

# Evaluación ergonómica de la empresa Procesos y Servicios Industriales utilizando los métodos RULA, LEST y procesamiento de imágenes.

**Arana de las Casas, Nancy Ivette**  
M.C. en Ingeniería Industrial  
Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc  
aranancy@gmail.com

**Sáenz Zamarrón, David**  
Doctor en Ingeniería Computacional.  
Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc  
davsaez@gmail.com

**Floriano Gavaldon, Carlo Virgilio**  
Ingeniero Industrial  
Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc  
carlofloriano@yahoo.com.mx

## RESUMEN

Procesos y Servicios Industriales es una empresa que se dedica a la selección y molido de plástico reciclado, actividad que le da sustentabilidad ecológica y económica a una gran gama de industrias que utilizan este polímetro. En esta empresa se lleva a cabo el proceso en estaciones de trabajo de acuerdo al material utilizado. Se analizaron y video grabaron los puestos de trabajo. Se seleccionaron diez actividades que fueron considerados críticas y representativas de todas las demás para su análisis ergonómico.

Con el método LEST se identificaron los factores de trabajo y las dimensiones laborales que afectan considerablemente a los trabajadores de la empresa. Con el método RULA se identificaron las regiones corporales de los trabajadores en riesgo de sufrir lesiones músculoesqueléticas al realizar las operaciones en los diferentes puestos de trabajo. Se colocaron marcadores en las coyunturas de los brazos (hombro, codo, muñeca) de los operadores y se grabaron en video en su actividad. Se realizó un software capaz de abrir el archivo de video y medir el ángulo del brazo, obteniéndose con esto, una

posible posición de riesgo laboral. Los videos de la operación fueron analizados utilizando técnicas de procesamiento de imágenes (ej. segmentación cromática, calculo de centroides, etc.).

El 70% de las operaciones analizadas con el método RULA producen un nivel de tres o más en el lado derecho y de dos en el lado izquierdo, lo que sugiere la necesidad de cambios rápidos en el diseño de la tarea o puesto de trabajo para evitar lesiones, en especial en el lado derecho de los operadores.

El Método LEST produce los resultados más altos en el entorno físico, ya que el ambiente térmico y el ruido en los puestos de trabajo no son adecuados, por lo cual se sugieren los cambios pertinentes para disminuir este factor.

### **Palabras clave**

Análisis Ergonómico, Procesamiento de imágenes, Método LEST, Método RULA,

### **ABSTRACT**

Procesos y Servicios Industriales is a company dedicated to the selection and grind of recycled plastic, activity that gives ecological and economical sustainability to a great range of industries that use this polymer. In this company, the process is done in workstations according to the material that is been process. The workstations were analyzed and video recorded. Ten activities were selected, this were considered critic and representative of all the different workstations for their ergonomic analysis.

With the LEST method the work factors and labor dimensions that considerably affect the company workers were identified. With the RULA method the workers' corporal regions in risk of suffering musculoskeletal injuries when performing the operations in the different workstations were identified. Markers in the conjunctures of the operators' arms (shoulder, elbow, and wrist) were placed and then were video recorded doing their job. Software capable of measuring the arm's angle from the video was made, obtaining with this, a possible labor risk arm position. The videos of the operation were analyzed using image processing techniques (chromatic segmentation, centroides calculus, etc).

Seventy percent of the analyzed operations with RULA produce a level of three or more in the right side and two in the left side, which suggests the necessity of fast changes in the design of the task or workstation to avoid injuries, especially in the operator's right side.

The LEST method produces the highest results in the physical surroundings, since the thermal atmosphere and the noise in the workstations are not adequate, thus it is suggested to make pertinent changes to diminish this factor.

### **Keywords**

Ergonomical Analysis, Image Processing, LEST Method, RULA Method.

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente es muy importante para todas las empresas el mantener a sus operadores en un ambiente laboral cómodo, tanto desde el punto de vista físico como el del psicológico, por lo que las empresas se han preocupado por realizar análisis ergonómicos a sus estaciones de trabajo que permitan determinar que grado de comodidad o incomodidad tienen sus empleados y en base a esto realizar modificaciones que aumenten la calidad de vida de sus operadores, disminuya el riesgo de lesiones y accidentes y como consecuencia aumente la productividad de la empresa.

Procesos y Servicios Industriales es una empresa joven con un alto sentido ecológico, mismo que demuestra en su línea de trabajo principal, que es la selección, clasificación y molido de plástico, el producto final generado por esta empresa es considerado para procesos de reciclado de plástico lo cual es importantísimo en nuestros días para evitar la contaminación, como ejemplo se muele el plástico PET que es el que se utiliza en el proceso de metanoslisis (Figura 1) lo que permite un gran ahorro energético y una disminución considerable en la contaminación.



Fig. 1. El proceso de Metanolisis tomado de <http://www.aprepet.org.mx/index2.htm>

Sin embargo esta empresa no solamente se preocupa por la ecología, si no también por sus empleados, razón por la cual solicito un estudio ergonómico de las diferentes estaciones de trabajo que la conforman, con el fin de tratar de determinar los riesgos de trabajo laborales involucrados con las operaciones y con el ambiente físico de la empresa, a continuación se presentan una descripción breve de las estaciones de trabajo que se seleccionaron como representativas para realizar el análisis ergonómico, utilizando el método LEST, el método RULA y Procesamiento de imágenes.

Estación 1. Selección de bolsa: Separación de bolsas de polietileno en base al color del material separando el material diferente que pudiera ser contaminante, como puede ser: etiquetas, cinta adhesiva, o algún componente electrónico; como cables, terminales, papel o basura en general, cartón o material de diferente color que no corresponda al indicado. En esta estación se encuentran 2 operadoras las cuales cuentan con 24 y 17 años respectivamente y mencionan que aunque tienen 1 semana trabajando en la empresa, ya habían estado trabajando en una empresa similar que se dedica a el reciclaje de plásticos por un tiempo de 1 año y 4 meses, por lo que representan una habilidad bastante considerable para realizar el trabajo que efectúan.



Figura 2. Estación 1: Selección de bolsa.

Estación 2. Selección y clasificación de material plástico: Aquí se presentan las operadoras A, B y C, con edades aproximadas de 20, 25 y 35 años, las cuales se encargan de cortes con tijera manual de material considerado contaminante en diferentes tipos de plásticos.

La operadora A con aproximadamente 25 años y con una semana en el puesto, lo único que tiene que hacer es cortar la parte del material que tiene etiqueta contaminante y colocarlo en una mesa para que otra persona con mas experiencia lo clasifique luego, indica a su vez, que es muy pesado para ella el estar cortando con tijeras.

La operadora B de aproximadamente 35 años muestra una gran habilidad para efectuar la operación de corte de etiquetas en material de PVC, así como conocimiento de los diferentes tipos de material que se manejan en su estación, cuenta con 1.5 años de experiencia y menciona que como ya tiene mucho tiempo no se le hace pesado el manejar las tijeras.

La operadora C de una edad aproximada de 20 años con 1.5 de experiencia demuestra una buena habilidad para el manejo de las actividades de corte de etiquetas, as u vez demuestra conocimiento en el tipo de material que se maneja.

Al momento del análisis se encontraba en esta estación la que es considerada por la empresa como operadora entrenadora/sustituta y al momento entrenadora de A; aproximadamente de 40 años demuestra gran habilidad para el manejo de la actividad, de hecho representa ser la operadora líder de la estación ya que

supervisa de manera natural a las demás que ahí se encuentran tiene basta experiencia en todas las actividades realizadas por personal femenino en la empresa.



Figura 3. Estación 2: Selección y clasificación de material plástico.

Estación 3. Selección y colocación de tablillas: En esta estación tenemos una operadora femenina de aproximadamente 40 años, la cual tiene la tarea de coger un montón de tablillas de una caja a nivel del suelo, posteriormente separar las tablillas negras de las azules, colocando las azules en otra caja aproximadamente a un metro de la original, posteriormente tiene que colocar las tablillas negras en una tarima, siguiendo ciertos requerimientos de colocación tal como se muestra en la figura 4. Al llegar la tarima a medir 1.30 metros de altura se envuelve con filme plástico y se manda a cliente.



Figura 4. Estación 3: Selección y colocación de tablillas.

Estación 4. Mangueras: En esta estación se realiza un corte con pinzas a mangueras portátiles de alimentación de oxígeno para pacientes, en la cual se retira un pequeño nicle de material diferente al del componente principal jalando y sacándolo de la manguera. La edad de la operadora es de aproximadamente 40 años y realiza la operación de manera hábil y a la altura de la parte superior del estomago, la dificultad máxima se obtiene al estar seleccionando los atados de manguera para ponerlos a la altura para trabajarlos.



Figura 5. Estación 4: Mangueras.

Estación 5. Pantallas Video: Operadoras A y B, femeninas de alrededor de 50 años, la actividad consiste en desarmar carátulas de video caseteras de ABS, que contienen elementos de acrílico; mediante el uso de un formón para madera y/o un desarmador, usándolo de palanca, o bien para golpear de tal manera que se pueda retirar la parte de acrílico. En esta posición, las operadoras tienen que realizar un giro hacia atrás, en algunos casos de aproximadamente 90°, aunque solo para ubicar el contenedor donde van a depositar las partes y hacerlo de manera mecánica, luego se trabaja sobre la superficie de una mesa donde se tiene ubicado el material y se tiene que estar acercando continuamente hasta que quede justo enfrente del operador para lograr tenerlo en la mano y procesarlo a la altura del pecho.



