

Análisis de carga mental y error humano entre dos centros de lavado

Mental Load and Human Error Analysis Between Two Laundry Centers

Carlos Solís-Téllez¹, Pablo Daniel Gutiérrez-Gutiérrez¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

El objetivo de este estudio es el de conocer si la propuesta de un panel de control optimizado reduce el nivel de carga mental al compararlo con el panel de control actual de un centro de lavado Frigidaire mediante un análisis jerárquico de tareas (HTA) en conjunto con un estudio TAFEI y un estudio NASA-TLX. Como resultado de este trabajo, en el que participaron 20 personas de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, se encontró que la tarea de lavado de ropa y selección de ciclo con el panel de control actual genera un nivel de carga mental de 89 y 53 puntos al utilizar el panel de control actual. No se han encontrado otros estudios en los que se realice un análisis de carga cognitiva de paneles de control de los centros de lavado. En base a los resultados se puede determinar que los usuarios sienten una mejora en el nivel de carga mental de 28 % y 45 % con las nuevas propuestas de paneles de control.

PALABRAS CLAVE: centro de lavado; carga mental; selección de ciclo; NASA-TLX; HTA.

ABSTRACT

The objective of this study is to know if the proposal of an optimized control panel reduces the level of mental load with respect to the current control panel of a Frigidaire laundry center through a Hierarchical Analysis of Tasks (HTA) along with a TAFEI study and a NASA-TLX study. As a result of this work, in which 20 people from Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico participated, it was found that the task of laundry and cycle selection with the current control panel generates a mental load level of 89 and 53 points when using the current control panel. No other studies were found in which an analysis of the cognitive load of control panels of the laundry center is done. Based on the results, it can be determined that users feel an improvement in the level of mental load with the proposed control panel, showing a reduction in mental load of more approximately 28% and 45% with the new control panel proposals.

KEYWORDS: laundry center; mental load; cycle selection; NASA-TLX; HTA.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Carlos Solís Téllez
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez / Instituto de Ingeniería y Tecnología
DIRECCIÓN: Av. del Charro 450 norte, col. Partido Romero, C. P. 32310. Ciudad Juárez, Chihuahua, México
CORREO ELECTRÓNICO: al194618@alumnos.uacj.mx

Fecha de recepción: 26 de abril de 2021. **Fecha de aceptación:** 8 de octubre de 2021. **Fecha de publicación:** 10 de noviembre de 2021.



I. INTRODUCCIÓN

El impacto del uso de los paneles de control de centros de lavado doméstico en los usuarios ha sido abordado por diversas investigaciones. Por ejemplo, en un estudio de Kumar & Kumar [1] se analiza el nivel de carga mental generado al utilizar tres paneles de control diferentes, uno analógico, uno digital y uno híbrido, mediante un electroencefalograma (EEG) y el índice de carga mental de la NASA (NASA-TLX). Se determinó que las opciones de diseño en diferentes paneles de control requieren de diferentes niveles de interpretación, lo cual implica una posible relación con el nivel de carga mental.

También, el estudio de Jin, Cardoso y Verbert [2] encuentra una relación directa entre el número de opciones controladas por el usuario y el nivel de carga mental. En el primer aspecto, si bien aumenta la precisión de las tareas, no son necesariamente las preferidas. Esto indica que solo usuarios con un alto nivel de experiencia (experto) y/o con la necesidad de obtener resultados de alta eficiencia prefieren tareas con un elevado número de opciones, lo que significa un alto nivel de carga mental.

Específicamente, los centros de lavado Frigidaire son hoy en día de los más utilizados en el mercado, su panel de control está estandarizado entre modelos y aun después de una extensa investigación documental no se han encontrado estudios en los que se realice un análisis de carga cognitiva al manipular paneles de control de centros de lavado u otros electrodomésticos.

Uno de los estudios que podría estar relacionado con lo anterior se aborda en el capítulo 36 del libro *Handbook of Industrial Engineering* [3], en el cual se analiza el diseño del panel de control de una estufa. Ahí se menciona que diferentes tareas pueden depender de recursos psicológicos o funciones mentales similares, por lo que mientras más opciones haya en el panel, mayor será la carga mental experimentada. De esta forma, los niveles de carga mental tienden a estar relacionados con el nivel de similitud entre las funciones mentales y sus limitaciones. Otros estudios revisados se enfocan en el análisis de la eficiencia, el desempeño o la ergonomía, haciendo énfasis en la capacidad de los usuarios para desempeñar o comprender las tareas a realizar y la efectividad con la que se realizan [4], [5], [6].

Con el desarrollo tecnológico y el avance acelerado en los procesos de inteligencia artificial, síntesis y análisis de procesos de trabajo y toma de decisiones, ha sido posible facilitar los trabajos más complejos, por lo que ahora pueden ser realizados por el usuario inexperto.

Dados estos antecedentes, se plantean estas interrogantes: ¿cuál es el nivel de carga mental que se genera al lavar ropa en un centro de lavado Frigidaire al utilizar la versión estandarizada del panel de control? y ¿reducir el número de opciones en el diseño del panel de control generaría una diferencia en el nivel de carga mental percibido por los usuarios? Este artículo de investigación, por lo tanto, se enfoca en responder estas preguntas. Para ello se midió el nivel de carga mental generado al lavar ropa en un centro de lavado Frigidaire (Figura 1) y se comparó con el generado por la nueva propuesta (Figura 2).



Figura 1. Panel de control actual de un modelo Frigidaire.

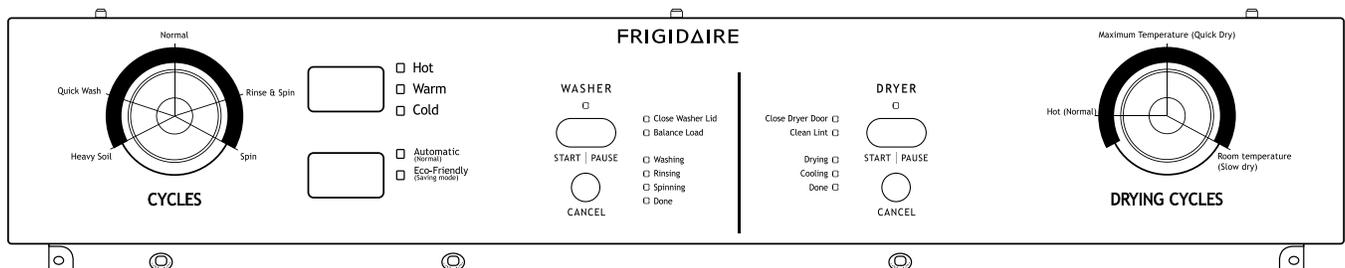


Figura 2. Panel de control propuesto para los modelos Frigidaire.

II. METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, por medio de la aplicación de las siguientes herramientas de evaluación de carga mental: Análisis jerárquico de tareas (HTA: *hierarchical task analysis*), análisis de tareas para la identificación de errores (TAFEI: *task analysis for human error identification*) y el NASA-TLX (*NASA Task Load Index*). Participaron usuarios de entre 18 y 57 años, en su mayoría mujeres, los cuales están dentro del rango de población económicamente activa con la mayor ocupación laboral, según su edad [7] y están divididos en tres grupos de edad (18-39 años, 25-40 años y 55-75 años).

Este estudio de tipo mixto tiene un enfoque principalmente cualitativo, en el que se compararon los niveles de carga mental generados al utilizar dos paneles de control diferentes en el mismo centro de lavado. Se definieron tres variables principales: una dependiente (nivel de carga mental) y dos independientes (panel de control actual y panel de control propuesto).

Herramientas de evaluación de carga mental

Para determinar el nivel de carga mental, primero se realizaron dos análisis HTA, el primero con el panel de control normal y el segundo con el panel de control propuesto.

Análisis jerárquico de tareas (HTA)

El análisis jerárquico de tareas permite analizar con más detalle las tareas que se llevan a cabo al realizar una actividad como la de lavar una carga de ropa [8].

Una vez que se realizó el primer análisis HTA utilizando el panel de control actual, el ciclo de trabajo se dividió en siete tareas (Figura 3), lo cual ayudó a determinar las tareas a realizar por los usuarios de prueba:

1. Elegir la cantidad de ropa que se pondrá en la lavadora.
2. Colocar detergente y ropa en la lavadora.
3. Seleccionar ciclo de lavado.
4. Seleccionar el nivel de agua.
5. Seleccionar la temperatura.
6. Activar el ciclo de lavado.
7. Vaciar la lavadora.

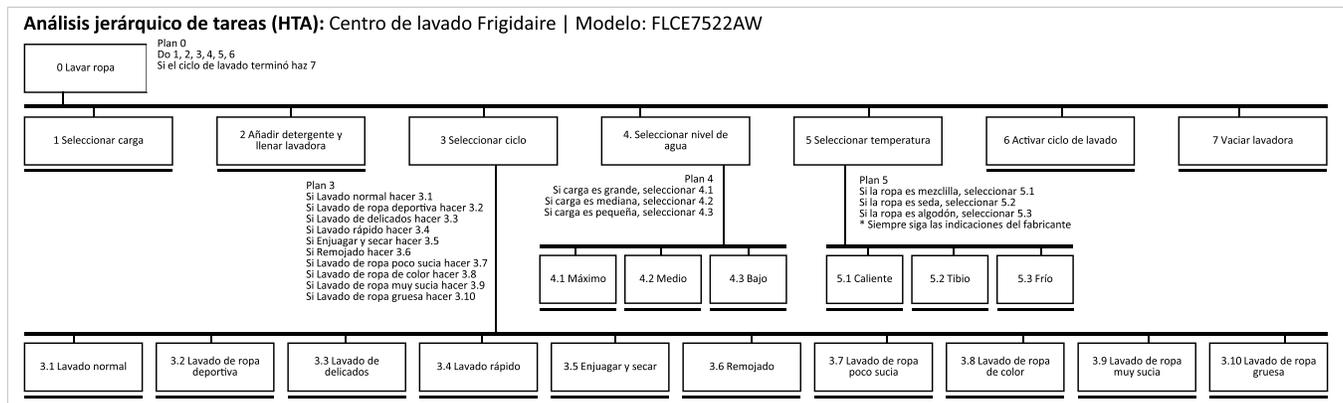


Figura 3. Panel de control actual HTA.

Análisis de TAFEI

A continuación, se realizó un análisis TAFEI para encontrar posibles errores y soluciones en el procedimiento (Figuras 4, 5 y 7). En la descripción de posibles errores y soluciones se propone la generación de instrucciones o etiquetas de advertencia para el usuario. Esta información es una simplificación de la que ya se encuentra en el instructivo y se propone su inclusión para brindar información rápida en caso de que el usuario haya omitido la lectura de este.

Panel de control alternativo HTA

Después de realizar el primer análisis HTA, surgió la hipótesis de que un alto número de opciones genera un alto nivel de carga mental, por lo que se diseñó un panel de control alternativo con un número reducido de opciones en las tareas de selección de ciclos y selección de nivel de agua (Figura 2), el cual se denomina panel de control propuesto. Con el nuevo diseño, se realizó otro análisis HTA (Figura 6).

Carga de ropa y una cantidad de detergente predeterminadas (Tareas 1 y 2)

La “Tarea 1: Seleccionar carga” y “Tarea 2: Añadir detergente y llenar la lavadora” se utilizan como actividades de control para que poder realizar una comparación entre los paneles, ya que en la propuesta del nuevo pa-

nel de control solo se modifica el número de opciones en “Selección del ciclo de lavado” y “Selección nivel de agua”, por lo cual se predeterminan la carga de ropa y la cantidad de detergente a utilizarse durante la “Tarea 0: Ciclo de lavado”, utilizando el mismo valor en todas las iteraciones.

| | | Of the state | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------|-------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|------------------|
| | | Vacía | Llena | Ciclo seleccionado | Nivel de agua seleccionado | Nivel de temperatura seleccionado | Lavado | Ciclo completado |
| From the state | Vacía | - | L1 | - | - | - | IA | - |
| | Llena | | - | L2 | | | IC | - |
| | Ciclo seleccionado | | | - | L3 | | ID | - |
| | Nivel de agua seleccionado | | | | - | L4 | IE | - |
| | Nivel de temperatura seleccionado | | | | | - | L5 | - |
| | Lavado | IF | IG | IH | II | IJ | - | LM |
| | Ciclo completado | L4 | L1 | | | | LM | - |

Figura 4. Matriz de transición de TAFEI.

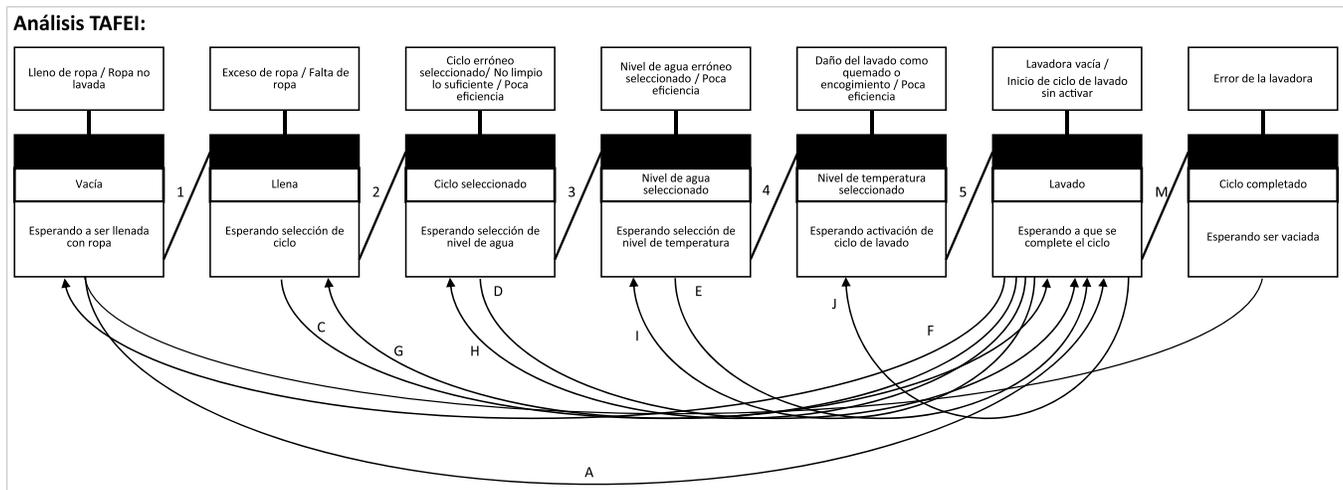


Figura 5. Análisis actual del panel de control TAFEI.

Para determinar la carga de ropa y la cantidad de detergente se tomó como referencia un artículo que aparece en la *Revista del Consumidor* llamado “Centros de Lavado y Lavasecadoras: Más ropa limpia en menos tiempo y menos espacio”, en donde se menciona que el nivel óptimo de carga para lavar ropa de algodón con el ciclo

normal es de 5 kg, mientras que se utilizaron 89.5 ml de detergente Ariel líquido doble potencia [9]. Estos parámetros se tomaron en cuenta para la aplicación del instrumento y no se midieron, ya que las cantidades, marcas y proporciones utilizadas son las mismas en todas las iteraciones y no son de interés para esta investigación.

Procedimiento

Una vez que se determinaron las tareas a llevar a cabo por el usuario, se iniciaron las iteraciones de la siguiente manera: el primer paso consistió en colocar la perilla de selección de ciclo en la opción de “Light Soil”, para que el usuario se viera en la necesidad de seleccionar un ciclo de trabajo. En segundo lugar, se proporcionó a los usuarios el manual de instrucciones del fabricante y se les invitó a leerlo. En tercer lugar, se les pidió a los

usuarios que realizaran la “Tarea 0: Lavado de ropa” del análisis HTA, la cual contiene las siguientes subtareas (Figura 6):

1. Seleccionar carga de ropa.
2. Colocar detergente y ropa en la lavadora.
3. Seleccionar ciclo de lavado.
4. Seleccionar el nivel de agua.
5. Seleccionar temperatura.
6. Activar el ciclo de lavado.
7. Vaciar la lavadora.

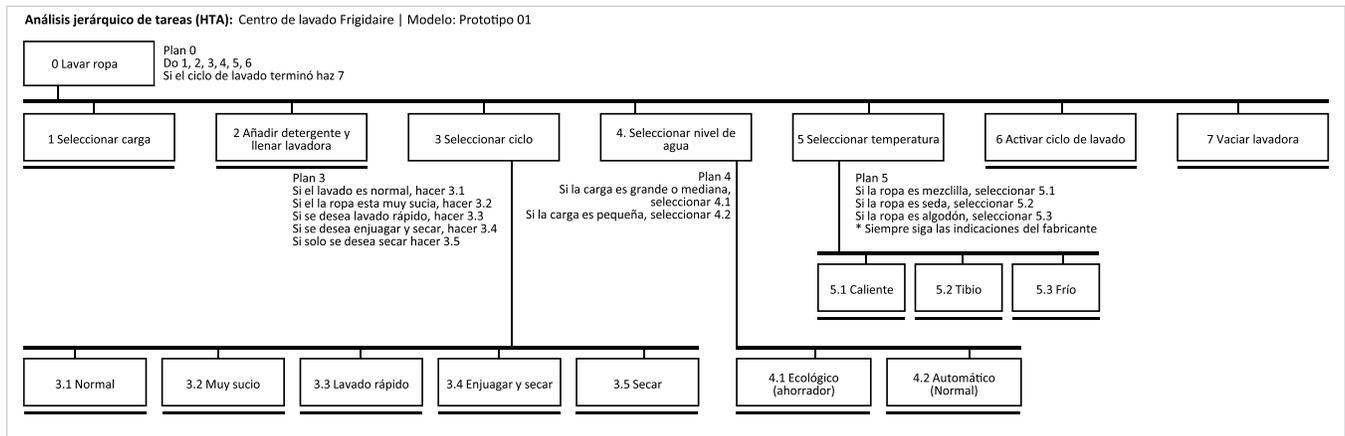


Figura 6. HTA con panel de control alternativo.

| Error | Transition | Error description | Solution |
|-------|------------|---|---|
| A | 1 to 6 | Vaciar lavadora | Sensor de carga |
| C | 2 to 6 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración | Instrucciones para el usuario Opciones de optimización |
| D | 3 to 6 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración | Instrucciones para el usuario Opciones de optimización Sensor de carga Sensor de densidad de masa amigable con el medio ambiente |
| E | 4 to 6 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración | Instrucciones para el usuario Opciones de optimización |
| F | 6 to 1 | La lavadora no lavó por completo | Instrucciones para el usuario, etiqueta de advertencia |
| G | 6 to 2 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración | Instrucciones para el usuario, etiqueta de advertencia |
| H | 6 to 3 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración, poca eficiencia | Instrucciones para el usuario, etiqueta de advertencia |
| I | 6 to 4 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración, poca eficiencia | Instrucciones para el usuario, etiqueta de advertencia |
| J | 6 to 5 | Los requerimientos de carga no son compatibles con los valores de configuración, daño del lavado como quemado o encogimiento, poca eficiencia | Instrucciones para el usuario, etiqueta de advertencia |

Figura 7. Descripción de posibles errores-soluciones.

NASA-TLX

Para realizar el análisis NASA-TLX fue necesario generar un instrumento de evaluación para comparar los resultados obtenidos con los paneles de control del usuario. Este instrumento mide la presión mental,

física, temporal, el esfuerzo, el rendimiento y la frustración de una persona al realizar un ciclo de trabajo. Consta de cinco fases en las que se realiza una medición, se genera una puntuación, se determina el peso, se convierte la puntuación y se obtiene una medida ponderada global.

Una vez completado el proceso del ciclo de trabajo, se pidió al usuario que llenara el Instrumento de Evaluación NASA-TLX, así como el Formulario de Comparación de Dimensiones para determinar el peso de cada dimensión por tarea. Para comenzar con el proceso, se generó un instrumento de evaluación que consiste en 6 preguntas para medir las dimensiones y 15 comparaciones para medir la demanda mental. Se pidió al usuario que realizara una tarea y luego evaluara cualitativamente, indicando en un rango de 0 a 20 cuál de los factores le causó más carga cognitiva. Esta información se recopiló en un documento y mediante la ponderación de los datos y su multiplicación, se obtuvo una media ponderada global para cada una de las tareas. Una vez completada la etapa de evaluación del instrumento actual, el usuario abordó el segundo instrumento, el cual evaluó la carga mental al utilizar el panel de control propuesto.

En este caso se valoraron dos tareas: la primera es la “Tarea 0: Lavado de ropa”, donde evaluó de manera global el proceso, y la segunda es la “Tarea 3: Selección de ciclo”, la cual se encuentra dentro de la anterior y evaluó de manera específica el nivel de la carga mental generada. Estas evaluaciones se realizaron tanto para el panel de control propuesto como para el panel de control actual. Finalmente se graficaron los resultados para realizar una comparación visual (Figura 8).

| Atributo | Frigidaire FLCE7522AW | Frigidaire Prototipo 01 |
|---|-----------------------|-------------------------|
| Análisis ergonómico de carga mental | × | ✓ |
| Capacidad de carga de ropa (declarada/recomendada)* | 8 kg / 5 kg | 8 kg / 5 kg |
| Número de ciclos | 10 | 5 |
| Número de niveles de agua | 3 | 2 |
| Número de temperaturas | 3 | 3 |
| Material de la tina | Plástico | Plástico |
| Seguro en tapa | ✓ | ✓ |
| Despachador de blanqueador | ✓ | ✓ |
| Despachador de suavizante | ✓ | ✓ |
| Alarma | ✓ | ✓ |
| Función de prelavado | ✓ | ✓ |
| Sistema de secado a gas | Gas | Gas |
| Filtro atrapa pelusa | ✓ | ✓ |
| Alarma fin de ciclo | ✓ | ✓ |
| Sistema antiarrugas | ✓ | ✓ |
| Indicadores LED | ✓ | ✓ |
| Material del tambor | Esmaltado | Esmaltado |

* Recomendada de acuerdo con su capacidad volumétrica.

Figura 8. Comparación de atributos entre panel de control actual y propuesto.

III. RESULTADOS

Primer análisis jerárquico de tareas HTA y TAFEI

El análisis HTA es uno de los métodos más utilizados para iniciar la tarea de análisis de la carga mental [10], por lo que, al utilizarlo junto con el análisis TAFEI para determinar el nivel de carga mental generada al manipular el panel de control actual, expone de manera clara la gran cantidad de variables que se generan al momento de obligar al usuario a seleccionar una opción de entre un elevado número de alternativas, como en el caso de la “Tarea 3: Ciclo de lavado” y, en especial, si se combina con la “Tarea 4: Nivel de agua”. Lo anterior ayuda a fortalecer la hipótesis de que reducir el número de opciones en estas tareas podría generar una reducción en el nivel de carga mental percibida.

Panel de control alternativo HTA

Con el fin de probar la hipótesis ya mencionada, se diseñó una propuesta con un número reducido de subtareas en la “Tarea 3: Ciclo de lavado” y en la “Tarea 4: Nivel de agua”, reduciéndolas de 10 a 5 y de 3 a 2 respectivamente (Figura 6) para la que se utilizó el panel de control propuesto (Figura 2). En la Figura 8 se hace una comparación entre los diferentes modelos.

NASA-TLX

Los resultados del instrumento NASA-TLX muestran una reducción de la carga mental percibida por los 3 grupos de usuarios al considerar la “Tarea 0: Lavado de ropa” y “Tarea 3: Ciclo de lavado” (denominadas como Tarea 0 y Tarea 3 en las gráficas de las Figuras 9 y 10).

Prueba de normalidad y prueba T

Con los datos obtenidos del NASA-TLX se realizaron pruebas de normalidad y una prueba T, en las que se observó una distribución normal y un cambio estadístico significativo, tanto en la “Tarea 0: Ciclo de lavado” (Figura 15) como en la “Tarea 3: Selección de ciclo” (Figura 16).

Las pruebas de normalidad resultaron válidas, con valor P mayores a 0.05, con la excepción de la prueba de “Tarea 0: Lavar ropa” (propuesta). Esto puede atribuirse a que el usuario está fatigado en la última fase del proceso de las pruebas (Figuras 11, 12, 13 y 14).

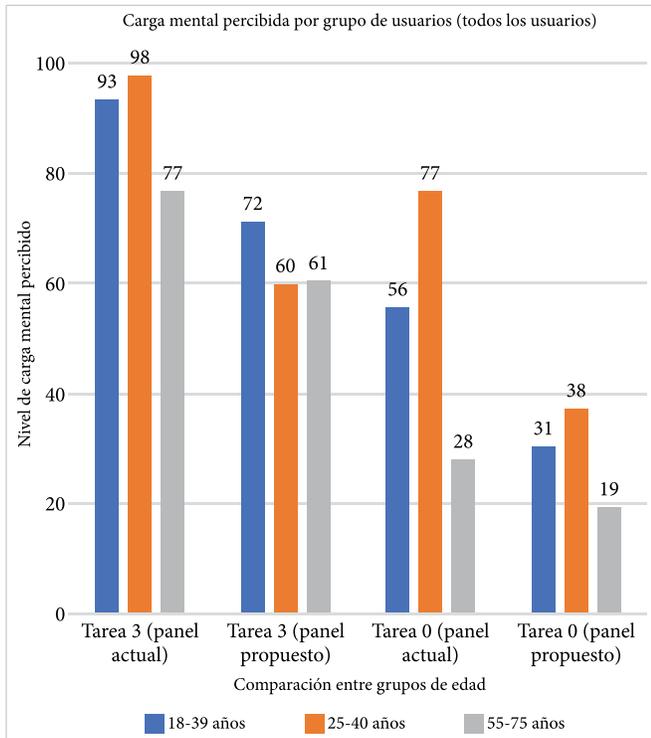


Figura 9. Carga mental promedio percibida por todos los usuarios.

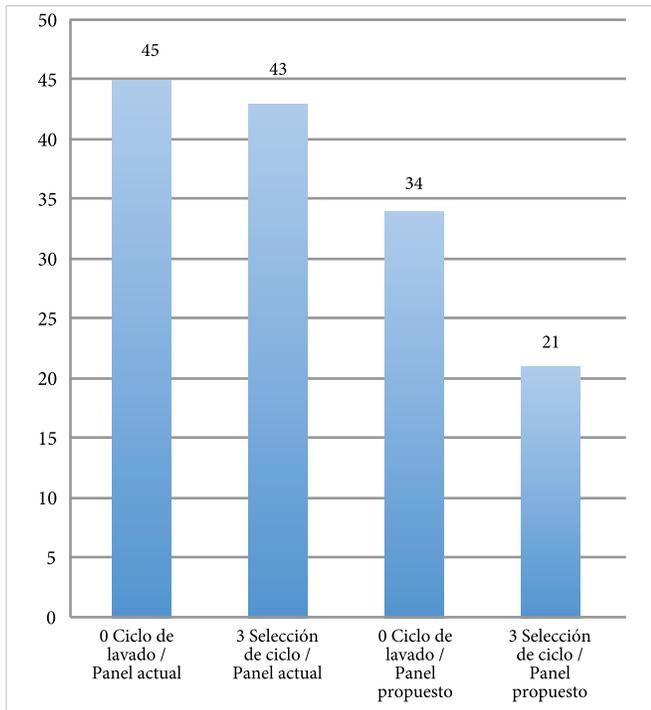


Figura 10. Carga mental promedio de los tres grupos de usuarios.

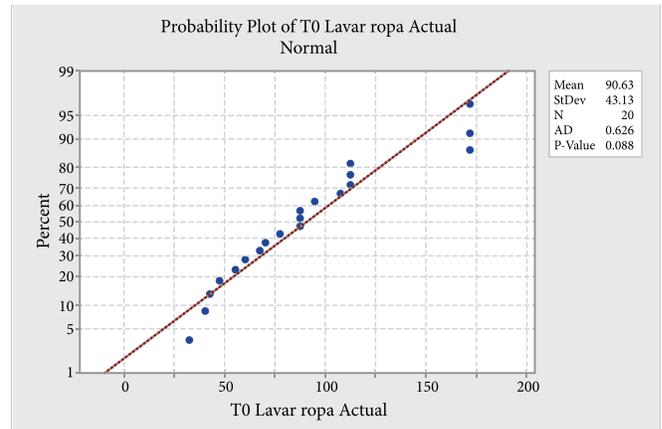


Figura 11. Prueba de normalidad de los datos de la “Tarea 0: Ciclo de lavado” (Actual).

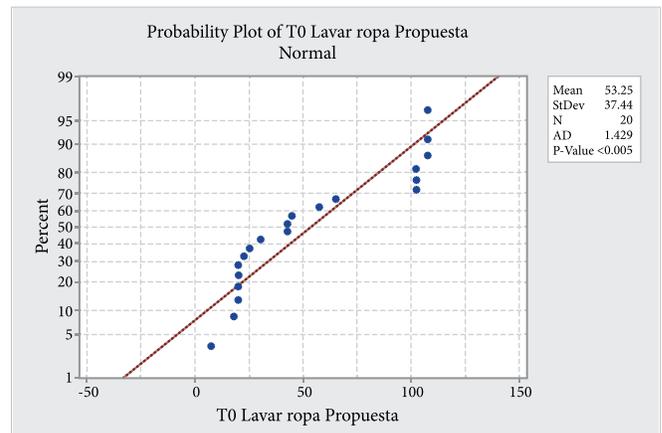


Figura 12. Prueba de normalidad de los datos de la “Tarea 0: Ciclo de lavado” (Propuesta).

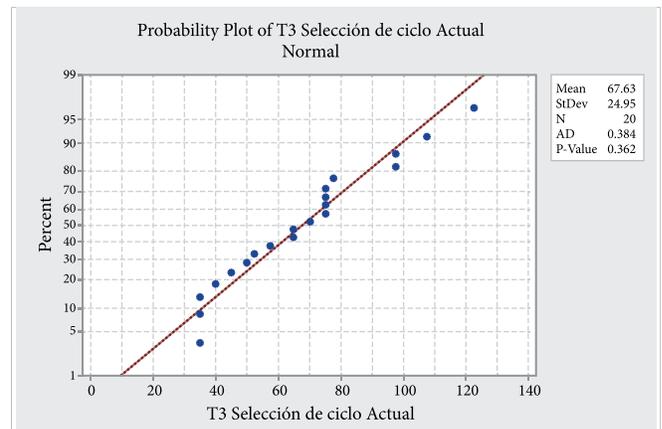


Figura 13. Prueba de normalidad de los datos de la “Tarea 3: Selección de ciclo” (Actual).

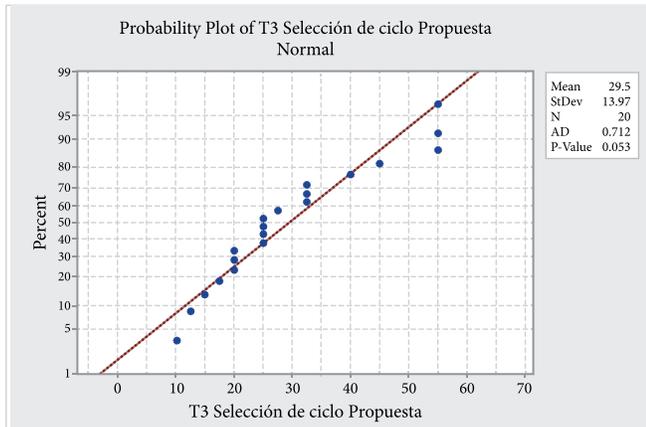


Figura 14. Prueba de normalidad de los datos de la “Tarea 3: Selección de ciclo” (Propuesta).

En la prueba T (Figuras 15 y 16) existe una diferencia significativa de los datos entre ambas.

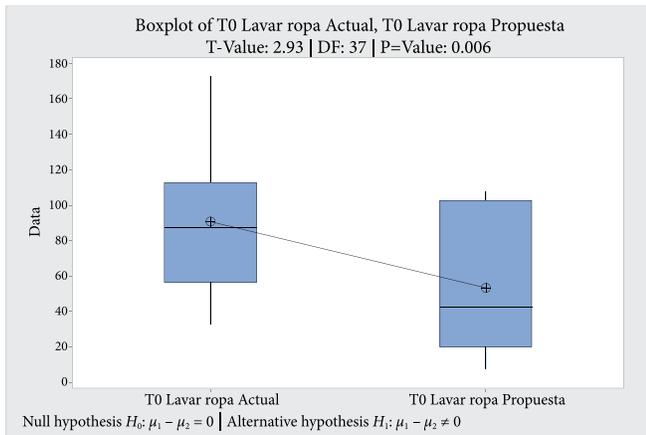


Figura 15. Prueba T de los datos de la “Tarea 0: Ciclo de lavado” (Propuesta).

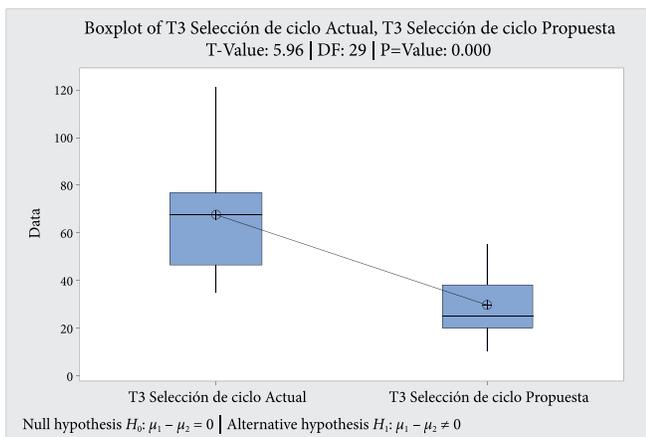


Figura 16. Prueba T de los datos de la “Tarea 3: Selección de ciclo” (Propuesta).

IV. CONCLUSIONES

Con base en los resultados, es posible determinar que existe una diferencia significativa entre las muestras de todos los grupos y que se siente una mejora en el nivel de carga mental con el panel de control propuesto, tanto de la tarea 0 como de la tarea 3, con mejoras de aproximadamente 28 % y 45 %, respectivamente (Figura 10). Sin embargo, debido a que la muestra es $N=20$ se recomienda ampliar la muestra para obtener valores estadísticamente más significativos. Los resultados obtenidos indican que los usuarios de un centro de lavado prefieren utilizar un pequeño número de opciones, esto debido a que solo requieren un número reducido de funciones para sentirse satisfecho, ya que solo realiza la tarea de lavar la ropa de forma casual.

Estos resultados concuerdan con la información obtenida de otros estudios de carga cognitiva y, aunque la alta eficiencia es deseable, esta se puede mantener manipulando los parámetros del centro de lavado o su metodología de uso.

REFERENCIAS

- [1] N. Kumar y J. Kumar, “Selection of Control Panel Design Using Cognitive Load Parameters Based on Physiological Data: An Experimental Study”, *Des. J.*, vol. 22, no. 5, pp. 607-626, 2019, doi: 10.1080/14606925.2019.1634446.
- [2] Y. Jin, B. Cardoso y K. Verbert, “How do different levels of user control affect cognitive load and acceptance of recommendations?”, *CEUR Workshop Proc.*, vol. 1884, pp. 35-42, 2017.
- [3] N. Marmaras y T. Kontogiannis, “Cognitive Tasks”, en *Handbook of Industrial Engineering*, G. Salvendy, ed., 3.ª ed. John Wiley & Sons, Inc., 2007, cap. 39, pp. 1011-1040.
- [4] R. Parasuraman, M. Mouloua y B. Hilburn, “Adaptive aiding and adaptive task allocation enhance human-machine interaction”, en *Automation Technology and Human Performance*, M. W. Scerbo y M. Mouloua, eds. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1999, pp. 119-123.
- [5] S. H. Hsu y Y. Peng, “Control/display relationship of the four-burner stove: A reexamination”,

- Hum. Factors*, vol. 35, no. 4, pp. 745-749, 1993, doi: 10.1177/001872089303500413.
- [6] A. Glasgow y P. G. Higgins, “The use of domestic appliances by cognitively impaired users”, *Int. J. Cogn. Perform. Support*, vol. 1, no. 1, pp. 40-53, 2013, doi: 10.1504/ijcps.2013.053589.
- [7] INEGI. Comunicado de prensa núm. 457/12. (2021, ag. 19). *Resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Nueva edición. Cifras durante el segundo trimestre de 2021*. [En línea]. Disponible en: www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/enoe_ie/enoe_ie2021_08.pdf
- [8] N. A. Stanton, “Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions”, *Appl. Ergon.*, vol. 37, no. 1, 2006, pp. 55-79, doi: 10.1016/j.apergo.2005.06.003.
- [9] Procuraduría Federal del Consumidor, “Centros de Lavado y Lavasecadoras. Más ropa limpia en menos tiempo y menos espacio”, *Rev. del Consum.*, oct. 2014, vol. 452, pp. 46-55.
- [10] A. A. Durán-Coronado, A. A. Maldonado-Macías, M. A. Barajas-Bustillos y J. L. Hernández-Arellano, “Análisis cognitivos de carga mental e identificación del error humano para mejorar la experiencia de usuario”, *CienciaUAT*, vol. 14, no. 1, pp. 71-84, 2019, doi: 10.29059/cienciauat.v14i1.1173.