

EVALUACIÓN ERGONOMICA DE NUEVAS ESTACIONES DE TRABAJO PARA PREVENIR EVENTOS RELACIONADOS UN MAL DISEÑO

ERGONOMIC EVALUATION OF NEW WORKSTATIONS TO PREVENT EVENTS RELATED TO BAD DESIGN

Christian Nicolas Olivas González ¹, Luz Elena Tarango Hernández ², Diego Adiel Sandoval Chávez ³, Francisco Zorrilla Briones⁴

¹Ingeniero Industrial. Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Estudiante de la maestría en ingeniería Administrativa, Christian.olivas.gonzalez@gmail.com, 6565318299, CP 32546. ²Maestro en Ciencias en Ingeniería Administrativa, ltarango@itcj.edu.mx, ³Doctorado en Investigación, dsandoval@itcj.edu.mx, ⁴Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial, fzorrilla@itcj.edu.mx. ^{2,3,4} Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Ciudad Juárez, división de Estudios de Posgrado e Investigación.

Resumen. La prevención de trastornos musculoesqueléticos en los últimos años ha jugado rol importante en el sector salud como en el sector manufacturero, por lo cual la presente investigación aborda un estudio ergonómico en una planta de vehículos recreativos ubicada en Ciudad Juárez Chihuahua México. La evaluación ergonómica se realizó en el área de subensamble de dirección, y se llevo a cabo por medio de la metodología RULA, para el desarrollo del modelo estadístico se utilizó una comparación de medias para identificar si existe una diferencia significativa en la evaluación de las estaciones de trabajo.

Palabras Clave: *Diseño Ergonómico, Evaluación Ergonómica, Nivel de Riesgo.*

Abstract. The prevention of musculoskeletal disorders in recent years has played an important role in the health sector as well as in the manufacturing sector, for which the present investigation addresses an ergonomic study in a recreational vehicle plant located in Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico. The ergonomic evaluation was made in the area of the steering subassembly, and it was performed by the RULA methodology. For the development of the statistical model, a comparison of means was used to identify if there is a significant difference in the evaluation of the workstations.

Key words –Ergonomic Design, Ergonomic Evaluation, Risk Level.

INTRODUCCIÓN

Los avances en cuestión de adaptación en el entorno de trabajo en los últimos años a tenido un fuerte impacto directamente en la productividad de las grandes multinacionales como en empresas locales, permitiendo incrementar los márgenes de ganancia y reducir las primas del seguro social, por lo cual cada vez más empresas empiezan a utilizar una herramienta de diagnostico que permita identificar riesgos de una lesión con la finalidad de poder prevenirlas, desde la entrada en vigor de la NOM-36-STPS-2018 [1], se han

implementado programas de capacitación como de ejecución a nivel nacional con el fin de cumplir con los lineamientos establecidos en esta primera parte de la norma. Si bien esta primera parte solo aborda temas relacionados a cargas, permite deducir que al menos todos los centros de trabajo deberán tener al menos un análisis en relación con la adecuación y diseño del entorno de trabajo.

Los trastornos musculo esqueléticos (TME) son lesiones que afectan a ligamentos o discos intervertebrales además de músculos y tendones respectivamente. [2] [3] Estos se pueden originar por pequeñas lesiones que al principio son imperceptibles, pero al paso de tiempo empiezan a generar una lesión que puede convertirse en crónica si no es tratada de manera adecuada. Los TME comprenden más de 150 trastornos que afectan el sistema locomotor de acuerdo a la organización mundial de la salud, se estima que alrededor de 1710 millones de personas hasta el 2021 padecían algún trastorno musculo esquelético, de acuerdo a la OMS los trastornos musculo esqueléticos son la principal causa de discapacidad en todo el mundo, y el dolor lumbar se sobrepone como el TME con un índice de mayor discapacidad dentro de 160 países. Otro dato importante de acuerdo con la OMS los trastornos musculo esqueléticos son también los que mas contribuyen a los años vividos con discapacidad (AVD) ya que representan alrededor de 149 millones de AVD, lo que equivale a un 17% a nivel mundial. [4]

En la actualidad existen diferentes metodologías de carácter ergonómico que facilitan la identificación del nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el empleado, lo cual permite prevenir algún posible trastorno musculo esquelético relacionado al puesto de trabajo.

Antecedentes.

El presente artículo se realizó en una empresa de producto recreacional, que cuenta con sitios de manufactura en varios países, entre ellos; Canadá, Estados Unidos, Finlandia, México. El presente articulo está enfocado en un sitio de manufactura en Ciudad Juárez Chihuahua México, en el área de ensamble de vehículos motorizados, en los subensambles que se

utilizan estaciones de trabajo para realizar las operaciones del producto final.

A medida que el negocio ha evolucionado, se han descuidado de manera significativa la actualización de los equipos donde se llevan a cabo las operaciones por parte de los empleados (estaciones de trabajo), existen estaciones que tienen más de diez años sin ser actualizadas, por lo cual incrementa el riesgo de generar un TME.

El área donde se llevará el rediseño de las estaciones es el área del manubrio del vehículo de cuatro ruedas (ATV) el área consta de cinco estaciones de trabajo, en la cual son operadas por una persona cada una, en esta área se realiza el subensamble del manubrio como la barra estabilizadora del vehículo como a su vez todo el sistema de dirección.

Descripción del Problema.

El área de ensamble del vehículo recreativo ATV actualmente cuenta con estaciones de trabajo diseñadas hace quince años, lo cual carecen de actualizaciones que ayuden a reducir o eliminar los riesgos de lesión en los asociados que trabajan en ellas. Se realizó una valoración rápida de los miembros superiores por el método RULA (por sus siglas en inglés Rapid Upper Limb Assessment). En la tabla 1 se muestran los niveles de riesgo obtenidos.

Tabla 1. Resultados de Evaluación RULA en estaciones Actuales.

Estación	Descripción de Operaciones Realizadas	Nivel de Riesgo
7ASD-01	Ensamble de manubrio	7
7ASD-02	Ensamble de manubrio con barra de dirección.	5
7ASD-03	Ensamble de barra estabilizadora	5
7ASD-04	Ensamble de DPS	6
7ASD-05	Ensamble de cajas multifuncionales	5

De acuerdo con el análisis inicial tabla 1 se observa que existe un nivel alto de exposición en las estaciones de trabajo, lo cual puede generar problemas musculo esqueléticos si se siguen utilizando las estaciones por un periodo prolongado.

DESARROLLO

Se desarrolló y se implementó un nuevo prototipo de estación de trabajo con la finalidad de poder comparar por medio de la metodología RULA los efectos que se tienen en cuestión de exposición de riesgo en los trabajadores.

Metodología.

Para la evaluación del nuevo prototipo de estación de trabajo se utilizó el método RULA evalúa los segmentos de la parte superior del cuerpo por lo cual abarca los hombros, brazos, cuello, tronco y piernas, el método se divide en dos grupos la porción del análisis, el grupo A hace referencias a las puntuaciones de los miembros superiores, por su parte el grupo B hace referencia para

las piernas, el tronco y el cuello. La metodología de evaluación consiste en observar la posición de los segmentos corporales, e ir puntuando en base a las posturas que se vayan efectuando, entre más alejado sea la postura de la posición natural del cuerpo el puntaje será mayor, las puntuaciones son primero calculadas por separado para el brazo, antebrazo y muñecas (grupo A) y posteriormente el grupo B que consiste en el tronco, cuello y piernas, el nivel de resultado dependerá el grado de criticidad que se tenga la evaluación, la escala abarca de 1 a 7, donde 1 y 2 representa una postura aceptable, 3 y 4 representa que se requiere una investigación profunda y se requiere un cambio, 5 y 6 de igual manera requiere una investigación profunda y se necesitan hacer cambios lo antes posible, por su parte el 7 requiere una acción inmediata de cambio ya que es una postura crítica. [5][6][7]

Para la selección y realización de la evaluación de riesgo del nuevo diseño de la estación de trabajo se elaboró de manera esquemática una serie de pasos los cuales permitieron al equipo definir el alcance en cada etapa con la finalidad de ir recabando datos e ir documentando los hallazgos, en la figura 1 se muestra la serie de pasos a realizar en el proceso de evaluación de riesgo de las estaciones de trabajo.



Figura 1. Esquemático de evaluación.

A continuación, se abordará cada una de las etapas de evaluación con el objetivo de comprender y analizar las fases de desarrollo de la evaluación.

Selección de estaciones de trabajo.

Las estaciones de trabajo se seleccionaron por medio del tiempo de utilización ya que tienen más de diez años en las cuales no se han realizado modificación alguna que ayude a reducir el nivel de riesgo del operador, si no solamente se han agregado contenido de trabajo a las estaciones actuales lo cual representa un riesgo latente a generar un trastorno musculo esquelético. En la figura 2 se muestra las condiciones iniciales de las estaciones de trabajo identificando en color amarillo los riesgos que se

encuentra el empleado a la hora de realizar su jornada laboral.

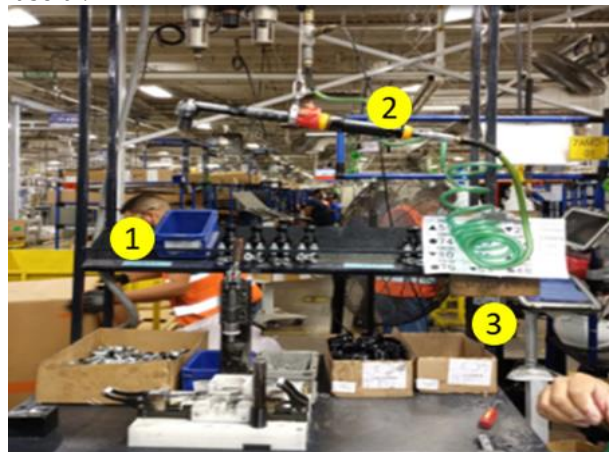


Figura 2. Condiciones Iniciales Estación de Trabajo.

De acuerdo con la figura 2 se observa que el punto uno y el punto tres el material se encuentra fuera del alcance de la persona por lo cual tendrá que extender extremidades a su máximo alcance, por su parte la herramienta (punto dos) se encuentra a una altura elevada por lo cual usuario tendrá que extender sus hombros para poder tomarla lo cual puede causar en un futuro una lesión muscular esquelética.

Contexto y Análisis de la Situación.

El área de manubrio de la cuatrimoto cuenta actualmente con cinco estaciones de trabajo las cuales elaboran cada uno de los sub ensambles del manubrio de dirección, en la figura 3 se muestra el contenido de cada estación como una imagen de referencia con el fin de entender las operaciones realizadas.

Estación	Descripción de la operación	Imagen de referencia.
7ASD-01	En esta operación se colocan los protectores del manubrio con pegamento.	
7ASD-02	En esta estación se coloca la columna de dirección con el manubrio, la unión se hace por medio de cuatro tornillos.	
7ASD-03	Se realiza el sub ensamble de pitman arm	
7ASD-04	Se coloca la caja multifuncional y se colocan tornillos.	
7ASD-05	Se realiza el sub ensamble del DPS en modelos que exclusivamente los lleve.	

Figura 3. Contenido de Trabajo de Estaciones de Manubrio ATV.

Selección de Personal a Realizar el Estudio.

El área de manubrio cuenta con cinco personas las cuales desarrollan cada una de las estaciones de trabajo, es importante mencionar que el personal de esta área ha tenido un porcentaje bajo de rotación por lo cual, ellos han sido los usuarios de las estaciones por más de un año lo cual beneficia al proceso de evaluación de la introducción de las nuevas estaciones de trabajo, en la tabla 2 se muestra el género de las personas titulares como

su edad, y años de experiencia dentro de la industria manufacturera.

Tabla 2. Datos de personal a evaluar.

Estación	Genero	Edad	Años de experiencia.
7ASD-01	Femenino	38	19
7ASD-02	Masculino	39	10
7ASD-03	Femenino	32	6
7ASD-04	Femenino	45	15
7ASD-05	Masculino.	50	20

Aplicación de Metodología RULA.

Se realizó una evaluación por medio del equipo multidisciplinario (jefes de grupo, seguridad e higiene, supervisor de producción y doctor de planta) con el fin de poder identificar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el usuario final, para esta evaluación se utilizó el programa de evaluación RULA desarrollado por la Sociedad de Ergonomistas de México A.C, los datos iniciales fueron recopilados en por medio de la base de datos, en la figura 4 se muestran el nivel de riesgo obtenido en cada una de las estaciones de trabajo, se puede apreciar que la estación con mayor riesgo es la estación 7ASD-01 obteniendo un resultado de siete como nivel de riesgo el cual para la metodología RULA se requieren acciones inmediatas con la finalidad de poder prevenir un patología postural, la siguiente estación con un nivel riesgo alto es la estación 7ASD-04 la cual arrojo un nivel de riesgo de seis el cual es alto y se requieren acciones para mitigar el riesgo, por su parte las estaciones restantes arrojaron el mismo nivel de riesgo y representando un nivel de riesgo medio alto el cual también se requieren acciones, pero no al instante. Estos primeros resultados permiten dar comienzo a una serie de acciones con el fin de contener el nivel de riesgo en las estaciones y así evitar patologías relacionadas al esfuerzo postural de cada uno de los usuarios finales de las estaciones de trabajo.

Estación	Descripción de la operación	Imagen de referencia.	Nivel de riesgo Actual
7ASD-01	En esta operación se colocan los protectores del manubrio con pegamento.		7
7ASD-02	En esta estación se coloca la columna de dirección con el manubrio, la unión se hace por medio		5
7ASD-03	Se realiza el sub ensamble de pitman arm		5
7ASD-04	Se coloca la caja multifuncional y se colocan tornillos.		6
7ASD-05	Se realiza el sub ensamble del DPS en modelos que exclusivamente los lleve.		5

Figura 4. Nivel de Riesgo por Estación de Trabajo.

Implementación de Estaciones de Trabajo.

Para la introducción del nuevo estándar de estaciones de trabajo en primera instancia se diseñó con el equipo de ingeniería mecánica el prototipo de la estación de trabajo agregando complementos de carácter ergonómico para su diseño, se convocó a diferentes departamentos de soporte como fue producción, mantenimiento, entrenamiento, seguridad industrial, el departamento medico con el objetivo de poder abordar aspectos de funcionalidad, y practicidad a la hora de utilizarla, el proceso de diseño fue realizado en un periodo de tres meses y medio teniendo reuniones periódicas con el fin de la depuración de detalles y conceptos del diseño final. [8][9][10] En la figura 5 se muestran el nuevo diseño de la estación de trabajo ya con las mejoras propuestas por el equipo multidisciplinario.

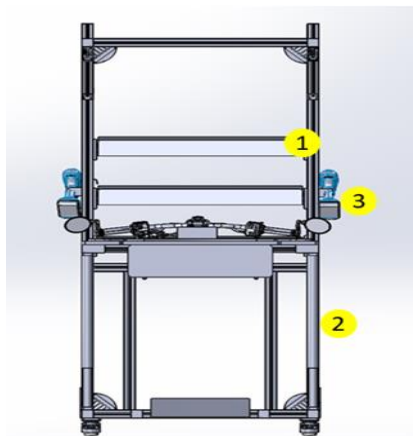


Figura 5. Principales Cambios en Nuevas Estaciones de Trabajo.

Operacionalización de las Hipótesis.

Para realizar la comparación de resultados se optó por formular la ecuación

$$NRd1 > NRd \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

NRd1: Es el nivel de riesgo actual del diseño uno.

NRd2: Es el nivel de riesgo nuevo con el diseño dos.

Para la comparación de ambos resultados se utilizarán una prueba de medias con el fin de identificar si existe la diferencia entre el nivel del riesgo de la estación inicial con respecto al nuevo concepto de estación de trabajo.

Evaluación de Riesgo Después de las Mejoras.