Figura 6. Estación 5. Pantallas Video.

Estación 6. Cepillo chico: Operador Masculino de 37 años, la tarea consiste en tomar de una bolsa a su izquierda aproximadamente 5 rieles de plástico, acomodarlos uno arriba de otro con la etiqueta hacia arriba, posteriormente poner el riel en contacto con el cepillo para eliminar la etiqueta, al terminar con un riel lo colocan al final y repiten la operación con el siguiente riel, cuando se eliminan todas las etiquetas, se colocan en una bolsa de producto terminado listos para su molido.



Figura 7. Estación 6. Cepillo

Estación 7. Molido de mangueras: Operador masculino de 26 años, obtiene la manguera de cajas o pallets situadas en la parte posterior del operador, la carga y empieza a alimentar el molino, la operación se complica cuando la materia prima empieza a acabarse ya que el operador tiene que agacharse mas de 90 grados.



Figura 8. Estación 7. Molido de mangueras.

Estación 8. Limpieza molino: Como parte de la operación en los molinos, cada determinado tiempo y dependiendo del material que se esta moliendo se tiene que hacer limpieza de los mismos, ya que dejan de funcionar ya que se llenan de rebaba del material, para hacer limpieza, se tiene que abrir la parte superior del molino y sacar el material acumulado.



Figura 9. Estación 8. Limpieza Molino.

Estación 9. Sierra. Operador masculino de 22 años. Recoge el material a cortar de bolsas o cajas a su espalda, lo pasa por la sierra solo en aquellas partes en donde

se tienen etiquetas o material diferente al que se tiene que procesar, al terminar se coloca el material sin etiquetas al lado derecho del operador en cajas o bolsas. Los operadores utilizan careta, tapones para los oídos y guantes para su protección.



Figura 10. Estación 9. Sierra.

Estación 10. Cepillo grande. Operador masculino de 46 años. Se realiza la misma operación que en el cepillo chico con la diferencia de que las dimensiones de la estación de trabajo son diferentes y al ser el cepillo más grande el operador no tiene que doblar su espalda tanto como en la otra estación.



Figura 11. Estación 10. Cepillo grande.

## OBJETIVOS

Realizar un análisis de las condiciones laborales actuales en la empresa Procesos y Servicios Industriales utilizando los métodos REBA, RULA y Procesamiento de Imágenes.

## ALCANCES

Mediante la realización de este proyecto de investigación se pretende hacer propuestas de mejoramiento laboral con enfoque ergonómico que permitan eliminar riesgos de lesiones y accidentes a los trabajadores de la empresa, así como mejorar la calidad de vida y el confort laboral de los mismos.

Además se busca aumentar la productividad de la empresa y la calidad del producto

## METODOLOGÍA

Al llegar los investigadores a la empresa Procesos y Servicios Industriales, primeramente se hizo un análisis completo del proceso, en base a los resultados se realizó una selección de diez estaciones de trabajo que fueron descritas anteriormente en este artículo.

Se tomaron mediciones del nivel de ruido, nivel de luminosidad, temperatura y velocidad del aire en cada una de las estaciones de trabajo además utilizando una cámara Sony modelo DCR-TRV33 y tripee se tomo video en tiempo real de las estaciones de trabajo seleccionadas, con el fin de hacer una análisis mas a conciencia de los movimientos, herramientas y operaciones que realizan los operadores.

Se utilizo el método L.E.S.T. para evaluar las condiciones de trabajo dentro de la empresa, por lo cual además se realizaron entrevistas con los administradores de la empresa, especialmente con el supervisor y el gerente de producción. Para análisis se utilizo el software de Evaluación Ergonómica e-DPI v3 de la Universidad Politécnica de Valencia.

El método seleccionado para la evaluación de las posturas de los operadores durante el cumplimiento de sus tareas fue el RULA ya que este nos permitirá evaluar la existencia de factores de riesgo que puedan ocasionar lesiones en los miembros superiores del cuerpo incluyendo posturas no neutrales, repetición de movimientos, actividad estática y aplicación de fuerzas del sistema músculo esquelético. En esta ocasión nos auxiliamos del programa de evaluación en línea RULA ofrecido por la Universidad Politécnica de Valencia.

Para realizar la medición del ángulo del brazo en plena actividad laboral se colocaron marcadores de colores bien definidos (hombro-rojo, codo-amarillo, muñeca-azul), luego el trabajo desempeñado fue almacenado en video y posteriormente procesado con MATLAB®. En la figura 6 se muestra un operador en su actividad y la posición de su brazo.

