC DEL ERGO IVB



Manipulación Manual de Cargas



MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

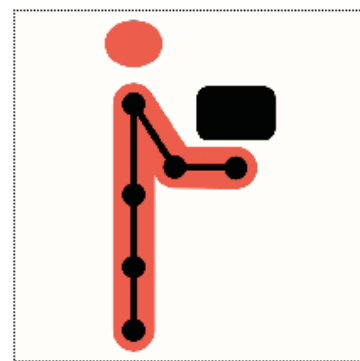
Fecha: 19/09/2019

Tarea: 8A2 V408

Empresa: Gestamp Levante

Observaciones: Ciclo: 100 p/h  
Frecuencia: 1.66 lev/min  
Peso: 2.486 Kg  
1 operario

Población:  General  Mayor Protección



COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración:  larga  Tarea adicional:  No

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga de P1+P2 en estática y suelda RH	Levantamiento	0,15	6	0,026
Carga de P1+P2 en estática y suelda LH	Levantamiento	0,22	4	0,029
Carga de estática a útil	Levantamiento	0,01	8	0,004
Descarga de la pieza final Baj	Levantamiento	0,59	1	0,590
Descarga de la pieza final Alto	Levantamiento	0,59	2	0,039
Picking P1 Abajo	Levantamiento	0,20	5	0,008
Picking P1 Arriba	Levantamiento	0,32	3	0,011
Picking P2	Levantamiento	0,09	7	0,011

RIESGO de la TAREA

Índice: 0,72 Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:

MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

**IDENTIFICACIÓN**

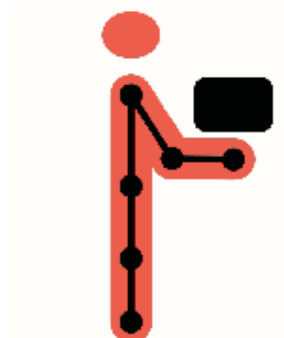
Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones Peso total: 4.96 Kg  
Operarios: 2. Op 1 Carga en la mesa las piezas y el subconjunto. Op 2  
Estática y descarga."/>

Población  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	IncIC
Carga de la P1+P2+P5	Levantamiento	0,40	8	0,089
Carga de la P3	Levantamiento	0,02	11	0,016
Carga de la P4+P7	Levantamiento	0,04	10	0,030
Carga de la P6+P8	Levantamiento	0,05	9	0,018
Picking P3	Transporte	0,65	4	0,016
Picking P3	Levantamiento	0,81	2	0,000
Picking P4	Transporte	0,48	7	0,003
Picking P4	Levantamiento	0,59	5	0,000
Picking P8	Transporte	0,57	6	0,007
Picking P8 alto	Levantamiento	0,81	3	0,000
Picking P8 bajo	Levantamiento	0,90	1	0,900

**RIESGO de la TAREA**

Índice  Riesgo moderado

Evaluación realizada por:

MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

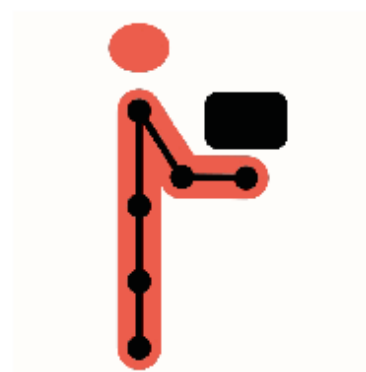
Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones Peso total: 4.95 Kg  
2 Operarios:  
Operario 2: Carga P1 Y P2 en la estática y suelda. Descarga P1+2.  
Descarga pieza final de la cinta."/>

Población  General  Mayor Protección



COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	InclIC
Carga de la P1 bajo en estática	Levantamiento	0,15	6	0,020
Descarga de la pieza final al carro	Levantamiento	0,60	4	0,058
Carga de la P2 en estática	Levantamiento	0,01	9	0,011
Descarga de la P1+2 en perxa	Levantamiento	0,18	5	0,044
Carga P1 medio en estática	Levantamiento	0,13	7	0,022
Carga P1 alto en estática	Levantamiento	0,13	8	0,027
Picking P2	Transporte	0,61	3	0,011
Picking P2 alto	Levantamiento	0,72	2	0,000
Picking P2 bajo	Levantamiento	0,76	1	0,760

RIESGO de la TAREA

Índice  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:



**MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS**

**IDENTIFICACIÓN**

Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga P1 Cerca-Bajo	Levantamiento	0,37	10	0,014
Carga P1 Cerca-Medio	Levantamiento	0,37	11	0,015
Carga P1 Cerca-Alto	Levantamiento	0,41	8	0,016
Carga P1 Lejos-Bajo	Levantamiento	0,66	6	0,025
Carga P1 Lejos-Medio	Levantamiento	0,67	4	0,026
Carga P1 Lejos-Alto	Levantamiento	0,73	2	0,006
Descarga en percha P1	Levantamiento	0,35	12	0,092
Picking P2 (coge 10 piezas)	Levantamiento	0,41	9	0,009
Picking P4	Levantamiento	0,57	7	0,004
Picking P5	Levantamiento	0,67	5	0,001
Picking P7	Levantamiento	0,68	3	0,003
Picking P12	Levantamiento	0,80	1	0,800

**RIESGO de la TAREA**

Índice:  **Riesgo moderado**

Evaluación realizada por:

**MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS**

**IDENTIFICACIÓN**

Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones

Población  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	InclIC
Carga P1 Cerca-Bajo	Levantamiento	0,28	10	0,015
Carga P1 Cerca-Medio	Levantamiento	0,27	13	0,019
Carga P1 Cerca-Alto	Levantamiento	0,28	11	0,016
Carga P1 Lejos-Bajo	Levantamiento	0,42	6	0,016
Carga P1 Lejos-Medio	Levantamiento	0,42	7	0,016
Carga P1 Lejos-Alto	Levantamiento	0,45	5	0,010
Descarga en percha P1	Levantamiento	0,35	9	0,074
Picking P2 (coge 10 piezas)	Levantamiento	0,41	8	0,010
Picking P4	Levantamiento	0,57	4	0,000
Picking P5	Levantamiento	0,67	3	0,000
Picking P7	Levantamiento	0,68	2	0,000
Picking P12	Levantamiento	0,78	1	0,780
Carga P8 en estatica	Levantamiento	0,28	12	0,018
Picking P9	Levantamiento	0,02	14	0,000

**RIESGO de la TAREA**

Índice  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:

MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

**IDENTIFICACIÓN**

Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga P1 de la percha al utillaje	Levantamiento	0,39	1	0,390
Carga 4 piezas a utillaje	Levantamiento	0,09	2	0,022
Carga P1 en estática y suelda	Levantamiento	0,06	3	0,024
Carga 3 piezas en utillaje	Levantamiento	0,06	4	0,042

**RIESGO de la TAREA**

Índice:  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:



## Manipulación Manual de Cargas



### MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

#### IDENTIFICACIÓN

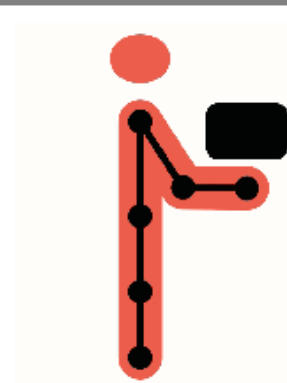
Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor Protección



#### COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga p8 de rack (alto-lejos) a estática y coloca un tornillo	Levantamiento	0,34	2	0,017
Carga p8 de rack (alto-cerca) a estática y coloca un tornillo	Levantamiento	0,25	4	0,016
Carga p8 de rack (bajo-cerca) a estática y coloca un tornillo	Levantamiento	0,24	6	0,026
Carga p8 de rack (bajo-lejos) a estática y coloca un tornillo	Levantamiento	0,63	1	0,630
Gira P8 en estática para poner el otro tornillo	Levantamiento	0,25	5	0,071
Carga subconjunto ST.25 en mesa Ocon	Levantamiento	0,27	3	0,049

#### RIESGO de la TAREA

Índice:  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:

MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

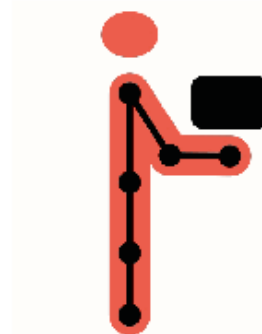
Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones

Población  General  Mayor Protección



COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga p3	Levantamiento	0,01	16	0,005
Carga P7	Levantamiento	0,05	14	0,017
Carga p5	Levantamiento	0,01	17	0,010
Carga p6	Levantamiento	0,02	15	0,014
Carga P4	Levantamiento	0,06	13	0,014
Picking p3	Levantamiento	0,09	12	0,001
Picking p7 alto-cerca	Levantamiento	0,51	3	0,020
Picking p7 alto-lejos	Levantamiento	0,68	1	0,680
Picking p7 bajo-cerca	Levantamiento	0,46	5	0,020
Picking p7 bajo-lejos	Levantamiento	0,62	2	0,025
Picking p6	Levantamiento	0,28	8	0,006
Picking p5 alto	Levantamiento	0,13	10	0,001
Picking p5 bajo	Levantamiento	0,12	11	0,001
Picking p4 alto-lejos	Levantamiento	0,44	6	0,002
Picking p4 alto-cerca	Levantamiento	0,27	9	0,001
Picking p4 bajo-lejos	Levantamiento	0,48	4	0,002
Picking p4 bajo-cerca	Levantamiento	0,30	7	0,001

RIESGO de la TAREA

Índice  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por:

**MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS**

**IDENTIFICACIÓN**

Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones: Frecuencia: 1.26 p/min  
Peso máx: 17 KG  
6 operarios

Población:  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Descarga pieza final de cinta a rack	Levantamiento	1,37	1	1,370

**RIESGO de la TAREA**

Índice:  **Riesgo moderado**

Evaluación realizada por:

MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 26/11/2019

Tarea: 7A V408 St.60

Empresa: Gestamp Levante

Observaciones: Frecuencia: 1.26 p/min  
Peso máx: 11 KG  
6 operarios

Población:  General  Mayor Protección



COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga P19 de rack bajo a estática	Levantamiento	0,41	6	0,082
Carga P19 de rack alto a estática	Levantamiento	0,44	4	0,046
Carga subconjunto de la St. 15 en util St. 60	Levantamiento	0,43	5	0,111
Carga P13 en útil St. 60	Levantamiento	0,01	10	0,007
Carga P17	Levantamiento	0,01	11	0,005
Carga P14	Levantamiento	0,01	12	0,010
Carga subcj St. 30 +P10 en útil	Levantamiento	0,68	2	0,101
Picking P13	Levantamiento	0,20	9	0,005
Picking P10 alto	Levantamiento	0,26	8	0,001
Picking P10 bajo	Levantamiento	0,31	7	0,001
Picking P14 alto	Levantamiento	0,63	3	0,001
Picking P14 bajo	Levantamiento	0,70	1	0,700

RIESGO de la TAREA

Índice:  Riesgo moderado

Evaluación realizada por:

**MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS**

**IDENTIFICACIÓN**

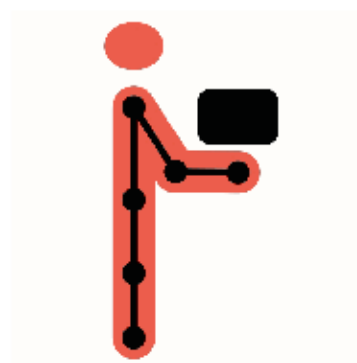
Fecha

Tarea

Empresa

Observaciones

Población  General  Mayor Protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración  Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	IncJC
Carga P11	Levantamiento	0,32	9	0,079
Carga P15	Levantamiento	0,02	11	0,011
Carga P16	Levantamiento	0,02	12	0,014
Carga P12	Levantamiento	0,33	8	0,059
Carga P18	Levantamiento	0,01	13	0,010
Carga subcj Fase 1 en Fase 2	Levantamiento	0,30	10	0,115
Picking P15 bajo	Levantamiento	0,58	6	0,001
Picking P15 alto	Levantamiento	0,48	7	0,001
Picking P16 alto	Levantamiento	0,62	4	0,002
Picking P16 bajo	Levantamiento	0,76	2	0,002
Picking P12	Levantamiento	0,82	1	0,820
Picking P18 alto	Levantamiento	0,62	5	0,000
Picking P18 alto (copia)	Levantamiento	0,74	3	0,000

**RIESGO de la TAREA**

Índice  **Riesgo moderado**

Evaluación realizada por:



## MMC Múltiple - INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

### IDENTIFICACIÓN

Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor Protección



### COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
Carga P22 en estática	Levantamiento	0,01	5	0,001
Carga P21 en estática	Levantamiento	0,01	6	0,002
Carga subcj St.5 en útil de s.T.10	Levantamiento	0,01	7	0,009
Coloca adhesivo en P11 y carga en útil	Levantamiento	0,27	3	0,048
Picking P22	Levantamiento	0,05	4	0,001
Picking P21	Levantamiento	0,68	2	0,000
Picking P11	Levantamiento	0,78	1	0,780

### RIESGO de la TAREA

Índice:  Riesgo aceptable

Evaluación realizada por: