



Vendedora de periódicos.

León Ruiz (1933)

Crédito: Biblioteca Pública Piloto de Medellín,  
(Colección Patrimonial, archivo fotográfico).

#### Volumen 42, 2023

DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e356229>

Recibido: 23/02/2024

Aprobado: 02/07/2024

Publicado: 21/08/2024

#### Cita:

Campoya A, Hernández J, Maldonado A, González E, Muñoz P. Análisis de la fuerza de agarre de la mano en diferentes condiciones físicas y mentales como estrategia para la salud pública. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2024;42:e356229

DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e356229>



Check for updates



© Universidad de Antioquia

Esta obra se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Análisis de la fuerza de agarre de la mano en diferentes condiciones físicas y mentales como estrategia para la salud pública\*

Ángel Fabián Campoya Morales,<sup>1</sup> Juan Luis Hernández Arellano<sup>2</sup> Aidé Aracely Maldonado Macías<sup>3</sup> Elvia Luz González Muñoz<sup>4</sup> Pablo Antonio Muñoz Gutiérrez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. [al175427@alumnos.uacj.mx](mailto:al175427@alumnos.uacj.mx)

<sup>2</sup> Doctorado en en Ciencias en Ingeniería. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. [luis.hernandez@uacj.mx](mailto:luis.hernandez@uacj.mx)

<sup>3</sup> Doctorado en en Ingeniería Industrial. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. [amaldona@uacj.mx](mailto:amaldona@uacj.mx)

<sup>4</sup> Doctorado en Ciencias de la Salud en el Trabajo. Universidad de Guadalajara. México. [elvia.gonzalez@cuaad.udg.mx](mailto:elvia.gonzalez@cuaad.udg.mx)

<sup>5</sup> Maestría en Diseño y Desarrollo de Producto. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. [al229150@alumnos.uacj.mx](mailto:al229150@alumnos.uacj.mx)

### Resumen

**Objetivo:** Evaluar la fuerza de agarre de la mano como un indicador de la carga de trabajo física y mental en diferentes condiciones, con el fin de desarrollar estrategias para la promoción de la salud pública.

**Metodología:** Utilizando un dinamómetro de fuerza de agarre de la mano, se registró la fuerza máxima de los participantes (30 personas). Durante la evaluación de esta fuerza, se ejecutó la tarea de demanda física, ejerciendo la fuerza en niveles bajo, medio y alto. Asimismo, se efectuaron tareas de demandas mentales, mediante la resolución de operaciones aritméticas en niveles bajo, medio y alto. Se definieron dos condiciones del experimento: 1) tarea llevada a cabo al evaluar la carga de trabajo física y la tarea mental combinada (primero se efectúa la demanda física y después la mental), y 2) tareas ejecutadas y evaluadas de forma simultánea (ambas demandas, física y mental, al mismo tiempo). Se utilizaron herramientas de carga mental (índice de carga de tareas de la NASA) para evaluar la carga de trabajo.

**Resultados:** El tiempo para finalizar las tareas fue significativamente mayor de manera combinada que simultánea y el rendimiento fue significativamente mayor en las tareas combinadas que las simultáneas. Además, se observa que existen efectos considerables de la salud en la forma simultánea.

**Conclusiones:** La forma combinada obtuvo mejores resultados que la simultánea y el índice de carga de tareas de la NASA Tradicional presentó un nivel de índice de carga de trabajo global significativamente mayor que el índice de carga de tareas de la NASA RAW.

-----**Palabras clave:** análisis y desempeño de tareas, esfuerzo físico, fuerza de la mano, índice de carga de tareas de la NASA (NASA-TLX).

\* Este texto es producto de la investigación “Análisis de la fuerza de agarre en diferentes condiciones físicas y mentales como estrategia para la salud pública”, inscrita en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Fecha de inicio: agosto de 2023; fecha terminación: diciembre de 2023. Folio: CEI-2023-1-803

# Analysis of hand grip strength in different physical and mental conditions as a public health strategy

## Abstract

**Objective:** To evaluate hand grip strength as an indicator of physical and mental workload in different conditions, in order to develop strategies for public health promotion.

**Methodology:** Using a hand grip strength dynamometer, the maximum strength of the participants (30 persons) was recorded. During the evaluation of this strength, the physical demand task was executed, exercising strength at low, medium and high levels. Likewise, mental demand tasks were performed by solving arithmetic operations at low, medium and high levels. Two conditions of the experiment were defined: 1) task performed when evaluating the physical workload and the mental task combined (first the physical demand is performed and then the mental one), and 2) tasks performed and evaluated simultaneously (both physical and mental demands at the same time). Mental workload tools (nasa task load index) were used to assess workload.

**Results:** Time to task completion was significantly longer for combined than simultaneous tasks and performance was significantly higher for combined than simultaneous tasks. In addition, it is observed that there are considerable health effects in the simultaneous form.

**Conclusions:** The combined form performed better than the simultaneous form and the Traditional nasa task load index presented a significantly higher overall workload index level than the nasa raw task load index.

-----*Key words:* task analysis and performance, physical effort, hand strength, nasa task load index (nasa-tlx)

# Análise da força de preensão manual em diferentes condições físicas e mentais como uma estratégia de saúde pública

## Resumo

**Objetivo:** Avaliar a força de preensão manual como um indicador da carga de trabalho físico e mental em diferentes condições, a fim de desenvolver estratégias para a promoção da saúde pública.

**Metodologia:** Usando um dinamômetro de força de preensão manual, foi registrada a força máxima de preensão manual dos participantes (30 pessoas). Durante a avaliação dessa força, foi realizada a tarefa de demanda física, exercitando a força em níveis baixo, médio e alto. Também foram realizadas tarefas de demanda mental, resolvendo operações aritméticas em níveis baixo, médio e alto. Foram definidas duas condições do experimento: 1) tarefa realizada ao avaliar a carga de trabalho física e a tarefa mental combinadas (a demanda física é realizada primeiro, seguida pela demanda mental) e 2) tarefas realizadas e avaliadas simultaneamente (demandas físicas e mentais ao mesmo tempo). Ferramentas de carga de trabalho mental (índice de carga de tarefas da NASA) foram usadas para avaliar a carga de trabalho.

**Resultados:** o tempo para a conclusão da tarefa foi significativamente maior para as tarefas combinadas do que para as simultâneas, e o desempenho foi significativamente maior para as tarefas combinadas do que para as simultâneas. Além disso, foram observados efeitos significativos sobre a saúde na forma simultânea.

**Conclusões:** A forma combinada teve um desempenho melhor do que a forma simultânea e o índice de carga de tarefa tradicional da nasa apresentou um nível de índice de carga de trabalho geral significativamente maior do que o índice de carga de tarefa bruta da nasa.

-----*Palavras-chave:* análise e desempenho de tarefas, esforço físico, força das mãos, índice de carga de tarefas da nasa (nasa-tlx).

## Introducción

La fuerza de agarre, medida como la fuerza que una persona puede ejercer con la mano, es un indicador decisivo de la salud física y funcional. Se relaciona directamente con la habilidad para efectuar actividades cotidianas, como abrir una lata y ejercer fuerza al realizar ejercicios. Esta fuerza se asocia también con la capacidad de trabajo, la cual es importante para llevar a cabo una amplia gama de tareas en diversos sectores, especialmente en los sectores industrial, agrícola y de servicios. Se ha demostrado que la fuerza de agarre está relacionada con la salud ósea, muscular y cardiovascular [1-7].

Una disminución en la fuerza de agarre puede dificultar la realización de actividades cotidianas, lo que puede afectar la independencia y la calidad de vida. Así mismo, no solo afecta el rendimiento físico, sino que también puede llevar a problemas emocionales, como el agotamiento y cambios en el estado de ánimo.

La ergonomía, una disciplina que busca adaptar el entorno laboral a las capacidades y necesidades de los trabajadores, es esencial para mantener la fuerza de agarre y, en consecuencia, la salud pública. Al realizar evaluaciones ergonómicas exhaustivas e implementar intervenciones personalizadas, las empresas no solo protegen la salud y el bienestar de sus empleados, sino que también promueven un ambiente laboral más seguro y productivo. Así, la ergonomía se convierte en una herramienta estratégica para optimizar el entorno de trabajo y prevenir lesiones, mejorando la calidad de vida de los trabajadores y contribuyendo a una sociedad más saludable [8].

Los factores ergonómicos que pueden afectar la fuerza de agarre incluyen las *posturas forzadas*: mantener las manos en posiciones incómodas durante largos períodos puede generar fatiga muscular y dolor; los *movimientos repetitivos*: el realizar acciones reiterativas con las manos puede aumentar el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo, y el *exceso de fuerza*: aplicar una fuerza desproporcionada con las manos puede dañar los músculos, tendones y ligamentos.

Cada vez más, las condiciones de trabajo actuales resultan en altos niveles de carga de trabajo, fatiga mental y estrés, lo que provoca una disminución del rendimiento y la atención, y un incremento en el número de errores, olvidos y confusión, así como posibles accidentes en las tareas. La carga de trabajo es un factor crucial en el campo de la ergonomía, ya que afecta directamente la salud y el rendimiento de los empleados. Un exceso de carga de trabajo puede llevar a fatiga física y mental, aumentando el riesgo de errores y lesiones. Ignorar los límites de fuerza de agarre en la salud musculoesquelética de los trabajadores conlleva serios riesgos. Implementar valores límite adecuados en la aplicación de

dicha fuerza protege a los empleados de lesiones, mejora su bienestar y reduce costos para las empresas [2-8].

Las tácticas ergonómicas para prevenir la disminución de la fuerza de agarre incluyen el *diseño del puesto de trabajo*, que consiste en adaptar el espacio de trabajo para que las tareas se puedan efectuar con posturas naturales y movimientos eficientes; la *implementación de herramientas y equipos ergonómicos*, donde se utilizan instrumentos y materiales que se ajusten a la mano y reduzcan la necesidad de aplicar fuerza excesiva; instaurar *momentos de pausas y descansos*, donde se deben hacer recesos regulares para evitar la fatiga muscular y el dolor.

La investigación en ergonomía y salud pública en la fuerza de agarre es decisiva para comprender mejor los factores que afectan a dicha fuerza, desarrollar nuevas estrategias ergonómicas para protegerla, y promover la salud pública y la calidad de vida. Al abordar los factores ergonómicos que impactan la fuerza de agarre, podemos mejorar la salud y el bienestar global, previniendo problemas como el síndrome de desgaste profesional, la ansiedad y la depresión [9].

Los trabajos que demandan carga física y carga mental de trabajo de forma combinada y simultánea, donde la tarea requiere ambas cargas, han obtenido escaso interés por parte de los investigadores, ya que no hay muchos estudios utilizando ambos tipos de cargas de evaluación. En la dinámica laboral actual, las tareas combinadas y simultáneas son la norma. Es crucial comprender su relevancia, magnitud y potencial impacto en el ámbito laboral y la salud pública.

La carga de trabajo en forma combinada existe cuando una persona realiza una tarea que implique esfuerzo físico durante un tiempo determinado y, luego, continúa otra tarea que precise esfuerzo mental para llevarla a cabo. Por ejemplo, estudiar y hacer luego ejercicio, trabajar en la computadora escribiendo un documento y hacer luego tareas domésticas, etc. [10-12].

La carga simultánea ocurre cuando una persona efectúa dos tareas diferentes al mismo tiempo, las cuales involucran esfuerzos físicos y mentales para completarlas, como, por ejemplo, hablar por teléfono y caminar, trabajar en la computadora respondiendo correos y cuidando a un niño, etc. La carga simultánea permite realizar tareas de una forma más rápida, pero incrementa significativamente la aparición de problemas, como accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo y la salud fisiológica de las personas, así como un desempeño menor [13-15].

De esta manera, esta investigación desarrolla un estudio en un ambiente de laboratorio donde las tareas demandan una carga de trabajo física y mental. Ambos tipos de cargas de trabajo están diseñados para ser estudiados y controlados durante la ejecución de tareas en enfoques combinados y simultáneos.

El objetivo de este estudio es evaluar la fuerza de agarre de la mano como un indicador de la carga de trabajo física y mental en diferentes condiciones, utilizando el índice de carga de trabajo global (ICGT), y comparando los resultados de la evaluación de la carga de trabajo mental utilizando los métodos Tradicional y RAW del NASA-TLX. El fin último es desarrollar estrategias para la promoción de la salud pública.

## Metodología

La carga de trabajo física se mide con el medidor de fuerza de agarre. La carga de trabajo mental se evalúa mediante el índice de carga de tareas de la NASA (Task Load Index, NASA-TLX).

Para evaluar la carga de trabajo se utilizó el método NASA-TLX [16], siendo su principal indicador el ICGT. Con él se evalúa la carga de trabajo en seis dimensiones: demanda mental, demanda física, demanda temporal, rendimiento, esfuerzo y frustración. Luego, se calcula un índice global de carga mental a partir de la ponderación y la puntuación de cada dimensión. En la fase de ponderación, los participantes comparan por pares las dimensiones y asignan pesos según la relevancia percibida de cada una. En la fase de puntuación, evalúan la magnitud de cada dimensión en la tarea realizada.

Este método es ventajoso por su aplicabilidad en el ámbito laboral real, ya que permite a los trabajadores calificar la carga mental de manera directa y rápida, después o durante la ejecución de la tarea. Además, ha sido utilizado para validar otros métodos de evaluación de la carga de trabajo.

El método se ha empleado de dos maneras para obtener los niveles de carga: Tradicional y RAW. El enfoque más utilizado que hace uso del algoritmo completo es conocido como NASA-TLX Tradicional. Sin embargo, hay investigaciones donde se eliminaron las comparaciones por pares (fase de valoración) del enfoque Tradicional, argumentando que no existen diferencias significativas entre ambos enfoques [17-19], o algunos han eliminado variables como el esfuerzo físico del análisis, sosteniendo que se obtuvieron mejores resultados [20]. A este enfoque se le conoce como NASA-TLX RAW.

## Muestra y procedimiento

El estudio contó con la participación de 30 personas, 19 hombres y 11 mujeres. Para participar, las personas no debían presentar problemas cardíacos, respiratorios, hipertensión o lesiones en el año anterior al experimento. Además, se les solicitó no realizar ejercicio extenuante ni consumir alcohol dos días antes de las sesiones. Los participantes también debían ser no fumadores.

Durante el experimento, aquellos que manifestaran molestias musculoesqueléticas, dolor de cabeza o agotamiento mental fueron excluidos.

Para garantizar la comodidad y la facilidad de movimiento durante las pruebas, se les pidió a los participantes que usaran ropa cómoda, como tenis, pantalón de mezclilla o pantalonera, camisa de algodón o poliéster, y calcetines de algodón.

La edad media de los participantes del estudio fue de 22 años (desviación estándar = 1,75), todos estudiantes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, quienes fueron invitados voluntariamente por medio de explicación oral durante algunas clases impartidas en la institución.

## Procedimiento de experimentación

La actividad física consistió en dos etapas. En la primera, se registró la fuerza máxima de agarre de cada participante durante 3 ocasiones (donde se usó la media de los 3 valores para registrar la fuerza), utilizando el protocolo de Caldwell. Este consiste en dos fases: un aumento gradual de la fuerza durante 3 segundos, seguido de 2 segundos manteniendo la máxima fuerza alcanzada. Se otorga un descanso de 5 minutos entre cada ciclo, para minimizar los efectos por fatiga.

En la segunda etapa se determinaron los porcentajes correspondientes para la fuerza baja (25 %), media (50 %) y alta (75 %) en función de la fuerza máxima.

El valor calculado para los participantes se colocó en el *software* diseñado exclusivamente para el estudio (autor: Ergo Tech MX, Ciudad Juárez México, versión 1.0), el cual emite una alarma que se activa al obtener el valor registrado y evita que el participante ejerza mayor fuerza de la requerida. En ambas etapas, se utilizó el dispositivo diseñado y calibrado para esta tarea.

Para la actividad mental, se respondieron 6 hojas de papel con 10 operaciones aritméticas, de acuerdo con el nivel de carga (bajo, medio, alto) utilizado en el estudio. Se instruyó a los participantes que realizaran las tareas aritméticas tratando de minimizar los errores en las respuestas.

## Procedimiento para la realización de la tarea de forma combinada

En la Figura 1 se presenta la evaluación de la forma combinada de la tarea enunciada a continuación, donde se presenta paso a paso las indicaciones para su ejecución.

Se le indica a la persona dónde será la zona de inicio de experimento, se determina su fuerza máxima (mediante el protocolo de Caldwell) y se le entrega el medidor de fuerza.

La persona debe estar en posición erguida, con el medidor de fuerza a 90° para iniciar el experimento, como se representa en la Figura 2.

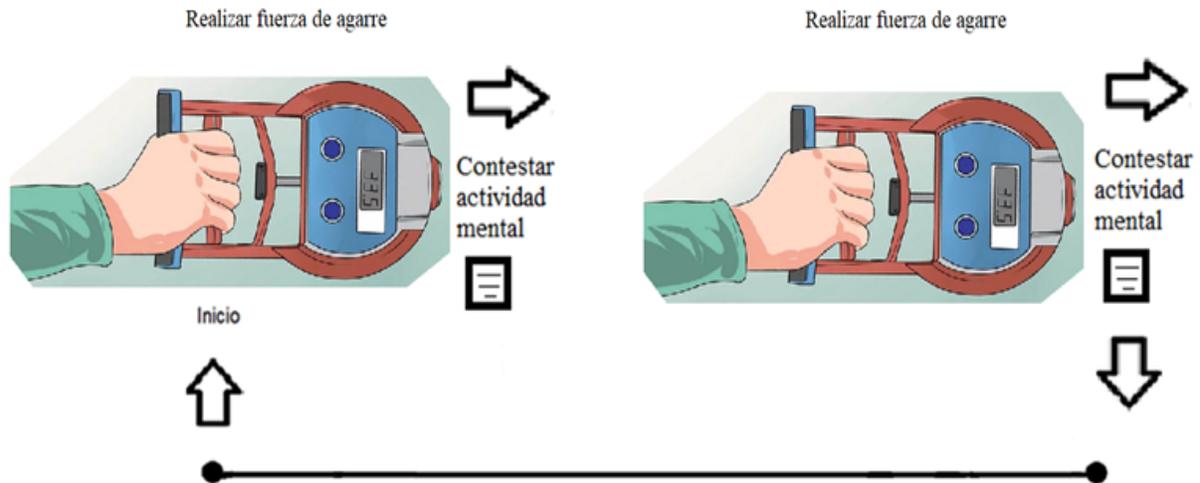


Figura 1. Actividad de agarre en forma combinada con la actividad mental

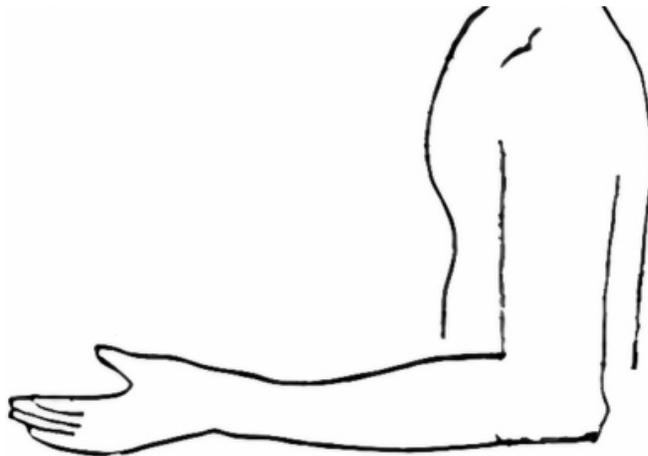


Figura 2. Silueta guía de posición para inicio de experimento.

Se inicia la toma de tiempo y se le indica a la persona que comience a ejercer la fuerza de agarre por 5 segundos.

El *software* emitirá un sonido cuando la persona llegue al nivel previamente capturado de fuerza, según el nivel que se va a evaluar.

Al completar la actividad física, la persona se dirige a contestar la serie de operaciones (10 por hoja) aritméticas, ubicadas en una mesa de trabajo.

La persona repite la fuerza de agarre y responde otra serie de operaciones, hasta completar las seis hojas.

Al finalizar, se le va a preguntar a la persona si desea un descanso, para luego aplicarle un cuestionario,

donde responderá por la percepción de las actividades efectuadas.

### **Procedimiento para la realización de la tarea de forma simultánea**

En la Figura 3 se muestra la evaluación de la forma simultánea de la tarea descrita a continuación, donde se presenta paso a paso las indicaciones para efectuarla.

Se le indica a la persona dónde será la zona de experimento, se determina su fuerza máxima (mediante el protocolo de Caldwell) y se le entrega el medidor de fuerza.

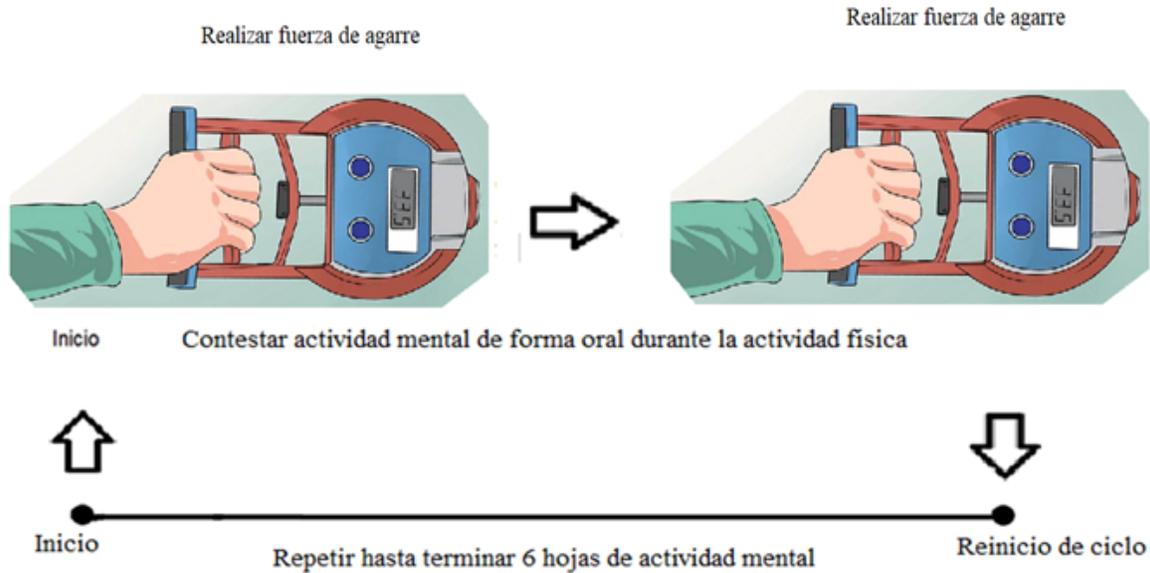


Figura 3. Actividad de agarre en forma simultánea a la actividad mental

La persona debe estar en posición erguida, con el medidor de fuerza a 90° para iniciar el experimento.

Se inicia la toma de tiempo y se le indica a la persona que comience a ejercer la fuerza de agarre por 5 segundos.

El *software* emitirá un sonido cuando la persona llegue al nivel previamente capturado de fuerza, según el nivel que se va a evaluar.

Mientras la persona realiza la actividad física, se le formulan, de manera simultánea, y oralmente, diferentes operaciones aritméticas (10 por hoja).

Repetir las mismas actividades física y mental hasta terminar las hojas de operaciones (6 hojas).

Al finalizar, se le pregunta a la persona si desea un descanso, para luego aplicarle un cuestionario donde se va a responder sobre la percepción de las actividades realizadas.

El cuestionario al finalizar cada tarea consta de 60 preguntas, relacionadas, como ya se indicó, con la percepción de la carga de trabajo percibida en las actividades realizadas, así como información demográfica.

### Análisis de datos

Para analizar el comportamiento de los datos del método empleado, los datos del estudio se recopilieron en Excel® 365 para Windows y se utilizó el *software* IBM® Statistical Package for Social Science (SPSS® v23) para Windows.

Además, se calcularon estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo, desviación estándar). Se aplicó ANOVA para explorar las diferencias entre las 6 distintas pruebas. Se utilizó la prueba Post Hoc Tukey para identificar subconjuntos homogéneos con las diferentes combinaciones.

También se verificó la normalidad de los datos de la muestra de 30 personas, aplicando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Se aplicó la Prueba de Wilcoxon para explorar las diferencias entre las dimensiones/variables/items del método NASA-TLX en las cargas combinada y simultánea.

Se utilizó la prueba T-Student para realizar comparaciones entre el NASA-TLX Tradicional y el NASA-TLX RAW.

Se utilizó un intervalo de confianza de 95 % para todos los análisis de datos.

El aval ético fue aprobado con el folio Folio: CEI-2023-1-803 en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

### Resultados

Las variables empleadas fueron los distintos niveles de carga (baja, media, alta), tanto para carga física como para carga mental, al igual que la percepción de la carga de trabajo, el rendimiento mental (presentado en desempeño con base en el número de respuestas correctas), el esfuerzo percibido y la valoración de molestias musculoesqueléticas, presentados en los resultados utilizando el método NASA-TLX.

Los participantes reportaron molestias leves en niveles bajos y medios de tareas físicas, con dolor en muñecas y brazos en el nivel alto por mayor esfuerzo. En tareas mentales, molestias solo en el nivel alto, incluyendo dolor de cabeza y fatiga mental.