## RESULTADOS

## \* RESULTADOS MÉTODO LEST.

Las graficas obtenidas con los resultados del método LEST (e-DPI) de cada una de las tareas evaluadas se presentan a continuación

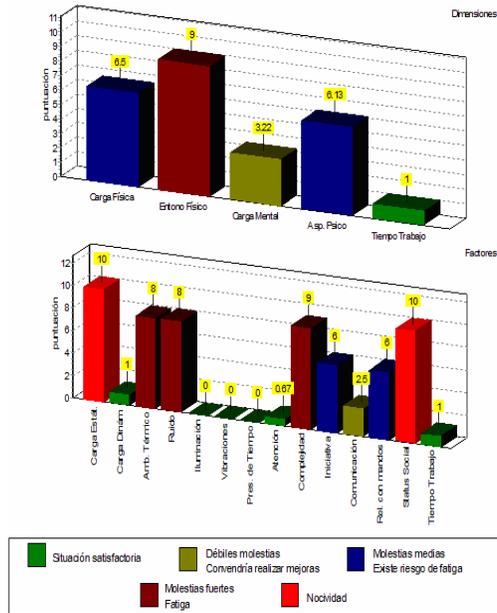


Figura 12. Resultados e-LEST.

Selección de bolsa

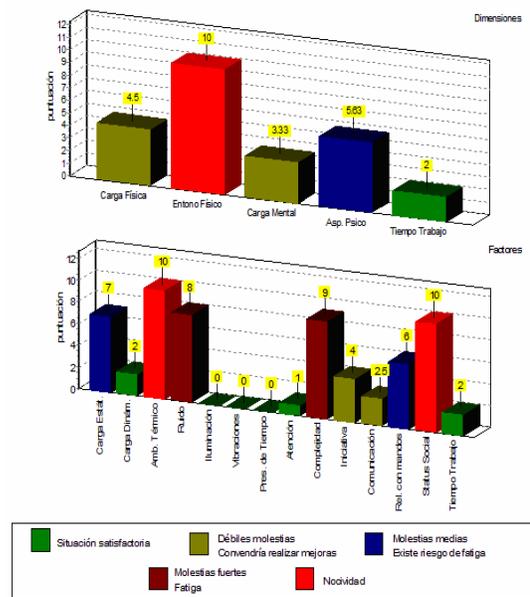
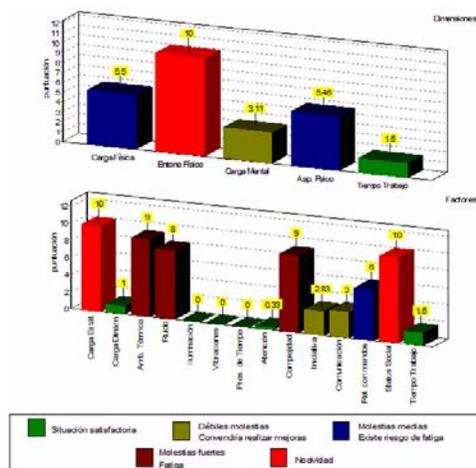
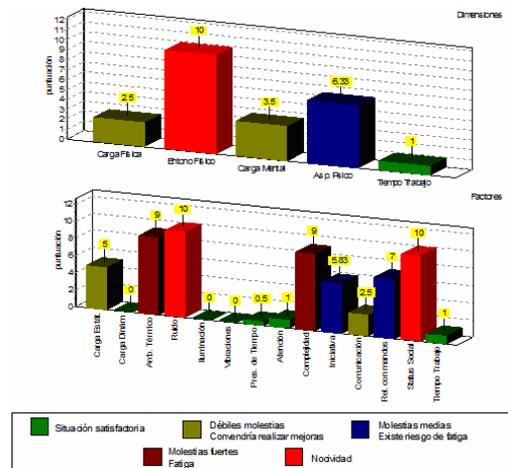


Figura 13. Resultados e-LEST.

Selección y clasificación de material  
plásticoFigura 14. Resultados e-LEST. Selección  
y colocación de tablillas.Figura 15. Resultados e-LEST.  
Mangueras.

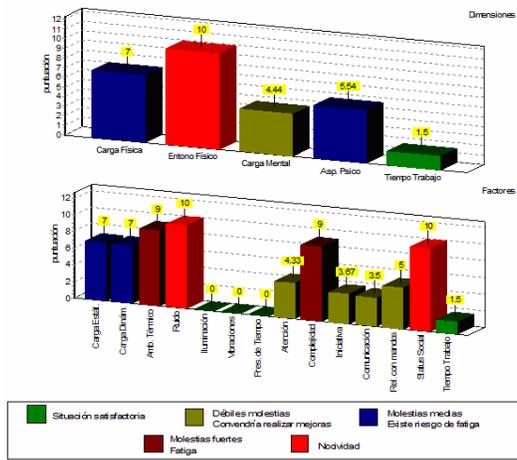


Figura 16. Resultados e-LEST.

