

Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles

Alejandro Rodríguez Villalobos¹, Francisca Sempere Ripoll²

¹ Ingeniero de Organización Industrial. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universidad Politécnica de Valencia. Plaza Ferrándiz y Carbonell, 2. 03801 Alcoy (Alicante) arodriguez@omp.upv.es

² Ingeniero Industrial, especialidad Organización Industrial. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universidad Politécnica de Valencia. Plaza Ferrándiz y Carbonell, 2. 03801 Alcoy (Alicante) fsempere@omp.upv.es

RESUMEN

En este artículo se presentan las conclusiones de la aplicación del método de análisis ergonómico de Sue Rodgers para la evaluación de puestos de trabajo en una empresa del sector del automóvil. La empresa preocupada por la seguridad y ergonomía en el trabajo ve la necesidad de realizar un estudio integral de clasificación y análisis de los puestos de trabajo atendiendo a la fatiga muscular de los operarios en el marco de la nueva ley de Prevención de Riesgos Laborales. Este interés se ve acrecentado por la próxima incorporación de un nuevo modelo de vehículo, lo que obligará a nuevas inversiones, incorporación de un tercer turno y redistribución del trabajo, actualización de métodos de trabajo, revisión de los estándares de producción (tiempo, calidad y seguridad).

Los resultados obtenidos a través de la aplicación del método Sue Rodgers han permitido no solo clasificar los puestos de trabajo según la severidad, sino entre otros, establecer un parámetro de reducción potencial (RPS) del grado de severidad, valorar el riesgo ergonómico de la planta de montaje, mejorar ergonómicamente los puestos de trabajo e incrementar la productividad y disminuir costes de producción.

Palabras clave: Ergonomía, Método Sue Rodgers, Tareas repetitivas, Fatiga Muscular, Línea de Montaje de automóviles

1. Análisis de la situación (Planteamiento del Problema)

BAO (Body and Assembly Operations) es el proceso de fabricación de vehículos, distribuido habitualmente por las plantas de prensas, carrocerías, pintura y montaje final. El presente trabajo se desarrolla a lo largo de la línea de montaje final de una factoría de producción de automóviles. En esta línea de montaje existen más de 600 centros de trabajo que ocupan una superficie superior a los 89.000 m² y cuya producción establecida en dos turnos se encarga de ensamblar a la carrocería proveniente de la planta de pintura todos los subconjuntos y piezas necesarios para el coche: sistema eléctrico, panel de mandos, sistema de dirección, motorización y transmisión, amortiguación, acabado interior, luces, puertas y cristales, etc. En esta planta, el vehículo según sus características se desviará en una de las dos líneas paralelas de montaje (Trim A y Trim B); tras lo cual, los vehículos se vuelven a juntar en una sola línea (Chasis), hasta su finalización.

En los últimos años la empresa ha automatizado algunos de estos centros de trabajo (montaje de la batería, cristales, puertas, motorización, entre otros) o delegado en los proveedores el montaje de un subconjunto completo (guarnecido interior, panel de mandos, asientos, etc.) para la disminución de tiempos de ciclo, costes y fatiga de los operarios. Sin embargo, en la

actualidad todavía es fundamental la participación de mano de obra directa para la realización de tareas de montaje repetitivas.

2. El método Sue Rodgers para la Evaluación de los puestos de trabajo.

Existen diversas técnicas de evaluación de puestos de trabajo [2], cada una de ellas aplicable bajo una serie de condicionantes. Las características de los puestos de trabajo definidos en el apartado anterior, relativas tanto a la frecuencia como a la repetitividad de las tareas que se desarrollan en los mismos nos conducen a aplicar el método de la doctora Suzanne Rodgers.

Este método de análisis se presta a la evaluación de las funciones de tareas con una frecuencia de repetición de 1 hasta 15 por minuto, llegando a su mayor precisión en el establecimiento de probabilidades de fatiga en esfuerzos que se realizan entre 1 a 10 por minuto.

El formato y el método de Sue Rodgers [13] [14] facilita la valoración sistemática de funciones permitiendo la identificación de labores que presentan posibilidades de riesgo ergonómico, señalando la urgencia de cambio del componente respectivo respecto a la función.