Una vez terminada la introducción de las estaciones de trabajo en el área de ensamble del manubrio, se continuo con la evaluación de cada una de las cinco estaciones de trabajo, esto con el fin de comparar los resultados del nuevo diseño de la estación de trabajo, el equipo multidisciplinario realizo la evaluación con las mismas características con las que se evaluó la estación inicial, en la figura 6 se muestra el nuevo nivel de riesgo para el nuevo concepto de estación de trabajo.

Estación	Descripción de la operación	Imagen de referencia.	Nivel de riesgo Actual
7ASD-01	En esta operación se colocan los protectores del manubrio con pegamento.		5
7ASD-02	En esta estación se coloca la columna de dirección con el manubrio, la unión se hace por medio		2
7ASD-03	Se realiza el sub ensamble de pitman arm		2
7ASD-04	Se coloca la caja multifuncional y se colocan tornillos.		4
7ASD-05	Se realiza el sub ensamble del DPS en modelos que exclusivamente los lleve.		3

Figura 6. Nivel de Riesgo por Estación de Trabajo con Nuevo Diseño.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de obtenidos los datos de ambas evaluaciones se realizo la prueba de medias en la cual muestra que existe diferencia significativa entre los niveles de riesgo de la primera estación respecto a la segunda. En la figura 7 se muestra la prueba realizada por medio del programa Minitab, si bien se demuestra estadísticamente que las medias son diferentes no nos permite identificar cual fue la reducción por estación de trabajo por lo cual se desarrollo un diagrama para identificar cada uno de los niveles de riesgo que se redujeron, la figura 8 muestra la comparación entre ambas evaluaciones.

Two-Sample T-Test and CI: Evaluacion Inicial, Evaluacion nuevo concepto

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Evaluacion Inicial	5	5.800	0.837	0.37
Evaluacion nuevo concepto	5	4.400	0.894	0.40

Estimation for Difference

Difference	Pooled StDev	95% CI for Difference
1.400	0.866	(0.137, 2.663)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
T-Value	2.56
DF	8
P-Value	0.034

Figura 7. Prueba de Hipótesis Diferencia de Medias.

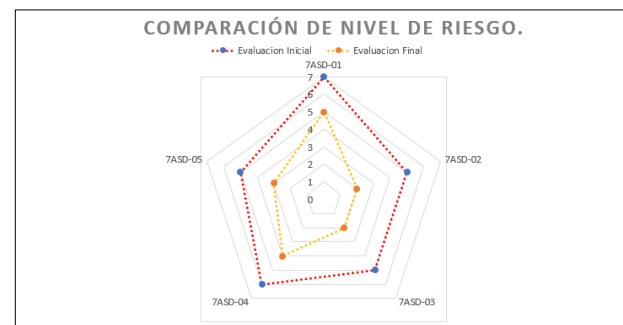


Figura 8. Comparación de Riesgo de Nivel de Riesgo.

CONCLUSIONES

Al inicio de la presente investigación se planteó la hipótesis de que, si el nuevo diseño podría reducir el nivel de riesgo que se encuentra expuesto el operador de la

estación de trabajo, mediante el análisis efectuado en esta investigación podemos deducir que el nivel de riesgo si disminuye con el nuevo diseño, pero existen oportunidades de mejora identificadas durante la validación de las estaciones de trabajo, la cuales nos permitirán incrementar el confort del usuario como la reducción del nivel de riesgo.

Como conclusión se puede resaltar que este tipo de análisis permiten adentrarse a las necesidades básicas del día a día de los usuarios de las estaciones de trabajo, con el fin de identificar las oportunidades presentadas por un diseño disergonómico el cual a la larga puede traer patologías relacionadas a cargas posturales inadecuadas las cuales traerán consigo una disminución

en el rendimiento de los usuarios como un impacto en su salud personal al final de su ciclo laboral, ocasionando molestias y trastornos musculo esqueléticos los cuales si no son tratados oportunamente disminuirán un estilo de vida adecuado.