Pantallas Video

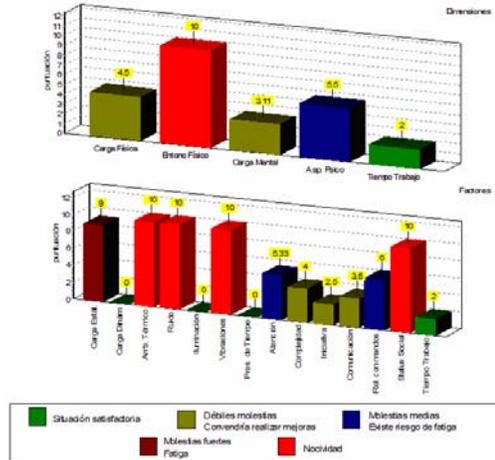


Figura 17. Resultados e-LEST. Cepillo

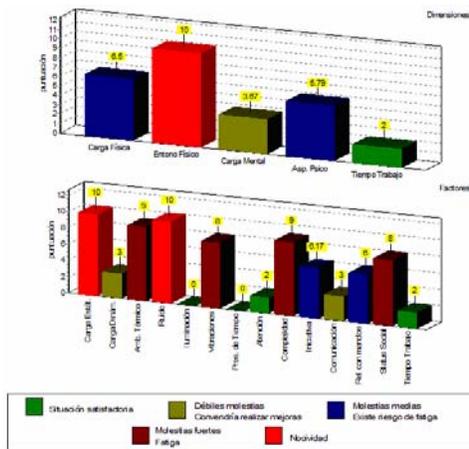


Figura 18. Resultados e-LEST.

Molido de mangueras

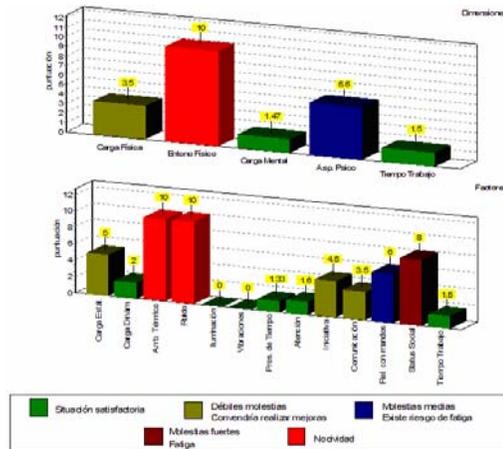


Figura 19. Resultados e-LEST.

Limpieza Molino

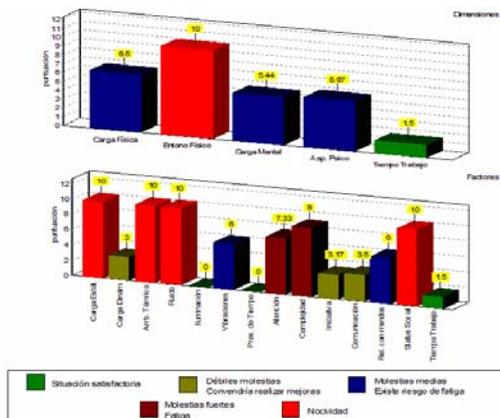


Figura 21. Resultados e-LEST. Sierra

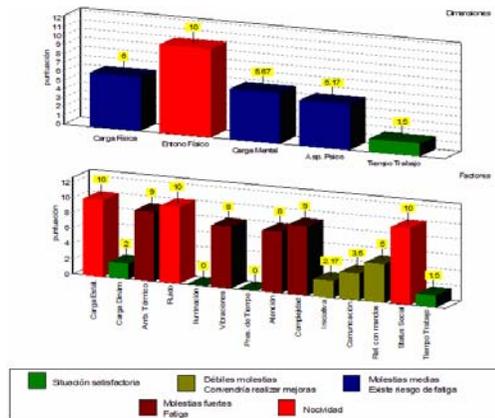


Figura 22. Resultados e-LEST.

## Cepillo grande

## \* RESULTADOS MÉTODO RULA.

Tabla 1. Resultados ergonauta.com RULA.

## Selección de bolsa

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	5	1	0	6	6	3
	Izquierda	4	1	0	5	6	3
Grupo B	B	4	1	0	5		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 3.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 2. Resultados ergonauta.com RULA.

## Selección y clasificación de material plástico

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	3	1	0	4	4	2
	Izquierda	3	1	0	4	4	2
Grupo B	B	3	1	0	4		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 2.	Nivel de actuación 2.
Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 3. Resultados ergonauta.com RULA.

## Selección y colocación de tablillas.

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	4	1	0	5	6	3
	Izquierda	4	1	0	5	6	3
Grupo B	B	4	1	0	5		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 3.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 4. Resultados ergonauta.com RULA.