El método de análisis Sue Rodgers estudia el esfuerzo, la duración y la frecuencia requerida por cada parte del cuerpo para realizar una determinada tarea. Se evalúa la interacción del nivel de esfuerzo, duración del esfuerzo antes de la relajación (o antes de pasar a un nivel menor de esfuerzo), y la frecuencia de activación de los músculos por minuto para cada grupo de músculos. A partir de estos parámetros se hace una predicción de la fatiga muscular.

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).

2.1. Nivel de Esfuerzo

Los niveles de esfuerzo se valoran como Ligeros (1), Moderados (2) o Fuertes (3) basándonos en descripciones cualitativas para las distintas partes del cuerpo. Estas descripciones se listan en la Tabla 1:

Parte el cuerpo	Ligero (1)	Moderado (2)	Fuerte (3)
Cuello	- 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.
Hombros	- 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.
Espalda	- Doblada a un lado o inclinada. - Espalda arqueada	- Inclinada hacia delante, sin peso. - Elevar cargas pesadas cerca	- Subir cargas o ejercer fuerza con la espalda girada. - Fuerza elevada o carga

Parte el cuerpo	Ligero (1)	Moderado (2)	Fuerte (3)
		del cuerpo. - Trabajar por encima de la cabeza.	mientras se está inclinado.
Brazos/Codos	- 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.
Manos/ Dedos/ Muñecas	- 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. - Uso de guantes con fuerza moderada.	- Agarre punzante. - Ángulos grandes de giro en la muñeca. - Superficies deslizantes.
Piernas/ Rodillas/ Tobillos/ Pies/ Dedos	- 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 1: Niveles de esfuerzo según la parte del cuerpo

2.2. 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. Si el nivel de esfuerzo cambia, se considerará sólo la duración del nivel de esfuerzo original.

Se dan tres categorías de duración del esfuerzo para los grupos de músculos: cuando hay un descanso antes de 6 segundos de esfuerzo continuado, cuando el descanso es entre 6 y 20 segundos y cuando los músculos están activos continuamente durante más de 20 segundos.

Analizaremos el trabajo para ver a cual de estas categorías corresponde el estrés muscular habitual para cada uno de los grupos de músculos. Si los valores están cerca de la frontera de una categoría, se tomará la categoría más alta. La duración del esfuerzo se introducirá en la tabla para cada grupo de músculos. A continuación en la Tabla 2 se muestra la clasificación en función de la duración del esfuerzo.

Clasificación	Duración para un nivel de esfuerzo específico
1	< 6 segundos
2	Entre 6 y 20 segundos
3	> 20 segundos

Tabla 2: Duración del esfuerzo

2.3. Frecuencia (Esfuerzos por Minuto)

La frecuencia se mide para un grupo de músculos dado y para un nivel de esfuerzo específico.

Este método no es apropiado para evaluar tareas de alta frecuencia (más de 15 esfuerzos por minuto). Para trabajos en los que los músculos están activos varias veces por minuto debido a una tarea muy repetitiva (por ejemplo, alimentar una prensa pequeña en una planta de fabricación), incluso esfuerzos de corta duración pueden ser un problema.

Las tres categorías que se muestran en la Tabla 3 son las siguientes: menos de un esfuerzo por minuto para los músculos activos (por ejemplo, en algunos trabajos donde se realiza más de una operación), de una a cinco repeticiones o esfuerzos por minuto (por ejemplo, inclinarse, después ponerse erguido y luego volverse a inclinar, etc. en el estudio de la carga de los músculos de la espalda), o donde la tasa de repetición es de más de cinco por minuto.

Clasificación	Esfuerzos por minuto
1	< 1 por minuto
2	1 a 5 por minuto
3	> 5 y hasta 15 por minuto

Tabla 3: Frecuencia. Esfuerzos por minuto

Esta información puede ser recogida a pie de fábrica observando a los operarios en varios trabajos. Lo importante es contar las repeticiones para cada grupo de músculos separadamente.

El número de la categoría debe introducirse en la tabla para cada grupo de músculos. A continuación se muestra en la tabla siguiente la clasificación que se realiza en función del número de esfuerzos realizados por minuto.

