

DETERMINAR EL GRADO DE FRUSTRACION EN FUNCION DE LAS ETAPAS DE UN ENSAMBLE

DETERMINE THE DEGREE OF FRUSTRATION DEPENDING ON THE STAGES OF AN ASSEMBLY

¹Portillo Méndez Selene, ²De La Riva Rodríguez Jorge, ³García Acosta Ana Isela, Reyes Martínez Rosa María

¹Licenciatura en Admiración de Empresas, Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, M20112720@itcj.edu.mx, 6566882523, Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, 32500 Cd Juárez, Chihuahua

² Doctorado en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. jriva@itcj.edu.mx, 6566882523, Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, 32500 Cd Juárez, Chihuahua

³ Doctorado en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, agarcia@itcj.edu.mx, 6566882523, Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, 32500 Cd Juárez, Chihuahua

⁴ Doctorado en Ciencias de la salud, Universidad de Guadalajara, Rosyreyes2001@yahoo.com.mx, 3331342297, Sierra Mojada 950, colonia Independencia, 44340, Guadalajara Jalisco, México

Resumen – Se realizó un experimento para verificar si existe una variación en la frustración conforme va avanzando el producto en las diferentes estaciones de ensamble. Se presentan los resultados obtenidos de la investigación desarrollada en el Instituto Tecnológico de ciudad Juárez en el laboratorio de ergonomía. El producto consistió en un ensamble de legos, el cual se dividió en cuatro estaciones de trabajo. Se utilizó un diseño factorial completo de dos factores para llevar a cabo el experimento de 4 operadores, registrando su tiempo de ejecución y mediante el cuestionario NASA TLX en su versión digital se determinó el grado de frustración. Mismos que al ser realizar un análisis estadístico con una prueba de ANOVA, nos permitieron concluir que no existe diferencia en la frustración de un operador que este directamente relacionada con la etapa del ensamble que éste desempeñe, aunque si se encontró debido a la carga de trabajo.

Palabras Clave: Balanceo de Línea de ensamble, Frustración, Motivación, optimización.

Abstract – An experiment was carried out to verify in an assembly line, how it affects motivation or frustration, in the location of a workstation as the product progresses in it. The results obtained from the research carried out by the Technological Institute of Ciudad Juárez developed in the ergonomics laboratory are presented. The product consisted of a set of Legos, which was divided into four workstations. A total factorial design was used to carry out the experiment of 4 operators, recording their execution time and using the NASA TLX questionnaire in its digital version, the degree of frustration were measured.

Same as being analyzed and performing a statistical analysis with an Anova test, allowed us to conclude that there is no difference in motivation or frustration in an operator that is directly related to the stage of the group that he performs.

Key words – Assembly Line Balancing, Frustration, Motivation, Optimization

INTRODUCCIÓN

Conforme pasa el tiempo, las compañías continúan modificando la manera de producir, de tal forma que se han visto cambios muy marcados en los sistemas de producción. La meta principal es optimizar, es decir, maximizar las salidas del proceso con los recursos disponibles para minimizar los costos [1].

Tanaka en el 2005, menciona 7 métodos de producción, los cuales fueron basados en la filosofía Toyota, mismos que se han utilizado para poder cubrir las necesidades de los clientes, los cuales son: un trabajador-una máquina; es decir un solo operador hace todas las operaciones, dos trabajadores; se designan dos operadores a una estación de trabajo, método de carro en movimiento; en el cual los trabajadores lo van jalando y de esta forma van transportando los materiales y las herramientas de trabajo para completar el ensamble y otros métodos que involucran un número de estaciones de trabajo; como lo es un Rotary, una línea de ensamble y células de manufactura o división de células [2].

A pesar de los avances en la automatización, las líneas de producción continúan en gran medida siendo manuales, estas están distribuidas como su nombre lo dice "en línea" orientadas en una forma serial, las piezas de ensamble van fluyendo a lo largo de la línea por algún método de transporte y las tareas son repartidas a través de esta.

Además, el desempeño de los trabajadores se ve influenciado por varios factores como el medio ambiente de trabajo, la motivación y el estrés o frustración de estos [3].

Algunos de las fallas que han presentado con la llegada de los avances tecnológicos podrían ser el que se buscaba adaptar al hombre a la estación de trabajo, en cuanto a distancia, altura, posición, etc., ahora, gracias a la ergonomía, se busca adaptar el diseño del trabajo al

hombre, respetando sus habilidades, aptitudes, y limitaciones físicas, por lo que un puesto de trabajo bien diseñado hará más fácil la operación, lo que dará como resultado el incremento de la eficiencia, la seguridad, comodidad y productividad [4].

Cabe resaltar que la frustración no solo se puede dar como resultado de la pérdida de la motivación, sino hay que contemplar que cada actividad realizada por un operador, de forma natural, va a implicar cierta demanda física, que se traduce en el esfuerzo que utiliza para realizar movimientos tales como alcanzar, mover, sostener o manipular algún material; así mismo va a requerir de cierta demanda mental, la que le permite concentrarse para realizar dicha actividad; también va a estar presente cierta demanda temporal, es decir la presión que siente el operador al realizar su trabajo, o mantener cierto nivel de desempeño, que va a dar como resultado el grado de satisfacción que siente el operador con respecto a su propio rendimiento o esfuerzo. Por último, el operador puede sentir frustración al momento de emprender una actividad nueva por no sentirse capaz, hasta que completa su curva de aprendizaje, o incluso puede llegar a sentirla por otros factores [5].

Nagamachi, Mitsuo. (2002). menciona otros puntos que se deben considerar cuando hablamos de motivación y frustración en los operadores, el primero de ellos sugiere que la monotonía y las actividades repetitivas provocan la caída de la motivación y por ende se dé la fatiga, también pasa cuando el operador lleva horas extenuantes realizando la misma actividad. Por el contrario, cuando las tareas son más complejas, la motivación y satisfacción se mantienen mejor.

De la misma manera sucede cuando la ergonomía está presente en el diseño del trabajo, la oportunidad de la toma de decisiones y el sentimiento de autorrealización tienen el mismo efecto en la motivación y satisfacción del operador [6].

Hoy en día las empresas le dan prioridad a la administración de sus recursos humanos para alcanzar sus propias metas y objetivos, así como para tener ventajas ante sus competidores, por lo que es de vital importancia llegar a conocer lo que afecta los niveles de motivación y/o frustración en los operadores a lo largo del proceso de producción, permitiendo así encontrar la clave para que éste se mantenga con una actitud positiva y que realice su trabajo en una forma más eficiente y efectiva dando como resultado una mayor productividad en las empresas. En resumen, el conjunto de talentos de los empleados proporcionan la base para el desarrollo y las inversiones en capital humano pueden resultar en una ventaja de productividad necesaria para tener éxito en sus mercados de referencia. [7].

Por lo general una línea se balancea de acuerdo con un tiempo de ciclo, los operadores ensamblan una porción del producto, sin conocer cuál es la importancia que tiene su trabajo en el producto final. Se parte de la premisa que

el trabajo es menos frustrante, conforme avanza la terminación de éste [8].

Para poder medir la frustración de un operador se ha empleado el cuestionario NASA TLX, el cual fue creado en la década de 1980, y ha funcionado como una herramienta para la evaluación subjetiva de la carga de trabajo; en sus inicios fueron utilizados los cuestionarios en lápiz y papel para realizar evaluaciones de los puntajes de carga de trabajo sobre demandas mentales, físicas, y temporales, rendimiento propio, esfuerzo y frustración. Hoy en día esta herramienta se encuentra disponible en su versión digital y puede ser utilizada incluso en dispositivos móviles [9].

El objetivo de realizar este estudio era observar cómo se ve afectada la motivación o frustración con respecto a las diferentes etapas de ensamble de una línea de producción conforme va avanzando un producto en esta.

DESARROLLO

Metodología

Preparación del estudio:

Selección de la Operación Para Estudiar: Se seleccionó el ensamble de una lancha mediante legos, que contiene 122 piezas por la facilidad de fraccionar el producto en cuatro estaciones de ensamble.

Diseño del Método de Trabajo:

El diseño del método de trabajo fue mediante el desarrollo de los diagramas bimanuales para seccionar el producto, con la finalidad de balancear las estaciones.

Determinación del Tiempo Estándar:

El tiempo estándar se determinó con una de las técnicas existentes, se utilizó el método de Cronometrado, ya que es práctico, fácil de utilizar y brinda lecturas confiables, se seccionó el producto al menos en cuatro partes consecutivas.

Se diseña la estación de Trabajo:

Se construyen cuatro estaciones de trabajo, las cuales cada una de ellas contó con las condiciones ergonómicas y ambientales adecuadas para la elaboración del producto en sus cuatro fases. Se procedió a la realización de las ayudas visuales.

Se selecciona a la persona indicada para el experimento:

Las personas adecuadas para el experimento fueron aquellas físicas y mentalmente saludables, con plena capacidad motora, con rango de edad de 18 a 25 años. De complejión regular y de sexo indistinto. Se entrenan hasta alcanzar el tiempo estándar.

Desarrollo de la Investigación

Diseño del Experimento:

Se diseñó el experimento aleatorio con un Diseño Factorial General de dos factores; factor A: la personas que realizarían el experimento, el factor B: Porcentaje de ensamble del producto y dos replicas. Se hizo la asignación de cada ensamble en las estaciones de trabajo de manera aleatoria dando como resultado 32 unidades experimentales.

En la Tabla 1 se muestra una fracción el diseño del experimento, la combinación de Personas respecto a estación y corrida, en el orden que nos dio dicho programa.

Tabla 1. Diseño del experimento.

Corrida	Persona	Estación	Dia
1	1	2	1er.martes 10:00am
2	4	3	2do.martes 12:00 pm
3	3	1	1er.jueves 10:00 am
4	2	1	2do.jueves 12:00 pm
5	2	3	3er.martes 10:00am

Realización del Experimento:

El mismo operario realizó las cuatro operaciones del ensamble del producto, de acuerdo con el diseño de experimento. Cada una de las estaciones la integro un número de partes hasta completar el producto final. (no se entiende explicarlo más detallado) El nivel de ensamble del producto fue 25%, 50%, 75% y 100% respectivamente.

El registro se llevó a cabo en el formato mostrado en la Figura 1.

Toma de tiempos por corrida			
Corrida:			
Persona:			
Estación:			
Fecha:			
Tiempo Real:			
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
	Frustración	, ,	
	FA		

Figura 1. Formato para registro de tiempos

Aplicación del Cuestionario:

El cuestionario NASA, en su versión digital, se utilizó para medir la carga mental en el trabajo, se aplicó al final de cada corrida y en las 4 diferentes etapas de ensamble del producto. En la figura 2, se observan los datos arrojados por el sistema en la pantalla de teléfono móvil.



Figura 2. Resultados de Cuestionario #2 de la investigación

El cuestionario Nasa TLX, el cual pertenece a las técnicas de evaluación subjetiva, fue diseñado por Hart & Staveland (1988), en él se evalúan diferentes aspectos como la demanda mental, física, temporal, desempeño, esfuerzo y frustración del operador al realizar su trabajo, [10].

En la Tabla 2 se especifica que mide cada rubro del cuestionario:

Tabla 2. Aspectos que mide el Cuestionario NASA TLX

DIMENSIÓN	DEFINICIÓN
Exigencias Mentales (M)	Cantidad de Actividad mental y perceptiva que requiere la tarea
Exigencias Físicas (F)	Cantidad de Actividad física que requiere la tarea
Exigencias Temporales (T)	Nivel de presión temporal percibida
Rendimiento (R)	Grado de Satisfacción con el propio nivel de rendimiento
Esfuerzo (E)	Grado de Esfuerzo mental y físico que debe realizar para obtener su nivel de rendimiento
Nivel de Frustración (Fr)	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc., sentido durante la realización de la tarea

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 3, se muestra una sección de los datos obtenidos del experimento que consiste en medir el valor de frustración mediante el método Nasa TLX.