## Mangueras

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	3	0	0	3	3	2
	Izquierda	2	0	0	2	3	2
Grupo B	B	3	0	0	3		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 2.	Nivel de actuación 2.
Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 5. Resultados ergonauta.com RULA.

## Pantallas Video

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	3	1	0	4	3	2
	Izquierda	2	1	0	3	3	2
Grupo B	B	2	1	0	3		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 2.	Nivel de actuación 2.
Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 6. Resultados ergonauta.com RULA.

## Cepillo

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	4	1	0	5	6	3
	Izquierda	2	1	0	3	4	2
Grupo B	B	4	1	0	5		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 2.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 7. Resultados ergonauta.com RULA.

## Molido de mangueras

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	6	0	2	8	6	3
	Izquierda	2	0	2	4	3	2
Grupo B	B	1	0	2	3		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 2.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 8. Resultados ergonauta.com RULA.

## Limpieza Molino

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	8	0	1	9	7	4
	Izquierda	2	0	1	3	4	2
Grupo B	B	4	0	1	5		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 4.	Nivel de actuación 2.
Es necesario realizar inmediatamente cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 9. Resultados ergonauta.com RULA.

## Sierra

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	3	1	0	4	6	3
	Izquierda	1	1	0	2	5	3
Grupo B	B	5	1	0	6		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 3.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

Tabla 10. Resultados ergonauta.com RULA.

## Cepillo grande

Zona del cuerpo		Postura	Uso muscular	Fuerza	Punt. C y D	Punt. Total	Nivel
Grupo A	Derecha	4	1	0	5	5	3
	Izquierda	2	1	0	3	4	2
Grupo B	B	3	1	0	4		

Actuación para la parte derecha del cuerpo	Actuación para la parte izquierda del cuerpo
Nivel de actuación 3.	Nivel de actuación 2.
Se requiere cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.	Es necesaria una investigación más profunda. Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo.

## \* RESULTADOS PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

Se realizó un software para medir directamente el ángulo del brazo. El software lee el archivo de video que contiene el trabajo realizado por el operador. Cada una de las marcas colocadas en las coyunturas del brazo posee una muy particular combinación de valores de los colores primarios del modelo de color RGB (Rojo, Verde, Azul) las cuales fueron segmentadas utilizando una muestra rectangular de color de cada marca seleccionada con el Mouse por el usuario del software. Un cubo de color es formado con centro en la media RGB de la muestra seleccionada y el ancho de cada uno de sus ejes de color es proporcional a la desviación estándar de la muestra en cada eje. En la figura 23 (a) se muestran pixeles segmentados que se encontraron dentro del cubo de color de cada marca. En la parte (b) se muestra el resultado de haber realizado operaciones de erosión y dilatación binaria sobre la imagen mostrada en (a). Esto último permite

Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAM) 14 de 21

tener marcas cerradas sin porosidades; a su vez esto es útil para obtener el centroide de cada marca, también indicado con un punto en la parte (b). Líneas que pasan por estos tres puntos son mostrados en la parte (c). Finalmente usando simple trigonometría se calcula el ángulo del codo como se muestra en la parte (d).

El mencionado procedimiento es realizado para cada frame del video y un nuevo archivo se creada con la medición del ángulo del brazo durante la duración de la tarea.

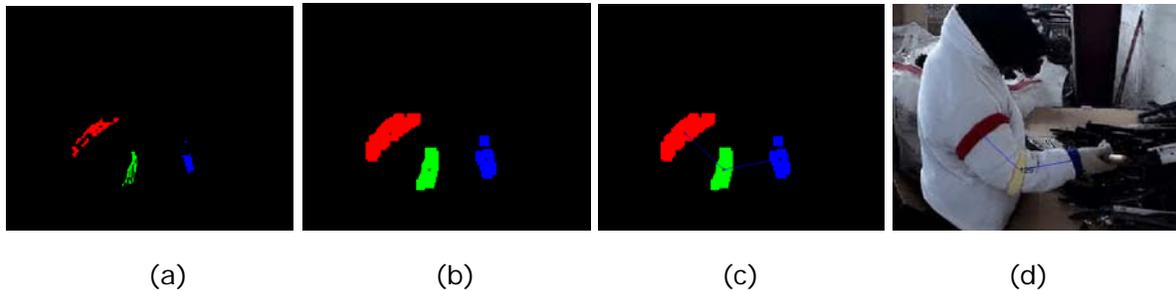


Figura 23. Secuencia de procesos para obtener el ángulo del brazo.