Por su parte las industrias manufactureras les beneficia en gran medida estar en constante innovación ergonómica en sus procesos productivos, ya que primero que nada les permite tener una alta productividad e evita tener lesiones de trabajo lo cual acarrea altos gastos de las primas del seguro social como las aseguradoras de gastos médicos mayores, por lo cual con un buen análisis postural y una buena planeación del diseño se podrían garantizar el bien común del trabajador con el del empleador, manteniendo así una responsabilidad social la cual a la larga deja mayores beneficios en las futuras generaciones de empleados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018
- [2] Chávez Sergio, Salazar Mario, Peña María, Aguilera María de los Ángeles (2017), Enfermedades musculoesqueléticas por agentes ergonómicos en trabajadores afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social, México. Revista Internacional de Humanidades Medicas 6 (1), 2017, pp/1-5.
- [3] Mónica Sánchez Aguilar, Gabriela Betzabé Pérez Manríquez, Guadalupe González Díaz, Ignacio Peón Escalante. Revista Medicina y Seguridad del Trabajo 63 (246), 2017, 28-39.
- [4] Organización Mundial de la salud (2021), Trastornos musculoesqueléticos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- [5] Rodríguez Ruiz Yordan, Guevara Velasco Claudia (2011), Empleo de los métodos ERIN y RULA en la evaluación ergonómica de estaciones de trabajo. Revista Ingeniería Industrial Vol.XXXII, No 1/P.19-27.
- [6] Alberto Sánchez Lite, Manuel García García, Miguel Ángel Manzanedo del Campo, (2007). Métodos de evaluación y herramientas aplicadas al diseño y optimización ergonómica de puestos de trabajo. International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management.
- [7] Elia Reyes García, Jannet D. Salgado Guadarrama, Blanca Margarita Quintana Vilchis, Víctor Manuel Perez

Ilagor. Aplicación del método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) para determinar riesgo ergonómico en enfermeras instrumentistas de un hospital de tercer nivel. (2017)

[8]Gaudencio Antonio Benito, Eduardo Franco Austria, Mariela Lizeth Martínez Hernández. (2021). Diseño de mesas de trabajo ergonómicamente adecuadas para mujeres panaderas. Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social. (7) no 1.

[9]María del Rosario Párraga V. Importancia del diseño de la estación de trabajo y la buena postura. Revista Industrial Data (4) P. 51-53.

[10] Mario Cesar Luna Gonzaga, Iván Juan Carlos Pérez Olguin, Oscar Norberto Carrizalez, David Oliver Pérez Olguin. (2014). Diseño de estación de trabajo para operación manual. Revista Ingeniería de Procesos: Casos Prácticos.

Kian Sek Tee, Eugene Low, Hashim Saim, et al. (2017). A Study on the ergonomic assessment in the workplace. <https://doi.org/10.1063/1.5002052>

Norberto Enrique Camargo. (2013). La enseñanza de la ergonomía en México. Revista Diseño y Sociedad P 33-34.

Diana Belinda Tamez Hernández (2011). La ergonomía como herramienta aplicada para potenciar la productividad mediante condiciones seguras de trabajo. Cuadernillo de Divulgación de la investigación Volumen 3. P 35-41

Aldo Piñeda Geraldo, Guillermo Montes Paniza. (2014). Ergonomía Ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información Vol 1/ Num 2/ P. 55-78.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización.	Christian Nicolas Olivas González, Luz Elena Tarango Hernández.
Curación de datos.	Christian Nicolas Olivas González, Francisco Zorrilla Briones.
Metodología	Christian Nicolas Olivas González, Luz Elena Tarango Hernández, Diego Adiel Sandoval Chávez.
Recursos.	Christian Nicolas Olivas González.
Software	Francisco Zorrilla Briones, Christian Nicolas Olivas González.
Supervisión.	Luz Elena Tarango Hernández, Christian Nicolas Olivas González.

Validación.	Luz Elena Tarango Hernández, Christian Nicolas Olivas González.
Visualización.	Luz Elena Tarango Hernández, Christian Nicolas Olivas González, Diego Adiel Sandoval Chávez.
Redacción.	Christian Nicolas Olivas González.



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