El desempeño se analizó considerando dos situaciones: 1) comparar el cociente entre el número de respuestas correctas y el número de preguntas, y 2) tiempo

para terminar la prueba. Como resultado de las evaluaciones, se obtuvo el desempeño de forma combinada ( $M = 84,44\%$ ) y de forma simultánea ( $M = 81,46\%$ ), teniendo  $2,98\%$  como diferencia de medias y  $p = 0,000$ .

Así, entonces, el desempeño al realizar la tarea es mayor en el enfoque combinado que en el simultáneo. El tiempo de participación en el experimento de forma combinada para cada prueba (física y mental) fue  $M = 7,55$  min, y de forma simultánea,  $3,51$  minutos, te-

niendo una diferencia de medias  $M = 4,04$  y  $p = 0,000$ . Por lo tanto, el tiempo para llevar a cabo la tarea es mayor en el enfoque combinado que en el simultáneo.

En la Tabla 1 se muestra la media del desempeño obtenido de las respuestas, así como el porcentaje de aciertos y el tiempo utilizado para terminar la tarea de la carga mental, que consistía en 60 preguntas en ambos tipos de evaluación. En la Tabla 2 se presenta el análisis

Tabla 1. Media del desempeño y tiempo de pruebas de evaluación

Participante	Porcentaje de desempeño (%)						Duración de prueba (min)					
	CB	CM	CA	SB	SM	SA	CB	CM	CA	SB	SM	SA
1	80,00	88,00	77,00	90,00	82,00	75,00	6,22	7,02	11,06	3,07	3,24	4,22
2	95,00	83,00	83,00	92,00	82,00	85,00	5,05	5,65	10,47	3,41	3,09	4,32
3	90,00	78,00	88,00	93,00	85,00	77,00	5,43	6,79	9,71	2,51	3,37	4,48
4	92,00	88,00	77,00	88,00	90,00	82,00	4,85	6,24	8,53	2,75	3,39	3,42
5	90,00	83,00	82,00	92,00	82,00	72,00	4,87	6,09	10,26	2,70	3,70	3,89
6	80,00	77,00	77,00	88,00	75,00	77,00	4,94	8,33	10,67	3,25	3,07	4,46
7	93,00	92,00	80,00	88,00	77,00	80,00	4,79	8,64	10,01	2,86	3,43	4,46
8	90,00	82,00	88,00	90,00	73,00	75,00	4,59	8,26	9,94	3,42	3,39	3,29
9	93,00	78,00	78,00	83,00	78,00	85,00	5,44	8,59	9,35	2,85	3,44	3,84
10	95,00	80,00	85,00	85,00	87,00	73,00	4,42	7,22	9,87	2,60	3,79	4,52
11	87,00	92,00	85,00	85,00	85,00	75,00	4,83	6,13	11,04	2,86	4,60	4,31
12	88,00	88,00	78,00	88,00	80,00	75,00	4,50	6,18	10,54	2,79	3,64	4,10
13	87,00	88,00	82,00	82,00	75,00	73,00	6,01	7,18	9,12	2,50	3,42	3,29
14	93,00	75,00	83,00	93,00	73,00	75,00	5,95	6,47	11,03	3,28	3,29	3,33
15	93,00	80,00	78,00	93,00	73,00	73,00	4,84	7,95	9,42	3,23	3,31	3,91
16	85,00	85,00	83,00	82,00	78,00	83,00	6,22	7,69	10,88	3,19	3,65	4,66
17	83,00	80,00	80,00	83,00	83,00	77,00	5,76	6,46	11,27	2,58	3,66	4,56
18	88,00	73,00	85,00	82,00	88,00	83,00	5,22	7,59	11,11	2,73	2,92	3,72
19	93,00	85,00	78,00	93,00	72,00	82,00	5,47	6,97	8,60	3,20	2,84	4,60
20	87,00	88,00	78,00	80,00	75,00	72,00	5,82	5,72	9,89	3,38	4,57	4,31
21	82,00	77,00	82,00	83,00	80,00	85,00	5,98	8,69	10,74	3,40	3,66	3,38
22	87,00	87,00	85,00	93,00	85,00	73,00	5,56	6,58	10,65	2,49	4,58	4,48
23	80,00	80,00	78,00	90,00	85,00	82,00	5,09	6,63	10,40	2,96	3,07	3,16
24	87,00	80,00	85,00	80,00	72,00	80,00	5,10	8,11	10,25	2,56	4,32	4,10
25	87,00	90,00	78,00	80,00	78,00	80,00	5,65	8,40	9,77	2,76	3,00	4,02
26	83,00	77,00	82,00	80,00	73,00	78,00	4,68	6,36	8,98	3,14	2,97	3,32
27	85,00	90,00	85,00	92,00	72,00	73,00	5,97	7,17	10,84	3,08	4,13	3,59
28	90,00	92,00	77,00	82,00	80,00	85,00	6,63	8,18	9,55	3,57	4,17	3,69
29	95,00	85,00	77,00	92,00	85,00	80,00	4,90	6,91	8,70	3,27	3,35	4,29
30	85,00	92,00	88,00	93,00	75,00	72,00	5,23	7,10	11,09	2,55	4,29	3,68

Participante	Porcentaje de desempeño						Duración de prueba					
	(%)						(min)					
	CB	CM	CA	SB	SM	SA	CB	CM	CA	SB	SM	SA
Media	88,11	83,78	81,44	87,22	79,28	77,89	5,33	7,18	10,13	2,96	3,58	3,98
	Combinado: 84,44			Simultáneo: 81,46			Combinado: 7,55			Simultáneo: 3,51		

CB: Combinado bajo; CM: Combinado medio; CA: Combinado alto; SB: Simultáneo bajo; SM: Simultáneo medio; SA: Simultáneo alto.

Tabla 2. Análisis descriptivo del índice de carga de trabajo global (ICGT) de los NASA-TLX Tradicional y RAW

Valor descriptivo	NASA-TLX Tradicional						NASA-TLX RAW					
	CB	CM	CA	SB	SM	SA	CB	CM	CA	SB	SM	SA
Media (M)	71,95	64,13	74,89	47,78	58,44	80,93	72,00	63,78	74,78	46,11	57,33	81,44
Desviación estándar	10,43	9,98	5,77	9,96	8,33	7,15	9,09	8,15	4,92	9,07	6,96	5,69
Máximo	89,33	84,00	86,67	65,33	74,67	97,33	90,00	80,00	83,33	63,33	66,67	93,33
Mínimo	49,33	45,33	64,00	29,33	40,00	66,67	53,33	46,67	63,33	30,00	43,33	70,00
Rango	40,00	38,67	22,67	36,00	34,67	30,66	36,67	33,33	20,00	33,33	23,34	23,00

CB: Combinado bajo; CM: Combinado medio; CA: Combinado alto; SB: Simultáneo bajo; SM: Simultáneo medio; SA: Simultáneo alto.

descriptivo del resultado de las pruebas y lo obtenido de los métodos NASA-TLX Tradicional y NASA-TLX RAW.

### Comparación de carga de trabajo combinada vs. simultánea

Las comparaciones de los datos del NASA-TLX entre evaluaciones simultánea y combinada se presentan en la Tabla 3. Los datos marcados en negrita fueron significativamente más altos.

### Prueba ANOVA de NASA-TLX Tradicional vs. NASA-TLX RAW

#### NASA-TLX Tradicional

Los resultados de la prueba ANOVA muestran que existen diferencias significativas de carga de trabajo en al menos una de las 6 diferentes combinaciones analizadas ( $F = 54,992$ ) y  $p = 0,000$ . En la Tabla 4 se presenta el resultado de la prueba Post Hoc Tukey, mostrando que se generaron 4 grupos con las 6 diferentes combinaciones.

#### NASA-TLX RAW

Los resultados de la prueba ANOVA muestran las diferencias de carga de trabajo entre las 6 diferentes combinaciones. Se observa que al menos una combinación es diferente ( $F = 85,553$ ) y  $p = 0,000$ . En la Tabla 5 se presenta la prueba Post Hoc Tukey, con su resultado de los 5 grupos generados y sus 6 diferentes combinaciones.

### Comparaciones entre enfoques NASA-TLX Tradicional vs. NASA-TLX RAW

Tabla 3. Comparaciones entre la carga combinada y simultánea del NASA-TLX

Variable	Nivel	Media		Diferencia de medias	Valor de probabilidad (Valor-p)
		Combinado	Simultáneo		
Demanda mental	Bajo	3,50	2,43	1,07	0,00
	Medio	3,30	3,37	-0,07	0,78
	Alto	3,83	4,17	-0,34	0,11
Demanda física	Bajo	3,00	2,57	0,43	0,10
	Medio	3,20	2,90	0,30	0,15
	Alto	3,80	4,00	-0,20	0,39
Demanda temporal	Bajo	3,27	2,10	1,17	0,00
	Medio	3,23	2,00	1,23	0,00
	Alto	3,77	4,23	-0,46	0,02
Esfuerzo	Bajo	3,77	1,73	2,04	0,00
	Medio	3,10	3,07	0,03	0,00
	Alto	3,67	4,10	-0,43	0,05
Rendimiento	Bajo	4,23	2,17	2,06	0,00
	Medio	2,87	3,67	-0,8	0,00
	Alto	3,70	4,07	-0,37	0,09
Frustración	Bajo	3,87	2,83	1,04	0,00
	Medio	3,43	2,20	1,23	0,03
	Alto	3,67	3,87	-0,20	0,29

Tabla 4. Resultado de la prueba Post Hoc Tukey NASA-TLX Tradicional

Factor	Subconjunto para alfa = 0,05			
	Grupos de combinaciones			
	1	2	3	4
SIM_BAJA	47,77			
sim_media		58,44		
comb_media		64,13		
comb_baja			71,95	
comb_alta			74,88	74,88
SIM_ALTA				80,93
Significancia	1,00	0,13	0,79	0,09

COM: Combinado; SIM: Simultáneo.

**Tabla 5.** Resultado de la prueba Post Hoc Tukey NASA-TLX RAW

Factor	Subconjunto para alfa = 0,05				
	Grupos de combinaciones				
	1	2	3	4	5
SIM_BAJAR	46,11				
sim_mediar		57,33			
comb_mediar			63,77		
comb_bajar				72,00	
comb_altar				74,77	
sim_altar					81,44
Significancia	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00

COM: Combinado; R: RAW; SIM: Simultáneo.

**Tabla 6.** Comparaciones pareadas T-Student entre NASA-TLX y NASA-TLX RAW

Combinación/Nivel	Enfoque NASA-TLX	Medias	Diferencia de medias	Porcentaje de diferencia (%)	Significancia (bilateral)
COMB Baja	Tradicional	71,95	3,21	0,06	0,95
	RAW	72,00			
COMB Media	Tradicional	64,13	0,12	0,55	0,62
	RAW	63,77			
COMB Alta	Tradicional	74,88	3,58	0,15	0,85
	RAW	74,77			
SIM Baja	Tradicional	47,77	2,06	3,49	0,01
	RAW	46,11			
SIM Media	Tradicional	58,44	2,55	1,90	0,19
	RAW	57,33			
SIM Alta	Tradicional	80,93	0,97	0,63	0,45
	RAW	81,44			

En la Tabla 6 se muestran las 6 pruebas pareadas T-Student comparadas entre sí del NASA-TLX Tradicional y el NASA-TLX RAW. El primero obtuvo valores más altos en 4 análisis, y el segundo, en 2 análisis.

## Discusión

La muestra del estudio fue de 30 personas (19 hombres y 11 mujeres), evaluadas con el método NASA-TLX Tradicional y el RAW. En el estudio se hicieron 18 comparaciones pareadas de T-Student de las variables que constituyen el método NASA-TLX en ambos tipos de evaluación de tareas, en donde se encontró que hubo diferencias significativas en 10 de 18 comparaciones.

El objetivo fue evaluar la fuerza de agarre de la mano como un indicador de la carga de trabajo física y mental en diferentes condiciones.

Diferencias significativas fueron observadas en las variables durante el análisis del método NASA-TLX en la evaluación combinada, en la variable de: demanda mental, demanda temporal, esfuerzo y frustración en el nivel bajo de evaluación; demanda temporal, esfuerzo y frustración en el nivel medio. En la evaluación simultánea se encontraron diferencias significativas en las variables: demanda temporal en el nivel alto y rendimiento en el nivel medio. A través de tiempo, en distintos estudios similares se ha determinado que las variables de demanda mental, demanda física, deman-

da temporal y esfuerzo obtuvieron una mejor carga de trabajo en su puntuación, especialmente en tareas que implicaban fuerza de agarre [21-24].