Tabla 3. Sección de los Datos del Experimento con el Método Nasa TLX

Persona	Estación	Tiempo	WR
			Frustración
3	1	1.34	27.33
3	1	1.21	22.67
4	2	0.87	37.33
4	2	0.63	36.00
4	3	1.26	43.33
5	1	1.11	39.33
5	2	0.90	38.22
5	2	0.65	43.55

4	8	33.3325	A	B
1	8	32.0837		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se realizó una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) en donde se prueban las siguientes hipótesis. En la primera hipótesis H_0 se prueba que todas las medias de las personas con respecto a su WR Frustración son iguales y en la hipótesis alternativa que por lo menos una de las medias es diferente. Los resultados del análisis de varianza arrojan, que el p value es de 0.016 y 0.033 para las persona y estación respectivamente. Siendo mayor que el $\alpha = 0.05$, queda demostrado que si hay un efecto de las personas y las estaciones en el experimento. Además, no existe interacción entre las personas y la WR Frustración. y que la persona 3 es diferente a todas las demás. Ver la Figura 3.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Persona	3	998.3	332.77	4.66	0.016
Estación	3	803.5	267.84	3.75	0.033
Persona*Estación	9	308.0	34.22	0.48	0.868
Error	16	1143.3	71.46		
Total	31	3253.1			

Figura 3. Análisis de Varianza con respecto a la WR Frustración

Posteriormente, se realizó la prueba de normalidad con respecto a la WR Frustración y se observó que los datos son normales, debido a que el p value es de 0.668 mayor $\alpha = 0.05$, como se observa en la Figura 4.

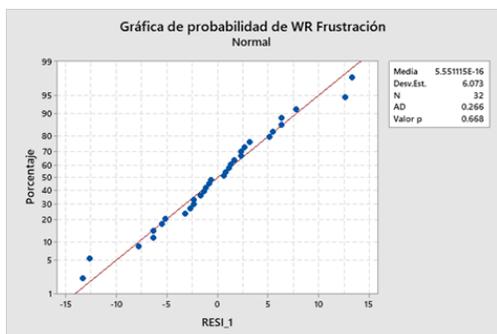


Figura 4. Normalidad de WR Frustración.

Para analizar las diferencias y ver en que estación existió mayor frustración se realizó una prueba de Tukey. Dónde las estaciones 2, 3 y 4 son iguales. Las estaciones 1, 2 y 4 son iguales.

El promedio de WR Frustración de la estación 3 es diferente de las demás y a la vez el más alto, por el número de piezas que se ensamblaron en esa estación fueron mayores que las demás, esto se hizo intencionalmente para probar que efecto tenía en la carga de trabajo por estación. Ver figura 5 y 6.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Estación	N	Media	Agrupación
3	8	44.6237	A
2	8	34.0962	A B

Figura 5. Análisis de Varianza con respecto a la WR Frustración.

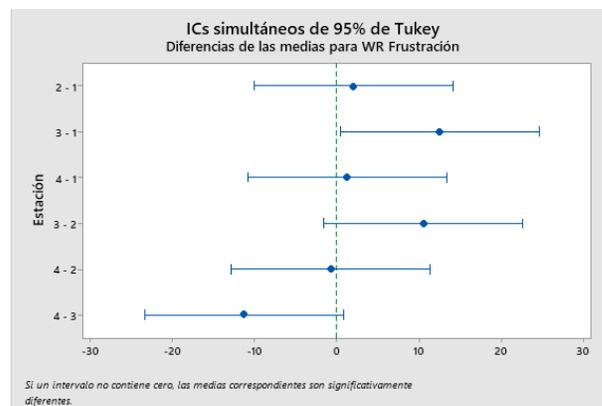


Figura 6. Diferencias de las Medias para WR Frustración.

Se realizó, un segundo análisis de varianza ANOVA, para verificar si existe diferencia entre el tiempo de cada estación.

Se encontró, que las personas y las estaciones son significativamente diferentes, ya que sus valores de p son mayores a $\alpha = 0.05$. No existiendo interacción entre las personas y estaciones. Ver Figura 7.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Persona	3	0.8503	0.28343	6.02	0.006
Estación	3	0.5719	0.19062	4.05	0.026
Persona*Estación	9	0.4821	0.05357	1.14	0.393
Error	16	0.7532	0.04707		
Total	31	2.6574			

Figura 7. Análisis de Varianza con respecto al Tiempo

Posteriormente, se realizó la prueba de normalidad con respecto al tiempo y se observó que los datos son normales, debido a que el p value es de 0.103 mayor $\alpha = 0.05$, como se observa en la Figura 8.