2.4. Prioridad de Cambio/ Ranking de Severidad.

Esta columna puede rellenarse usando la escala de prioridad de cambio que aparece bajo la tabla y que muestra la necesidad relativa de cambio: Baja, Moderada, Alta o Muy Alta y el correspondiente ranking de severidad. Los grupos de tres números representan las tres primeras columnas de la tabla.

Si la secuencia de números no aparece en la escala de prioridad, la prioridad de cambio de ese trabajo es Baja para ese grupo de músculos y debe asignarse una severidad de 2.

La severidad se estima basándose en la combinación de unos, doses y treses para los niveles de esfuerzo, duración y frecuencia. Ver Tabla 4. La severidad (dureza de las condiciones del puesto de trabajo) se relaciona directamente con la prioridad de cambio, por ejemplo, un puesto con condiciones muy severas presenta una muy alta prioridad de cambio.

- Prioridad de cambio muy alta o 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.
- Prioridad de cambio 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.

El análisis no tiene que ser hecho en todos los grupos de músculos. Sin embargo, las partes del cuerpo que muestran las prioridades de cambio más altas (y por lo tanto las severidades más altas) le llevarán directamente a descubrir las posibles causas de efectos potenciales para la salud y las medidas que se pueden tomar.

Baja (B) (severidad = 2)	Moderada (M) (severidad = 5)	Alta (A) (severidad = 7)
Resto de combinaciones	1,2,3	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

Tabla 4: Combinaciones de Severidad (Esfuerzo, Duración, Frecuencia)

3. Desarrollo del estudio

Para el desarrollo de este trabajo fue necesaria la realización de labores de campo (entrevistas y observación directa), para verificar y actualizar la información de partida suministrada por el departamento de Métodos y Tiempos, relativa a los métodos de trabajo y estándares de tiempos existentes.

Conociendo las características de cada puesto se clasificaron en tres grupos (Tabla 5), atendiendo al grado de severidad que establece el método Sue Rodgers: Grado Bajo (2), Grado Moderado (5) y Grado Alto (7).

Centro de Coste	Nº de puestos analizados	Grado de Severidad		
		Alta (7)	Moderada (5)	Baja (2)
A	164	10	53	101
B	83	13	43	27
C	172	14	60	98
Totales	419	37	156	226
%	100%	9%	37%	54%

Tabla 5: Clasificación Sue Rodgers de Puestos de trabajo analizados

El uso de un software específico desarrollado por la misma empresa, permitió agilizar la clasificación y obtener de forma automática tanto el ranking de severidad del puesto como estadísticas y parámetros comparativos que facilitaron el posterior análisis de los puestos.

Teniendo en cuenta la envergadura del estudio y que las acciones de mejora de los distintos puestos de trabajo debían centrarse en la reducción del grado de severidad de los mismos, esta primera clasificación de puestos, resultaba insuficiente para determinar la prioridad de análisis e implantación de mejoras de distintos puestos con el mismo grado de severidad. Por otra parte existían numerosas combinaciones posibles para reducir el grado de severidad de un puesto concreto y se carecía de criterio alguno que guiara al analista a seleccionar el más favorable.

Bajo estas consideraciones se define el **RPS**, como el índice de Reducción Potencial del grado de Severidad de un puesto de trabajo, atendiendo la variación del grado de severidad en relación a los distintos incrementos de los parámetros de Esfuerzo, Duración y Frecuencia.

Se calcula atendiendo a la siguiente expresión:

$$RPS = \frac{S_1 - S_2}{\Delta E + \Delta D + \Delta F}$$

donde,

$S_1 \cong$ Grado de Severidad inicial (2-Baja, 5- Moderada, 7-Alta)

$S_2 \cong$ Grado de Severidad final (2-Baja, 5- Moderada, 7-Alta)

$\Delta E \cong$ número de grados de incremento del parámetro Esfuerzo

$\Delta D \cong$ número de grados de incremento del parámetro Duración

$\Delta F \cong$ número de grados de incremento del parámetro Frecuencia

Para cada combinación inicial de parámetros EDF (esfuerzo, duración y frecuencia), se calcula el RPS de todas las posibles combinaciones que varían el grado de severidad, siendo los valores que puede alcanzar los siguientes:

- RPS >0, supone una disminución del grado de severidad
- RPS = 0, supone que el grado de severidad no varía
- RPS <0, supone un aumento del grado de severidad

Un mayor RPS, indica una mayor reducción del grado de severidad con el menor número de cambios. Cabe tener en cuenta que debido al peso que Sue Rodgers atribuye a los distintos estados de severidad: 2 para el estado bajo y 5 y 7 para los estados moderado y alto respectivamente, siempre será mejor hacer dos cambios en los parámetros EDF y reducir dos grados la severidad (pasar de 7 a 2) que hacer un solo cambio y reducir sólo un grado la severidad (pasar de 7 a 5).

La potencialidad de cambio de cada puesto vendrá reflejada bien por el mayor RPS posible, bien por la suma de los posibles RPS del mismo.

La siguiente tabla recoge para las combinaciones EDF, 223 y 222 de grado de severidad Alto y Moderado respectivamente, las distintas posibilidades de modificación de los mismos, con sus respectivos RPS.

EDF _{inicial} = 223 (Grado Severidad Alto – 7)					EDF _{inicial} = 222 (Grado Severidad Moderado – 5)				
EDF _{final}	GS		$\Delta E \Delta D \Delta F$	RPS	EDF _{final}	GS		$\Delta E \Delta D \Delta F$	RPS
113	B	2	110	2,5	122	B	2	100	3,0
122	B	2	101	2,5	212	B	2	010	3,0
212	B	2	011	2,5	221	B	2	001	3,0
221	B	2	002	2,5	112	B	2	110	1,5
123	M	5	100	2,0	121	B	2	101	1,5
213	M	5	010	2,0	211	B	2	011	1,5
222	M	5	001	2,0	111	B	2	111	1,0
112	B	2	111	1,7	113	B	2	111	1,0
121	B	2	102	1,7	131	B	2	111	1,0
211	B	2	012	1,7	311	B	2	111	1,0
311	B	2	112	1,7	123	M	5	101	0,0
111	B	2	112	1,3	132	M	5	110	0,0
131	B	2	112	1,3	213	M	5	011	0,0
231	M	5	012	1,0	231	M	5	011	0,0
232	M	5	011	1,0	232	M	5	010	0,0
132	M	5	111	0,7	312	M	5	110	0,0
312	M	5	111	0,7	223	A	7	001	-2,0
323	A	7	100	0,0	322	A	7	100	-2,0
332	A	7	111	0,0	323	A	7	101	-1,0
331	A	7	112	0,0	332	A	7	110	-1,0
313	A	7	110	0,0	321	A	7	101	-1,0
321	A	7	102	0,0	331	A	7	111	-0,7
322	A	7	101	0,0	313	A	7	111	-0,7
				$\Sigma RPS = 28,8$					$\Sigma RPS = 9,10$

Tabla 6: Posibles combinaciones EDF, para las situaciones de severidad Alta (223) y severidad Moderada (222)
[GS (Grado de Severidad), EDF(Esfuerzo, Duración, Frecuencia)]

Las actividades de análisis de los puestos de trabajo se enfocaron por lo tanto en los puestos de trabajo de severidad alta y moderada, empezando por aquellos puestos con mayor potencialidad de cambio y adoptando dentro de cada combinación inicial de EDF, aquellas combinaciones factibles de RPS mayor.

Cada una de las propuestas de mejora de los puestos de trabajo se clasificó por su grado de incidencia en el número de puestos afectados, así como la mejora relativa de su implantación. La clasificación y codificación de tareas permitió, por otra parte, determinar el número de puestos de trabajo afectados por la implantación de mejoras en las mismas.

4. Resultados y Conclusiones

Este trabajo muestra la importancia de la aplicación de un método de valoración ergonómica en las empresas que permita focalizar las acciones de mejora y optimizar las tareas de prevención de riesgos laborales.