Se crearon cuatro grupos con las variables analizadas durante las pruebas ANOVA y Post Hoc Tukey en el método NASA-TLX Tradicional: 1. Bajo simultáneo; 2. Medio combinado y medio simultáneo; 3. Bajo combinado y alto combinado; 4. Alto combinado y alto simultáneo. Por su parte, en el método NASA-TLX RAW, se crearon 5 grupos: 1. Baja simultánea; 2. Media simultánea; 3. Media combinada; 4. Baja combinada y alta combinada; 5. Alta simultánea. No hubo diferencias significativas entre las cargas de trabajo en forma baja simultánea, media simultánea y media combinada, mientras que en el resto de las combinaciones se encontraron diferencias.

En las seis pruebas pareadas T-Student comparadas entre sí del NASA-TLX Tradicional y del NASA-TLX RAW, se encontró que hubo diferencias significativas, obteniendo el método Tradicional valores más altos en cuatro análisis y la forma RAW en dos de los análisis, con un mínimo de porcentaje de diferencia, excepto en bajo simultáneo, con 3,49 % y medio simultáneo con 1,90 %. En distintas investigaciones, donde trabajaron con fuerza de agarre y altos niveles de carga, concluyeron que estos niveles son causantes de problemas como estrés y otros padecimientos [25,26].

Adicionalmente, se encontraron diferencias individuales durante la contracción muscular y se reflejan en la fase de desarrollo de la curva fuerza-tiempo, donde la fuerza de agarre depende de distintos factores, lo que afecta el desempeño de la tarea. El desempeño obtenido en los análisis fue mayor en la evaluación combinada, con  $M = 84,44 \%$ , de las respuestas correctas de media, mientras que el tiempo de duración de una de las seis pruebas se obtuvo una media  $M = 7,55$  min. En la evaluación simultánea, el desempeño con media fue de  $M = 81,46 \%$ , y  $M = 3,51$  min de duración de media en las seis pruebas. Así, fue mejor la evaluación combinada en desempeño, pero con mayor tiempo, mientras que la evaluación simultánea el tiempo fue menor al igual que el desempeño en general, como sucedió el estudio de Ikemoto *et al.* (2004) [27].

Los participantes del estudio experimentaron diferentes niveles de malestar físico y mental según el tipo de tarea y la carga de trabajo. En las tareas combinadas, el malestar fue leve en los niveles bajo y medio, pero aumentó significativamente en el nivel alto, debido al mayor esfuerzo físico requerido. Durante las tareas mentales, el malestar se concentró principalmente en el nivel alto, con dolor de cabeza y fatiga mental como síntomas predominantes.

En cuanto a las tareas simultáneas, no se observó malestar significativo en el nivel bajo, pero en los niveles medio y alto, los participantes reportaron dolor en las

extremidades, dolor de cabeza, fatiga mental y frustración por la dificultad para efectuar las tareas de manera eficiente. A medida que aumentaba la carga de trabajo, tanto el rendimiento como la percepción de carga de trabajo disminuían, lo que indicaba un menor desempeño general bajo condiciones más exigentes.

Para prevenir el malestar físico y mental durante las tareas, es crucial minimizar el esfuerzo físico, incorporar pausas regulares, realizar estiramientos y fortalecer los músculos. En el ámbito mental, resulta fundamental reducir el estrés, optimizar el espacio de trabajo, tomar descansos frecuentes, mantener una adecuada hidratación y alimentación, y dormir lo suficiente. En general, se recomienda adoptar una postura correcta, hacer actividad física regular y seguir una dieta saludable.

Hubo diferencias mínimas en los análisis de comparativa del método NASA-TLX Tradicional y del NASA-TLX RAW con porcentajes menores al 1 %, menos en dos niveles simultáneos, con diferencia de 1,90 y 3,49 %, siendo aún mayor el nivel de ICGT en la forma Tradicional que la forma RAW. La evaluación de forma combinada obtuvo porcentajes de desempeño mayores, con media  $M = 84,4 \%$ , que la forma simultánea,  $M = 81,46 \%$  de la tarea; el tiempo fue mayor en la forma combinada con media  $M = 7,55$  min por prueba, que en la evaluación simultánea, con  $M = 3,51$  min por prueba.

La evaluación de forma combinada crea mayor lentitud para completar las tareas, por cuanto se ejecuta por separado cada tarea, y en la forma simultánea el tiempo es menor, debido a que ambas se efectúan al mismo tiempo. Se crea frustración en las personas en las tareas de forma simultánea, ya que se crea una presión por terminar y resolver mentalmente la tarea, mientras que en la forma combinada esto no se presenta, pues la persona toma su tiempo para resolver la tarea mental por separado.

El estudio tuvo como limitaciones la precisión de los instrumentos, las condiciones ambientales y la simplicidad del modelo. Estas limitaciones pueden afectar la interpretación de los resultados y la generalización de las conclusiones. Es importante considerar estas limitaciones al diseñar y realizar estudios de laboratorio de fuerzas. A pesar de sus limitaciones, los estudios de laboratorio de fuerzas ofrecen información valiosa sobre la carga de trabajo y promueven el avance del conocimiento científico.

## Declaración de fuente de financiación

Se contó con apoyo por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) de México para realizar la investigación.

## Declaración de conflictos de intereses

No existe ningún conflicto de interés de ninguna índole.

## Declaración de responsabilidad

Se afirma que los autores son responsables de la información proporcionada de la investigación y de su exactitud.

## Declaración de contribución por autores

*Ángel Fabián Campoya Morales* fue el autor principal de todas las secciones y también revisó cuidadosamente las versiones posteriores del artículo. Además, se encargó de la meticulosa recopilación de datos, la elaboración detallada de figuras y tablas, así como de la redacción general del documento.

*Juan Luis Hernández Arellano* participó activamente en el diseño del estudio, el análisis de datos, la interpretación de los resultados y la redacción del borrador del documento.

*Aidé Aracely Maldonado Macías* colaboró significativamente en el análisis de datos, la interpretación de los resultados y la redacción del primer borrador, así como en sus posteriores revisiones.

*Elvia Luz González Muñoz* ayudó en el diseño global del estudio y revisó atentamente los borradores.

*Pablo Antonio Muñoz Gutiérrez* diseñó específicamente los aparatos de fuerzas utilizados en el estudio.

## Referencias

- Hernández-Arellano JL, Maldonado-Macías AA, Balderrama-Armendáriz CO. Physiological and subjective responses associated to physical and mental load in a simulated task. *Revista Ciencias de la Salud*. 2018;16(Special Issue):52-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.6843>
- Hernández-Arellano JL, Serratos-Perez JN, Maldonado Macías AA. Identification and assessment of mental tasks using task flowcharts. En: Bhattacharya A, editor. *Strategic human capital development and management in emerging economies*. India: Sunbeam College for Women, IGI Global; 2017. pp. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1974-4.ch001>
- Alferez-Padron AA, Maldonado-Macías J, García-Alcaraz, et al. Workload assessment and human error identification during the task of taking a plain abdominal radiograph: A case study. *Advances in Cognitive Engineering and Neuroergonomics*, vol. 1. In: Baldwin, C. editor. *Advances in neuroergonomics and cognitive engineering*. AHFE 2017. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 586. Cham: Springer; 2018. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60642-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60642-2_10)
- Maldonado Macías A, Ramírez MG, García JL, et al. Ergonomic evaluation of work stations related with the operation of advanced manufacturing technology equipment: Two cases of study. XV Congreso Internacional de Ergonomía Semac [internet]; 2009. [citado 2024 feb.]. Disponible en: [https://semac.org.mx/\\_src/pdf/congresos-semac/e04e084307d353ec7e9cb6158a-2ae9eb5bc51926.pdf](https://semac.org.mx/_src/pdf/congresos-semac/e04e084307d353ec7e9cb6158a-2ae9eb5bc51926.pdf)
- Barker LM, Nussbaum MA. Fatigue, performance and the work environment: A survey of registered nurses. *J Adv Nurs*. 2011;67(6):1370-82. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05597.x>
- Geiger-Brown J, Rogers VE, Trinkoff AM, et al. Sleep, sleepiness, fatigue, and performance of 12-hour-shift nurses. *Chronobiol Int*. 2012;29(2):211-9. DOI: <https://doi.org/10.3109/07420528.2011.645752>
- Lauridsen O, Tonnesen T. Injuries related to the aspects of shift working. A comparison of different offshore shift arrangements: Lauridsen, O., and Tonnesen, T.J *Occupat Accidents*, 1990, bd12.1-3, 167-176, 8 refs. *Appl Ergon*. 1991;22(4):278-9. DOI: [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870\(91\)90280-U](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870(91)90280-U)
- Carrillo-González A, Cantor-Cutiva LC. Workplace health promotion programs among health workers: a systematic literature review. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 2023;41(3):e352614. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e352614>
- Duarte-Arias D, Valencia-Basto D. Relación entre el síndrome de *burnout*, ansiedad y depresión en trabajadores de la salud de un hospital de alta complejidad en Cúcuta. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 2024;42:e353571. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e353571>
- Bligård LO, Osvalder AL. CCPE: Methodology for a combined evaluation of cognitive and physical ergonomics in the interaction between human and machine. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2014;24(6):685-711. DOI: <https://doi.org/10.1002/hfm.20512>
- Jung HS, Jung H-S. Establishment of overall workload assessment technique for various tasks and workplaces. *Int J Ind Ergon*. 2001;28(6):341-53. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(01\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(01)00040-3)
- Mehta RK, Agnew MJ. Effects of concurrent physical and mental demands for a short duration static task. *Int J Ind Ergon*. 2011;41(5):488-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.04.005>
- Dias R., Ngo-Howard MC, Boskovski MT, et al. Systematic review of measurement tools to assess surgeons' intraoperative cognitive workload. *Br J Surg*. 2018;105(5):491-501. DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.10795>
- Vera J, Jiménez R, et al. Simultaneous physical and mental effort alters visual function. *Optometry and Vision Science*, 2017;94(8):p 797-806. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001105>
- Kaber Y, Liang Y, Zhang, et al. Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior. *Transp Res Part F: Traffic Psychol Behav*. 2012;15(5):491-501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.05.004>
- Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology*. 1988;52:139-83. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Said S, Gozdzik M, Roche TR, et al. Validation of the Raw National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) questionnaire to assess perceived workload in patient monitoring tasks: Pooled analysis study using mixed models corresponding author. *J Med Internet Res*. 2020;22(9):e19472. DOI: <https://doi.org/10.2196/2F19472>
- Grier RA. How high is high? A meta-analysis of Nasa-Tlx Global Workload Scores. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*. 2015;59(1):1727-31. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>

19. Faulhaber K. From crewed to single-pilot operations : Pilot performance and workload management. 20th International Symposium on Aviation Psychology [internet]; 2019 jul. 5 [citado 2024 feb.]. pp. 283-8. Disponible en: [https://corescholar.libraries.wright.edu/isap\\_2019/48](https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2019/48)
20. DiDomenico AT. An investigation on subjective assessments of workload and postural stability under conditions of joint mental and physical demands [Doctoral Dissertation]. Virginia Tech [Internet]; 2003. [citado 2024 feb.]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10919/28368>
21. Tubbs-Cooley HL, Mara CA, et al. The NASA Task Load Index as a measure of overall workload among neonatal, paediatric and adult intensive care nurses. *Intensive Crit Care Nurs.* 2018;46:64-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2018.01.004>
22. Helton S, Funke GJ, Knott BA. Measuring workload in collaborative contexts: Trait versus state perspectives. *Human Factors.* 2014;56(2):322-32. DOI: <https://doi.org/10.1177/0018720813490727>
23. Keir PJ, Brown MM. Force, frequency and gripping alter upper extremity muscle activity during a cyclic push task. *Ergonomics.* 2012;55(7):813-24. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.668947>
24. Janny B, Maier T. Optimization of hand-operated human-machine interfaces for the elderly through internal grip force measurement. *Procedia Manuf.* 2015;3:5366-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.649>
25. Sahar Y, Elbaum T, Wagner M, et al. Grip force as a measure of stress in aviation. *Int. J. Aerosp. Psychol.* 2015;25(3-4):157-70. DOI: <https://doi.org/10.1080/10508414.2015.1162632>
26. Sahar, T. Elbaum, M. Wagner, et al. Grip Force on Steering Wheel as a Measure of Stress. *Front Psychol.* 2021;12:617889. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.617889>
27. Ikemoto Y, Demura S, Yamaji S. Relations between the inflection point on the force-time curve and force-time parameters during static explosive grip. *Percept Mot Skills.* 2004;98(2):507-18. DOI: <https://doi.org/10.2466/pms.98.2.507-518>

© 2024. This work is licensed under

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> (the “License”).

Notwithstanding the ProQuest Terms and Conditions, you may use this content  
in accordance with the terms of the License.