## CONCLUSIONES

### \* MÉTODO LEST.

En lo referente a la dimensión de la carga física, el 60% de las estaciones de trabajo estudiadas mostraron una calificación de 5.5 o mayor lo que indica molestias medias en el operador y riesgo latente de fatiga esto se dio principalmente por la carga estática que se presenta en algunas estaciones de trabajo, se recomienda poner en las estaciones de trabajo tapetes antifatiga, y/o descansa pies integrados en las estaciones de trabajo con el fin de evitar carga estática en los operadores.

El 90 % de las operaciones muestran nocividad en lo referente al entorno físico, esto debido principalmente al ambiente térmico, la temperatura al momento de realizar el estudio fue de 4°C con 39% de humedad relativa, como promedio en todas las estaciones, la empresa esta en un proceso de cerrar la nave industrial pero al momento de realizar el estudio aun no estaba completamente cerrada, por lo cual se puede decir que los operadores trabajaban a temperatura ambiente, también es importante considerar que no hay iluminación artificial, aunque se cuenta con algunos tragaluces ubicados a unos 6 metros por encima del piso y con un área aproximada de 1 metro de ancho por 2 metros de largo en la parte superior

de donde están ubicadas las estaciones de trabajo en un área total del techo de 1000 mts<sup>2</sup>, se considera que al cerrar por completo la nave industrial se disminuirá considerablemente este problema.

Solamente las operaciones de trabajo relacionadas con los molinos presentan molestias medias y riesgo de fatiga en la dimensión de carga mental, se considera que esto es debido principalmente al riesgo de accidente que puede existir si el operador en determinado momento se distrae de su trabajo. La operación de cepillo muestra una situación satisfactoria mientras que todas las demás débiles molestias, ya que son trabajos repetitivos, además de que los operadores tienen que poner cierta atención al realizar su operación para evitar problemas de calidad en el producto final y/o accidentes (complejidad).

En el aspecto psicosocial, todas las estaciones de trabajo muestran una calificación entre 5.17 y 6.33 lo que nos lleva a concluir molestias medias; esta calificación se debe principalmente al factor llamado "status social" que se refiere al nivel de formación requerido para el puesto y al entrenamiento necesario para el trabajo; en lo referente al aspecto educativo no se les exige ni siquiera primaria terminada a los operadores, la mayoría no sabe leer o escribir, la empresa tiene un programa de educación para adultos los sábados en la mañana con el que intenta incrementar el nivel de vida del operador, se recomienda que se incluya como incentivo para el operador para continuar o pertenecer a este programa el juntarlo con un programa de bonos por aprovechamiento. El entrenamiento se les da a los nuevos operadores realizando el trabajo que se les asigno desde el primer día, con la supervisión de una operador(a) con mayor experiencia y tiene una duración promedio de una semana.

La dimensión de tiempo de trabajo presenta una situación satisfactoria en todos los puestos de trabajo.

#### \* MÉTODO RULA.

La limpieza de molino obtuvo un nivel de 4 en la parte derecha del cuerpo, en base a las siguientes operaciones que realiza el operador en esta actividad:

- La fuerza que realiza el operador al levantar el molino.
- La desviación de la muñeca para quitar los tornillos en la parte inicial de la operación, (fig. 23) así como el levantamiento del hombro, para esta parte se recomienda a la empresa el modificar la herramienta que utiliza el operador adaptando una llave de mango mas largo y con ratchet para evitar la desviación excesiva de la muñeca y la posición no neutral del hombro.



Figura 24. Tarea en la operación de limpieza de horno.

- Otra tarea involucrada puede ser la posición que el operador adopta cuando tiene que sacar el scrap del contenedor para poder reiniciar el molino. Se recomienda en este caso una herramienta que le permita sacar el desecho del molino sin adoptar esta posición, una especie de cucharones largos, pinzas con los que pueda sacar el scrap.



Figura 25. Posición de la espalda en tarea de la operación de limpieza de horno.

En el área de selección de bolsa se obtuvo un nivel de 3 tanto en el lado derecho como en el izquierdo esto debido a ciertas posiciones de la operadora al momento de realizar su trabajo como se muestra en el conjunto de fotografías en la figura 26.

Se recomienda rediseñar la estación de trabajo para que esté mas de acuerdo con Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAC)

las mediciones antropométricas de la operadora así como para que evite posiciones que a la larga le pueden provocar lesiones, en específico se debe bajar la altura de la mesa en donde realiza la selección así como poner en otra posición (mas alta) las bolsas donde coloca el producto una vez seleccionada.



Figura 26. Tareas realizadas durante la selección de bolsa.

En la selección y colocación de tablillas se obtuvo un nivel de 3 en las dos zonas del cuerpo (derecha e izquierda), la caja donde recoge el material a seleccionar y posteriormente a colocar en la tarima se encuentra a nivel del suelo (Figura 27), y al empezar la colocación de las tarimas en la tablilla también tiene que adoptar una posición similar a la mostrada en la figura se propone a la empresa posicionar la materia prima en una posición mas adecuada para evitar que la operadora se agache y en lo referente a la tarima un mecanismo que suba o baja según el peso que se le vaya colocando a la tarima.



