

# Análisis predictivo de riesgo ergonómico para miembros superiores en docentes

## Predictive analysis of ergonomic risk for upper limbs in teachers

Autores: Alexander Ramírez Camargo y  
Emily Tatiana Jiménez Chibiri

Fecha de recibido: Mayo 13 2025 Fecha de aprobado: Agosto 28 de 2025

Fecha de publicación: Diciembre 26 de 2025

**Como citar este artículo:** A. Ramírez Camargo , E. Jiménez Chibiri. "Análisis predictivo de riesgo ergonómico" inventum, vol 20, no, 39, pp. 21 - 28, julio - diciembre año 2025 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.20.39.2025.21-28.

**Editorial:** Corporación Universitaria Mi-nuto de Dios - UNIMINUTO. ISSN:1909-2520 eISSN: 2590-8219

**Resumen:** El estudio analiza el nivel de riesgo ergonómico y la probabilidad de manifestar síntomas osteomusculares, en miembros superiores para empleados que desarrollan actividades repetitivas con sus miembros superiores, según metodología OCRA. Para el estudio, se contó con 300 registros relacionados con educadores que concentran características socio-demográficas similares; se recopiló datos ocupacionales detallados, como el tiempo que están asentados, el tipo de escuela y situación docente con el ánimo de contextualizar los riesgos ergonómicos en su entorno laboral. El conjunto de datos contiene respuestas relacionadas con conocimientos ergonómicos específicos, asociados al dolor de espalda y la importancia de la postura. Además, los docentes informaron la frecuencia y la gravedad de sus molestias musculoesqueléticas en diferentes partes del cuerpo, como el cuello, los hombros y la zona lumbar, mediante el Cuestionario de Malestar Musculoesquelético de Cornell (CMDQ). La información de este conjunto de datos sirvió de base para identificar problemas ergonómicos comunes que enfrentan los educadores, lo que facilita la investigación para mejorar la ergonomía en el lugar de trabajo y reducir el riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos (TME) en entornos educativos. A través de los resultados obtenidos se pudo evidenciar que, a mediano plazo, existe un incremento gradual del riesgo ergonómico siendo los más afectados aquellos empleados que laboran principalmente en actividades ofimáticas, con afectación directa en el codo y mano, con relación a su edad y experiencia laboral en menor grado.

**Palabras Clave:** análisis, ergonomía, prueba, riesgo.

**Abstract:** The study analyzes the level of ergonomic risk and the likelihood of developing musculoskeletal symptoms in the upper limbs of employees who perform repetitive upper limb activities, according to the OCRA me-

Copyright:



Doctor Alexander Ramírez Camargo, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.  
alexander.ramirez@uniminuto.edu  
Estudiante Emily Tatiana Jiménez Chiribi, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.  
emily.jimenez-c@uniminuto.edu.co

thodology. The study included 300 records related to educators with similar sociodemographic characteristics. Detailed occupational data were collected, including length of employment, type of school, and teaching status, to contextualize ergonomic risks in their work environment. The dataset contains responses related to specific ergonomic knowledge associated with back pain and the importance of posture. Additionally, teachers reported the frequency and severity of their musculoskeletal discomfort in different body parts, including the neck, shoulders, and lower back, using the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ). Information from this dataset served as a basis for identifying common ergonomic problems faced by educators, facilitating research to improve workplace ergonomics and reduce the risk of Musculoskeletal Disorders (MSDs) in educational settings. The results obtained showed that, in the medium term, there is a gradual increase in ergonomic risk, with those most affected being those employees who work primarily in office tasks with direct impact on the elbow and hand, in relation to their age and work experience to a lesser degree.