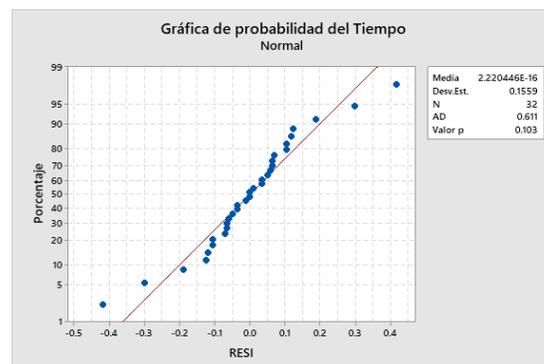


Figura 8. Normalidad del Tiempo.

Con una confianza del 95% utilizando la comparación estadística de Tukey por tiempos, podemos concluir que la estación número 1, 3 y 4 son iguales. Las estaciones 1, 2 y 4 son iguales. Sin embargo, la estación 3 es diferente de las demás. Ver figura 9.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Estación N	Media	Agrupación
3	8 1.32125	A
4	8 1.08000	A B
1	8 1.01375	A B
2	8 0.97875	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 9. Comparación del Tiempo.

CONCLUSIONES

Con las pruebas realizadas y los datos obtenidos, se pudo llegar a la conclusión que no importa la estación de ensamble que un operador ejecute, el nivel de frustración no se verá afectado por este motivo. Además, en este estudio se demostró que la estación 3, que tuvo el mayor tiempo de ensamble tuvo un mayor nivel de frustración. Por lo que se concluye que lo que más afecta en una línea de ensamble no es la ubicación de la estación en línea, sino la cantidad de trabajo asignada a cada estación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos enormemente a los directivos del departamento de Investigación y de posgrado por su apoyo para la realización de esta investigación facilitando las instalaciones del laboratorio de ergonomía y a cada uno de los estudiantes que participaron en el desarrollo de esta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Boysen, Schulze & Scholl (2022), Assembly line balancing: What happened in the last fifteen years? European Journal of Operational Research, Volume 301, Issue 3, pp 797-814. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.11.043>.
- [2] Kaku, Murase & Yin. (2008), A study on human-task-related performances in converting conveyor assembly line to cellular manufacturing. European Journal of industrial Engineering, Vol. 2 No.1, pp 17-34 <https://doi.org/10.1504/EJIE.2008.016327>
- [3] Boysen, Fliedner & Scholl (2008), Assembly line balancing: Which model to use when? International Journal of Production Economics, Volume 111, Issue 2, pp 509-528 <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.026>.
- [4] Cuyubamba, J. (2014). Ergonomía y productividad, p 48. volumen 2, journal Industrial Data <https://doi.org/10.15381/idata.v2i1.6474>.
- [5] NASA TLX Task Load Index, Recuperado de; <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/tlxapp.php>
- [6] Nagamachi, Mitsuo, (2002), Relationships among job design, macroergonomics and productivity, Macroergonomics: Theory, Methods, and

Applications pp111-131. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329544026_Relationships_among_job_design_macroergonomics_and_productivity/citation/download

- [7] Simancas R., Silvera A., Garcés L. & Gaspar H., (2018) Administración de recursos humanos: factor estratégico de productividad empresarial en pymes de Barranquilla, Revista Venezolana de Gerencia, vol. 23, núm. 82, pp. 377-391, 2018, Universidad del Zulia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/290/29056115008/html/>
- [8] De la Riva, J. (2018). Diseño del trabajo. Tecnológico nacional de México/ Instituto tecnológico de Cd. Juárez. Ciudad Juárez, capítulo 12, México.
- [9] Sharek, D. (2011). A Usable, Online NASA-TLX Tool. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 55(1), 1375–1379. <https://doi.org/10.1177/1071181311551286>
- [10] Arana, N. (2020). Determinación y programación de Pausas en el manejo de la carga mental para procesos de producción sustentables. (Tesis de Doctorado, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Administración del proyecto	Dr. Jorge De La Riva Lic. Selene Portillo
Conceptualización	Dr. Jorge de La Riva Lic. Selene Portillo
Curación de datos	Dra. Ana Isela Acosta García Dr. Jorge de La Riva
Redacción	Lic. Selene Portillo Dr. Jorge De La Riva Dra. Ana Isela Acosta García Dra. Rosa María Reyes



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.