Figura 27. Posición adoptada por operadora en la selección y colocación de tablillas.

En las dos estaciones en donde se utilizan cepillos para eliminar las etiquetas de rieles de plástico el nivel obtenido en el lado derecho fue de 3 ya que con la mano derecha se posiciona el riel en el cepillo al realizar la operación sometiendo la muñeca a una desviación radial, se recomienda un análisis mas profundo de la estación de trabajo para realizar un rediseño de la misma que permita eliminar estas posiciones de la muñeca.

Al realizar el molido de mangueras el operador tiene que proveerse de ellas de un pallet o una caja que se encuentra a nivel del suelo, además de desviar la muñeca derecha al momento de alimentar el molino por lo cual el operador recibe un nivel 3 en el análisis, se recomienda un mecanismo que suba o baje según el peso del pallet lo cual evitaría que el operador se agachara tanto.



Figura 28. Posiciones adoptadas durante el molido de mangueras.

Por ultimo en la estación de la sierra el operador también se encuentra con el problema de tener que obtener el material a limpiar de cajas a nivel del suelo, además de adoptar posiciones de flexión y desviación tanto radial como ulnar de la muñeca, por lo que obtiene un nivel de 3 en las dos zonas del cuerpo, se considera importante entrenar a los operadores en los riesgos de adoptar posiciones fuera de las neutrales con el fin de que tengan cuidado de no realizar estas posiciones al realizar su trabajo, también se recomienda rediseñar el sistema de obtención del plástico a limpiar.

Los resultados obtenidos con el software de procesamiento de imágenes permite conocer con toda precisión los ángulos a que esta expuesto el operador al realizar la tarea con su brazo derecho, y también, el tiempo que mantiene esos ángulos, lo cual se extrapola a la duración de la jornada; con esto se sabe con exactitud el tiempo que el operador esta expuesto a posiciones que le pueden ocasionar una lesión músculo esquelética.

## REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 175: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: El método L.E.S.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.  
<http://www.mtas.es/insht/psier/metodos.htm>
2. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 451: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: métodos generales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.  
<http://www.mtas.es/insht/psier/metodos.htm>
3. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 601: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.  
<http://www.mtas.es/insht/psier/metodos.htm>
4. Mondelo, Pedro R., Gregori, Enrique., Blasco, Joan & Barrau, Pedro. (2001). Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo. Alfaomega. México, D.F. I.S.B.N. 970-15-0298-1
5. Cornell University Ergonomics Web. (2007). REBA Worksheet. Cornell University.  
<http://ergo.human.cornell.edu/ahREBA.html>
6. Cornell University Ergonomics Web. (2007) RULA Worksheet. Cornell University.  
<http://ergo.human.cornell.edu/ahRULA.html>
7. McAtamney, L. & Corlett, E.N. (2004) Rapid Upper Limb Assessment (RULA) In Stanton, N. et al. (eds.) Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, Chapter 7, Boca Raton, FL, pp. 7:1 - 7:11
8. Mondelo, Pedro R., Gregori, Enrique & Barrau Pedro. (2000). Ergonomía 1: Fundamentos. Alfaomega. México, D.F. I.S.B.N. 970-15-0295-7

9. Dalmau, Ines & Nogareda, Silvia. (2004). Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. <http://www.elergonomista.com/artergonomiacond.htm>
10. APREPET, A.C. (2007). Reciclado. <http://www.aprepet.org.mx/index2.htm>
11. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (2007). Estimación para las condiciones de riesgo Ergonómico. Ergo UAM. <http://alebrije.uam.mx/ergonomia/ergouam/job3.htm>
12. Hignett, S. and McAtamney, L. (2000) Rapid Entire Body Assessment: REBA, *Applied Ergonomics*, 31, 201-5.
13. Wilson, Andrew. (2002). Effective Management of Musculoskeletal Injury: A clinical Ergonomics Approach to Prevention, Treatment and Rehabilitation. Harcourt Publishers Limited. London, England. I.S.B.N. 0 443 06353 2
14. Phillips, Chandler. (2000). Human Factors Engineering. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. I.S.B.N. 0-471-24089-3
15. Universidad Politecnica de Valencia. (2007). RULA en línea. La ergonomía on – line. Ergonautas.com. [http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/RULA\\_online.php](http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/RULA_online.php)
16. Gonzalez R.C., Woods R.E. (2002) Digital Image Processing. Prentice Hall. New Jersey, USA. I.S.B.N. 0-201-18075-8
17. Davis E.R. (2005). Machine Vision, theory, algorithms, practicalities. Elsevier. San Francisco CA, USA. I.S.B.N. 0-12-206093-8