**Keywords:** analysis, ergonomics, risk, test.

#### Resumo:

O estudo analisa o nível de risco ergonômico e a probabilidade de desenvolvimento de sintomas musculoesqueléticos nos membros superiores de funcionários que realizam atividades repetitivas de membros superiores, de acordo com a metodologia OCRA. O estudo incluiu 300 prontuários de educadores com características sociodemográficas semelhantes. Dados ocupacionais detalhados foram coletados, incluindo tempo de serviço, tipo de escola e status de professor, para contextualizar os riscos ergonômicos em seus ambientes de trabalho. O conjunto de dados contém respostas relacionadas a conhecimentos ergonômicos específicos associados à dor nas costas e à importância da postura. Além disso, os professores relataram a frequência e a gravidade do desconforto musculoesquelético em diferentes partes do corpo, incluindo pescoço, ombros e região lombar, utilizando o Questionário de Desconforto Musculoesquelético de Cornell (CMDQ). As informações desse conjunto de dados serviram de base para a identificação de problemas ergonômicos comuns enfrentados por educadores, facilitando pesquisas para aprimorar a ergonomia no

local de trabalho e reduzir o risco de DORT em ambientes educacionais. Os resultados obtidos demonstraram que, a médio prazo, há um aumento gradual do risco ergonômico, sendo os mais afetados aqueles funcionários que atuam prioritariamente em tarefas de escritório com impacto direto no cotovelo e na mão, em relação à sua idade e experiência profissional em menor grau.

**Palavras chave:** análise, ergonomia, risco, teste.

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo provee información respecto a las afectaciones físicas que puede originar la falta de ergonomía en la jornada laboral de varios trabajadores en educación. El método seleccionado para la comprensión de los resultados a los movimientos repetitivos hechos en los tres turnos de la compañía es el método OCRA; el método OCRA Check List describe el riesgo del puesto de trabajo basado en el valor llamado Índice Check List OCRA. El resultado es la suma de una serie de factores (factor de recuperación, acciones técnicas, intensidad del esfuerzo, postura y factores adicionales), modificada por el multiplicador de la duración [1]. El uso de esta metodología ha sido documentado en varios estudios, asociados a riesgo musculoesqueléticos y carga física en miembros superiores. El análisis de las tareas se realiza de forma independiente en los segmentos derecho e izquierdo [2].

## II. RESULTADO DEL ANÁLISIS

A través de múltiples estudios y encuestas realizadas se establecen dos hipótesis.

**Ho:** los docentes mantienen el nivel de riesgo en miembro superior derecho al finalizar el turno de trabajo.

**Hi:** los docentes incrementan el nivel de riesgo en miembro superior derecho al finalizar el turno de trabajo.

A continuación, por medio de una prueba de normalidad Kolmogorov para miembro superior derecho (MSD), la cual consiste en comparar la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran los habituales. Si la prueba presenta una diferencia considerable, se rechazará la hipótesis nula y se evidenciará que los trabajadores presenten riesgo ergonómico (figura 1).

## A. Análisis sobre el incremento de los empleados teniendo en cuenta el principio y fin de su jornada.

La jornada laboral ordinaria alcanzas por lo menos 1583 horas al año. Estas se distribuyen en una duración máxima de 46 horas de trabajo semanales. En el caso de tener que superar este límite, el exceso se abonará como horas complementarias [4]. Por este punto tan importante es vital analizar ena detalle con ayuda de una prueba no paramétrica que logre determinar si al finalizar el turno de trabajo, los empleados incrementan o no el nivel de riesgo.

**Ho:** los empleados mantienen el nivel de riesgo en Mmiembro superior derecho al finalizar el turno de trabajo.

**Hi:** los empleados incrementan el nivel de riesgo en Mmiembro superior derecho al finalizar el turno de trabajo.

A continuación, se determinará el rango medio de dos muestras relacionadas para determinar si existe diferencia entre ellas (figura 3).

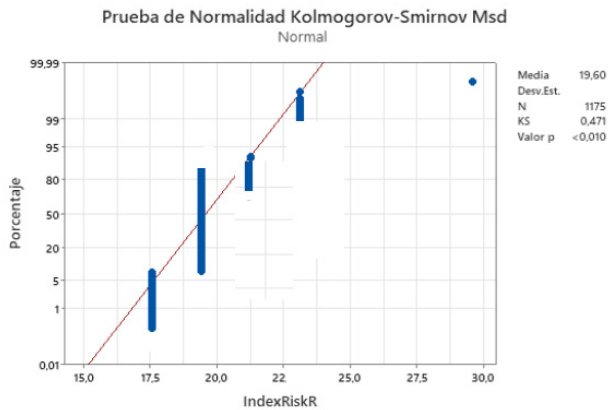


Figura. 1. Prueba de normalidad Kolmogorow-Smirnov para riesgo en MSD.

Fuente: elaboración propia.

Se procede a realizar el mismo estudio teniendo como ente principal el miembro superior izquierdo (MSI) (figura 2).

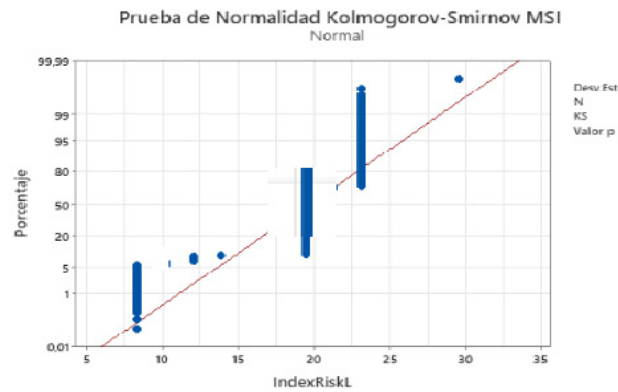


Figura. 2. Prueba de normalidad Kolmogorow-Smirnov para riesgo en MSI.

Fuente: elaboración propia.

Dado los resultados de ambas pruebas es fácil evidenciar que, en ambas situaciones, se rechaza la hipótesis nula debido a que no hay distribución normal para los datos.

Con ayuda de una prueba de Wilcoxon, la cual comprueba si los valores medios de dos grupos dependientes difieren significativamente entre sí [3], notaremos si los empleados presentan un riesgo.

### Método

$\eta$ : Mediana de diferencia RiesgoMSD

Muestra	$\eta$	mediana
DiferenciaRiesgoMSD	579	0

$H_0: \eta = 0$

$H_i: \eta > 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor P
Diferencia RiesgoMSD	135	5232.00	0.079

Figura 3. Riesgo ergonómico en MSD.

Fuente: elaboración propia.

El P valor es 0,079 y mayor que 0,05, por lo tanto, los empleados mantienen el riesgo en el miembro superior derecho al finalizar el turno.

Se procede a realizar el mismo procedimiento con el miembro superior izquierdo (figura 4).

Muestra	$\eta$	mediana
Diferencia RiesgoMSI	579	0

$H_0: \eta = 0$   
 $H_1: \eta > 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor P
Diferencia RiesgoMSI	326	24696.50	0.874

Figura. 4. Riesgo Eergonómico en MSI.

Fuente: elaboración propia.

El P valor es 0,874 y mayor que 0,05, por lo tanto, los empleados mantienen el nivel de riesgo en miembro superior izquierdo al finalizar el turno de trabajo.

### III. RIESGO PARA LOS TURNOS DE TRABAJO POR JORNADAS MAÑANA, TARDE Y NOCHE

En este tipo de jornadas académicas, normalmente se deben cumplir turnos de por lo menos 8 horas diarias, lo que implica diferentes actividades repetitivas que varían en disponibilidad, pero en todos los casos sin exceder las 8 horas diarias en promedio, en un período de 20 días [5].

Teniendo en cuenta la información anterior; en este escenario, se toma el riesgo general calculado ponderado sobre los miembros superiores izquierdo y derecho, teniendo en cuenta los turnos de trabajo que correspondieron a las jornadas: mañana, tarde y noche. Para el caso, se comparó los resultados comparando los turnos: 1) mañana-tarde, 2) tarde-noche y 3) mañana-noche como se evidencia continuación.

#### A. Análisis turno 1: mañana - tarde

Se postularon las siguientes dos hipótesis:

**Ho:** se mantiene el nivel de riesgo en entre los turnos mañana- tarde.

**Hi:** se modifica el nivel de riesgo en entre los turnos mañana- tarde.

$\eta$ : Mediana de D\_turn\_tarde

Muestra	$\eta$	mediana
D_turn_tarde	420	0,4625

$H_0: \eta = 0$   
 $H_1: \eta \neq 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor P
D_turn_tarde	270	24813,00	0.000

Figura. 5. Prueba de Signos de Wilcoxon Diferencial turno: mañana- tarde.

Fuente: elaboración propia.

El p Valor es <,001 y menor que 0,05, esto quiere decir que, se mantiene el nivel de riesgo en entre los turnos mañana- tarde.

#### B. Análisis jornadas académicas

De la misma manera se realiza el análisis para la diferencia entre los turnos tarde y noche y se postularon dos hipótesis:

**Ho:** los empleados mantienen el nivel de riesgo en entre los turnos tarde - noche.

**Hi:** los empleados modifican el nivel de riesgo en entre los turnos tarde - noche.

Método

$\eta$ : Mediana de D\_turn\_noche

Muestra	$\eta$	mediana
D_turn_noche	328	0

$H_0: \eta = 0$   
 $H_1: \eta \neq 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor P
D_turn_tarde	203	7691,50	0.001

Figura 6. Prueba de Signos de Wilcoxon Diferencial turno: tarde-noche.

Fuente: elaboración propia.

Se evidencia en el análisis que se incrementa el nivel de riesgo entre los turnos tarde- noche para los empleados.

#### C. Análisis turno 3: mañana- noche

Se presentan las dos hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** los empleados mantienen el nivel de riesgo en entre los turnos mañana - noche.

**H<sub>i</sub>:** los empleados modifican el nivel de riesgo en entre los turnos mañana

Método

$\eta$ : Mediana de D\_mañ\_noche

Muestra	$\eta$	mediana
D_turn_noche	328	0

**H<sub>0</sub>:**  $\eta = 0$

**H<sub>i</sub>:**  $\eta \neq 0$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor P
D_mañ_noche	203	13014,50	0.001

Figura 7. Prueba de Signos de Wilcoxon Diferencial turno: mañana-noche.

**Fuente:** elaboración propia.

El nivel de riesgo se hace notable (figura 7) y se incrementa, permitiendo concluir que, se modifica el nivel de riesgo entre los turnos mañana noche para los empleados.

#### IV. ANÁLISIS DE RIESGO DIFERENCIADO POR MIEMBROS SUPERIORES Y TURNOS DE TRABAJO

Para este tipo de análisis, inicialmente, se evalúa el índice de riesgo calculado para los miembros superiores izquierdo y derecho en función de los turnos de trabajo según análisis de turno,; edad,; experiencia,; miembro superior izquierdo y miembro superior derecho, entre otros.

Figura 8. Descriptores de tendencia central.

**Fuente:** elaboración propia.

La desviación estándar para el riesgo en miembro superior izquierdo se da con mayor presencia de valores atípicos, dado el incremento de la desviación estándar, igualmente, hay un leve incremento de la media y valores mínimos y máximos diferenciados con relación al riesgo en miembro superior derecho. Se observa mayor predominancia para el riesgo en miembro superior izquierdo y un promedio de riesgo de 19,75 % aunque con mayor desviación estándar con respecto al miembro derecho (19,59 %).

Con respecto a los turnos, se observa mayor identificación de riesgo para el primer turno, el cual es superior en al menos en el 20 %. Dicho patrón también es observable y en la misma proporción sobre los valores máximos en el mismo turno. Con respecto al turno 2, se conservan los promedios en similar rango para los valores mínimos y máximos, aunque los valores mínimos aumentan el menos el 10 % para miembro superior derecho. Para el caso del turno 3, se incrementan los valores máximos al menos el 10 % para el riesgo el miembro superior.

#### V. ANÁLISIS CORRELACIONAL

A continuación, se realizará un análisis correlacional con el cual se logrará entender si existe una relación entre dos o más variables (en este caso, turno de trabajo, la edad, y la experiencia con respecto al nivel de riesgo ergonómico en los miembros superiores), ayudando a determinar si una variable se mueve en función de la otra. Si hay algún tipo de correlación, ambas variables se alterarán juntas durante un periodo de tiempo [6].

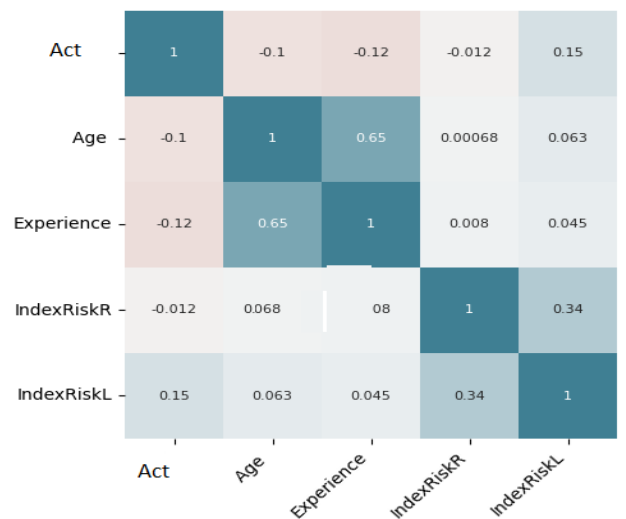


Figura 9. Análisis correlacional.

**Fuente:** elaboración propia

Como se observa en la figura 9, existe una mayor correlación entre la edad y la experiencia laboral como variables más significativas para la determinación del riesgo, en tal caso el turno no es significativo. Se observa la mayor predominancia para el riesgo en miembro superior izquierdo según la relación observada

con la edad y, en menor grado, con el turno de trabajo. Considerando lo anteriormente dicho, se elaboraron diversos análisis de correlación entre diferentes posiciones de sectores corporales de los empleados de acuerdo con la obtención de datos, según la metodología OCRA, que describe el análisis posicional para extremidades superiores.

### A. Análisis posicional: hombro codo

Se observa una fuerte correlación entre los movimientos Posición 2 del codo derecho y las observaciones en Posición 2 del codo izquierdo (0,69) y Posición 1 del hombro derecho (0,63). Igualmente, entre Posición 1 del hombro izquierdo y Posición 2 del codo derecho, como variables que puede determinar mayor o menor determinación del riesgo. Con menor significancia se da la relación entre Posición 1 del codo izquierdo y Posición 3 del hombro derecho (0,06) y Posición 2 del hombro izquierdo (0,09), posiciones que evidencian menor determinación como factor de riesgo. En cuanto al factor del riesgo en miembro superior derecho está más relacionado con las posiciones 1 y 2 (0,45 y 0,42) del codo derecho y, en menor grado, con relación al hombro. Se observa el mismo patrón para el miembro superior izquierdo (0,54 y 0,27), por lo que se concluye como la posición del codo determina mayor impacto para la determinación del riesgo.

### B. Análisis posicional: muñeca mano

Se observó, además, una mayor correlación entre la posición 3 mano derecha y la posición 2 mano izquierda; sin embargo, para todas las posiciones muñeca mano no hay mayor repercusión entre ellas. Con respecto al riesgo en miembro superior derecho se observa una mayor correlación para el riesgo con respecto a la posición 3 de la mano derecha. Para el caso del miembro superior izquierdo, se encuentra que igualmente hay una fuerte relación con respecto a la posición de la mano izquierda.

Medición del riesgo	Cantidad actual	Predicción	Incremento %	Representación de los datos (%)
13	36	34	-5,6	3,06
13,87	33	38	15,2	2,81
14,8	18	18	-14,3	1,79
14,79	1	0	-100	0,09
15,73	1	0	-100	0,09
15,75	13	13	0	1,11
16,65	6	0	-100	0,51
18,5	18	32	-8,3	3,06
18,96	1	0	-100	0,09
19,42	58	60	4,3	49,5
19,43	2	0	-100	0,17
19,9	2	9	-10	0,85
20,35	19	8	-57,9	1,62
21,27	34	35	1,7	28,3
22,2	1	0	-100	0,09
23,12	55	53	-3,1	5,53
24,51	1	0	-100	0,09
25,8	1	0	-100	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>300</b>		<b>100</b>

Tabla 1. Estimación de valores actuales y predicción de riesgo ergonómico.

Fuente: elaboración propia

## VI. DISCUSIÓN

Es evidente que los empleados relacionados con educación en su gran mayoría deben cumplir con varias funciones a lo largo de su jornada laboral tales como; la atención primaria, uso de tableros y computador, la preparación de clases, asimismo, un contacto repetitivo con instrumentos de escritura relacionados. [7]. Debido a que la mayoría de dichos trabajos requieren el uso de los brazos y manos, la mayoría de los trastornos afectan las manos, muñecas, codos, cuello y hombros a lo largo del tiempo. No se han considerado, sin embargo, otros tipos de trabajo en los que se utilizan las piernas, caderas, rodillas, tobillos y pies, los cuales pueden derivar en otro tipo de patologías.

Tampoco se consideran problemas de la espalda que puede estar asociado igualmente al trabajo repetitivo con miembros superiores. Es muy posible que los trastornos aquí estudiados se vayan generando a largo plazo, por lo que el estudio merece un alcance mayor en un nuevo momento longitudinal. Es posible considerar, para casos más concretos, afectaciones que pueden ser causadas por accidentes previos en los que el empleado se haya fracturado o dislocado un hueso [8]. Es evidente que la edad puede llegar a ser una variable prevalente en cuanto a la estimación del riesgo, también existir factores de conocimiento o educación hacia el cuidado de las extremidades superiores que pueden admitirse como nueva variable a observar, ya que no se indaga, en esta caso, sobre el nivel de acondicionamiento físico de los empleados.

## VII. RESULTADOS

Con la ayuda de varios algoritmos de aprendizaje, entre los cuales está AdaBoost; algoritmo de Soporte de Máquinas vectoriales (SVM); algoritmo de Bosque aleatorio (Random Forest), entre otros, se obtuvieron los resultados de predicción en función de los datos actuales y se recopilaron en una tabla, [HAGS11.1] la cual evidencia la predicción por cantidad de individuos por cada una de las mediciones del riesgo que fueron estimadas previamente por uso de la metodología OCRA, permitiendo así realizar una predicción casi exacta del riesgo ergonómico según el objeto de estudio.

Como se puede observar en la tabla 1, hay mayor prevalencia de individuos sobre un promedio de riesgo del

19,4 % que equivale a 58 individuos, observándose un incremento del 4,3 %, y para 34 individuos que están con mayor riesgo, se observa posible incremento del 1,7%. A continuación, se observa a la representación gráfica en la figura 10:

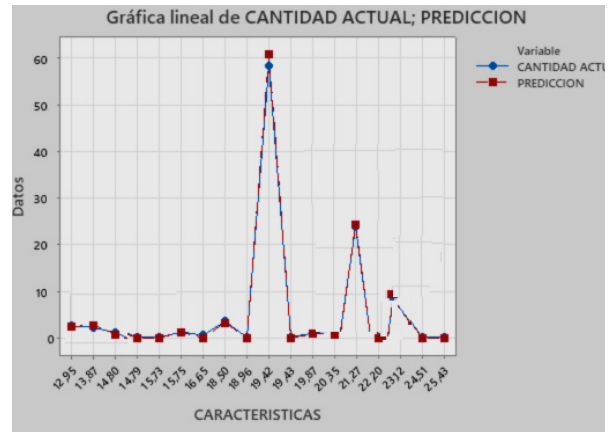


Figura. 10. Estimación de valores actuales y predicción de riesgo ergonómico.

Fuente: elaboración propia

## VIII. CONCLUSIONES

- Al realizarse un modelo predictivo con eficacia del 97,7 % con el algoritmo AdaBoost, se puede inferir un posible incremento en el nivel de riesgo entre el 2 y el 4 %, al menos para el 80 % de los individuos.
- No se detectó un aumento inmediato en el riesgo ergonómico para los miembros superiores de los empleados tras su jornada laboral. No obstante, a mediano plazo se observó un incremento gradual del riesgo, especialmente en aquellos con jornada mañana-tarde, con estimaciones de que entre el 2 % y el 4 % de los empleados experimentan este aumento.
- Los factores más relacionados con este incremento son la edad, los turnos de trabajo y, en menor grado, la experiencia laboral. Además, tienen mayor impacto sobre el riesgo, ciertas posturas de codo y mano

## REFERENCIAS

- [1] G. Eason, B. Noble y I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 247, n.º 247, pp. 529–551,

- Apr. 1955. Doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.1955.0005>
- [2] J. C. Maxwell, *A treatise on electricity and magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp. 68–73.
- [3] R. A. Sánchez, “Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney: mitos y realidades,” *Revista Mexicana de Endocrinología, Metabolismo y Nutrición*, vol. 1, n.º 1, p. 12-21, Feb. 2015.
- [4] J. F. Goyes García, J. Romero Fernández, I. Alfonso González y L. F. Latorre Tapia, “Desgaste emocional de docentes universitarios en entornos virtuales de formación en período de contingencia sanitaria”, *Conrado*, vol. 17, n.º. 81, pp. 379-386, Agos 2021 [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v17n81/1990-8644-rc-17-81-379.pdf>
- [5] X. D Flores España y D. P. Andrade Campuzano, “Trastorno músculo esqueléticos asociados a riesgos ergonómicos en docentes de la Unidad Educativa Lauro Damerval de Loja”. *Revista Religación*, vol. 9, n.º. 40, pp. , 2024. Doi: <https://doi.org/10.46652/rgn.v9i40.1206>
- [6] UNIR, “¿Qué es el análisis de correlación? Características y ejemplos,” *UNIR México*, 2023, nov. 3 [En línea]. Disponible en: <https://mexico.unir.net/noticias/economia/analisis-correlacion/>
- [7] M. A. Pesantez Aviles y J. L. Solano Peláez, “Factores de riesgo ergonómico en docentes de la Unidad Educativa Fiscomisional Padre Carlos Crespi de la Ciudad de Cuenca”, *RUNAS. Journal of Education & Culture*, vol. 5, n.º. 10, pp. e240216, 2024. Doi: <https://doi.org/10.46652/runas.v5i10.216> <https://doi.org/10.37135/chk.002.15>.
- [8] S. Harwood, “La mecánica del cuerpo, la ergonomía y el trabajo”, *Safety and Health Administration, Departamento de Trabajo de EE.UU.*, Informe Abreviado N1, 2019.
- [9] A. Gómez-Conesa y M. Martínez-González, “Ergonomics. History and areas of application”, *Ergonomics*, vol. 24, suppl. 1, pp. 3–10, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(01\)73012-X](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(01)73012-X)
- [10] A. Amaro Tirado, “Ergonomía en el trabajo”, *Revista Vinculando*, vol. 14, n.º. 1, Jan. 16, 2016. [En línea]. Disponible: <https://vinculando.org/empresas/ergonomia-en-el-trabajo.html?format=pdf>
- [11] W. Mendenhall, R. Beaver y B. Beaver, *Introducción a la probabilidad y estadística*, 13ª ed. Madrid: Paraninfo, 2023.