Además el estudio y análisis de los puestos de trabajo ha permitido:

- Obtener un inventario actualizado de la información asociada a todos los puestos de trabajo (número de operarios, operaciones, ubicación, fatiga muscular, frecuencia del esfuerzo, tiempos, etc.)
- Clasificar todos los puestos de trabajo según la severidad según el método Sue Rodgers
- Clasificar los puestos de trabajo de un nivel determinado de severidad en base a su potencial para transformarse al nivel inferior de severidad (RPS)
- Valorar el riesgo ergonómico general de la planta de montaje
- Plantear mejoras ergonómicas de los puestos de trabajo de alta severidad basadas en nuevos métodos, diseño de nuevos útiles y herramientas, disposición del puesto de trabajo y reasignación de tareas
- Clasificar y codificar el conjunto de operaciones o tareas
- Propagación de mejoras para puestos de trabajo con operaciones similares y para el tercer turno de montaje del nuevo modelo de vehículo
- Determinar el potencial de reducción de bajas laborales por lesiones debidas a accidentes laborales derivados por fatiga muscular.
- Mejorar el flujo comunicación ascendente y promover ambiente de trabajo más distendido.
- Aumentar la credibilidad de los operarios en la sensibilidad de la empresa en temas de Prevención de Riesgos Laborales.
- Incrementar la utilización del buzón de sugerencias de mejora
- Aumento de la productividad y disminución de costes

El nuevo parámetro de reducción potencial del grado de severidad (RPS), permite clasificar los puestos de trabajo en base a la potencialidad de cambio además de guiar al analista en la selección de la combinación EDF que represente una disminución del grado de severidad con el menor grado de cambio posible.

En la definición del RPS, se han considerado por igual los parámetros de esfuerzo, duración y frecuencia, pero se podría haber asignado un peso distinto a cada uno, si la situación de la empresa lo hubiera requerido.

Cabe destacar por otra parte que la priorización de las posibles combinaciones futuras en base al valor del RPS, se basan en aspectos puramente económicos de reducción del grado de severidad del puesto con el menor número de cambios posible, por lo que no siempre supondrá la solución óptima desde el punto de vista ergonómico.

Hay que señalar la importancia de diseñar un sistema de información integrado que permita establecer las conexiones oportunas con datos referentes a métodos y tiempos, balanceo de puestos y manuales de procedimientos entre otros.

Por otra parte, debido a los cambios continuos que se producen fundamentalmente al balanceo de puestos y a los cambios de modelo, es importante establecer un procedimiento futuro que facilite la actualización de los datos referentes a cada puesto de trabajo.

Referencias

- [1] Bestratén, M., et al. (1998). Ergonomía. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [2] Castillo, J.J. y Villena, J. (eds.) (1998). Ergonomía. Conceptos y métodos. Madrid: Editorial Complutense.
- [3] Oficina Internacional del Trabajo (1998). Enciclopedia sobre salud y seguridad en el trabajo (4 vols.). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- [4] Pereda, S. (1993). Ergonomía. Diseño del entorno laboral. Madrid: Eudema.
- [5] Wiley, John & Sons (1989). Ergonomic Design for People at Work: Workplace, Equipment, & Environmental Design & Information Transfer. Vol. 1. (ISBN 0471289248)
- [6] Bestratén, M., et al. (1998). Ergonomía. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [7] Castillo, J.J. y Villena, J. (eds.) (1998). Ergonomía. Conceptos y métodos. Madrid: Editorial Complutense.
- [8] Cazamian, P. (1986). Tratado de ergonomía. Madrid: Octarés.
- [9] Osborne, D.J. (1987). Ergonomía en acción. México: Trillas.
- [10] Oficina Internacional del Trabajo (1998). Enciclopedia sobre salud y seguridad en el trabajo (4 vols.). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- [11] Pereda, S. (1993). Ergonomía. Diseño del entorno laboral. Madrid: Eudema.
- [12] VV.AA. (1997). Manual de ergonomía. Madrid: Fundación MAPFRE. (1ª ed. 1995)
- [13] Wiley, John & Sons (1989) Ergonomic Design for People at Work: The Design of Jobs, including Work Patterns, Hours of Work, Manual Materials Handling Tasks, Methods to Evaluate Job Demands, & the Physiological Basis of Work Ergonomic design for People at Work. Vol. 2. (ISBN: 0471289183)
- [14] Wiley, John & Sons (1989). Ergonomic Design for People at Work: Workplace, Equipment, & Environmental Design & Information Transfer. Vol. 1. (ISBN 0471289248)