



Universidad de Matanzas
Facultad de Industrial

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE INDICADORES RELACIONADOS CON LA
CARGA MENTAL EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD DE MATANZAS**

**Tesis en opción al título de Master en Ergonomía y Seguridad y Salud en el
Trabajo.**

Autor: Ing. Juan Lázaro Acosta Prieto

Tutor: Dr.Cs Joaquín García Dihigo

Curso 2022

Dedicatoria

A mis 3 estrellas que en estos difíciles 2 años se me fueron al cielo.

Agradecimientos

A la vida, cada minuto en este mundo vale la pena vivirlo a tope.

Resumen

A pesar del empleo de indicadores biomoleculares, fisiológicos, psicofisiológicos y psicológicos asociados a la carga mental de trabajo la comunidad científica no se ha logrado definir con total claridad qué comportamiento deben seguir, de manera que se pueda inferir si la exigencia cognitiva a desarrollar puede provocar trastornos psicológicos y fisiológicos a la salud del trabajador. La presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento de indicadores relacionados con la carga mental en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas. Los indicadores aplicados son: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), Percepción de Profundidad (PP), Umbral de Discriminación Táctil (UDT), Tiempo de Reacción Simple (TRS) y Tiempo de Reacción Complejo (TRC). Se desarrolla un procedimiento que consta de tres etapas: preparatoria, experimental donde se crean dos grupos de muestra bajo el supuesto de presencia y ausencia de exigencias cognitivas y se evalúan los indicadores seleccionados antes y después del desarrollo de la actividad experimental y resultados donde se analiza la comparación de muestras pareadas y muestras independientes mediante el software Statgraphic Centurion para el procesamiento estadístico. Los resultados de la investigación muestran que existen diferencias significativas entre el antes y después para la muestra que realizó el examen, no así para la muestra con ausencia de exigencias cognitivas y se demuestra la correlación entre el indicador VFC y los indicadores PP, UDT y TRC, logrando determinar una ecuación válida que se ajusta al modelo de regresión lineal múltiple para la muestra objeto de estudio.

Palabras claves: carga mental, estudiantes universitarios, indicadores fisiológicos, indicadores psicofisiológicos

Abstrac

Despite the use of biomolecular, physiological, psychophysiological and psychological indicators associated with the mental workload, the scientific community has not been able to define with total clarity what behavior they should follow, so that it can be inferred if the cognitive demand to be developed can cause psychological and physiological disorders to worker's health. The objective of this research is to analyze the behavior of indicators related to mental load in Industrial Engineering students at the University of Matanzas. The applied indicators are: Heart Rate Variability (HRV), Depth Perception (DP), Tactile Discrimination Threshold (TDT), Simple Reaction Time (SRT) and Complex Reaction Time (CRT). A procedure consisting of three stages is developed: preparatory, experimental where two sample groups are created under the assumption of presence and absence of cognitive demands and the selected indicators are evaluated before and after the development of the experimental activity and results where it is analyzed comparison of paired samples and independent samples using Statgraphic Centurion software for statistical processing. The results of the investigation show that there are significant differences between the before and after for the sample that took the exam, but not for the sample with the absence of cognitive demands, and the correlation between the HRV indicator and the DP, TDT and CRT indicators is demonstrated. , managing to determine a valid equation that fits the multiple linear regression model for the sample under study.

Keywords: mental load, academic students, physiological indicators, psychophysiological indicators,

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I. Marco teórico referencial.....	9
1.1. Tránsito del trabajo físico al trabajo mental	10
1.2. La ergonomía vinculada al estudio del trabajo mental.....	11
1.3. Demandas cognitivas del puesto de trabajo, capacidades cognitivas del individuo y carga mental	12
1.4. Fundamentos biomoleculares, fisiológicos, psicológicos y psicofisiológicos del trabajo mental.....	14
1.5. Efectos negativos de la fatiga mental para el ser humano y las organizaciones	15
1.5.1. Síntomas de la aparición de carga mental y sus efectos negativos en estudiantes universitarios.....	17
1.6. Normas y regulaciones que existen acerca de trabajo mental.....	17
1.7. Modelos empleados para evaluar puestos de trabajo con demanda cognitiva...	19
1.8. Indicadores relacionados con la carga mental de trabajo	22
1.8.1. Indicadores fisiológicos	22
1.8.2. Indicadores biomoleculares.....	25
1.8.3. Indicadores psicofisiológico.....	26
1.8.4. Indicadores psicológicos	31
1.9. Conclusiones parciales del capítulo.....	32
Capítulo II. Metodología propuesta para analizar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental	34

2.1. Definición de indicadores relacionados con la carga mental a emplear en la investigación.....	34
2.2. Metodología propuesta para analizar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental.....	36
2.2.1. Descripción de la Etapa I del procedimiento propuesto	37
2.2.2. Descripción de la Etapa II del procedimiento propuesto	47
2.2.3. Descripción de la Etapa III del procedimiento propuesto	48
2.3. Conclusiones parciales del capítulo.....	56
Capítulo III: Resultados de la aplicación del procedimiento para el análisis del comportamiento de los indicadores para valorar trabajo mental en condiciones experimentales.....	58
3.1. Caracterización de la entidad objeto de estudio	58
3.2. Desarrollo de la Etapa I del procedimiento propuesto	59
3.3. Desarrollo de la Etapa II del procedimiento propuesto	61
3.4. Desarrollo de la Etapa III del procedimiento propuesto	63
3.5. Conclusiones parciales del capítulo.....	77
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
Referencias bibliográficas	81
Anexos	93

Introducción

La Revolución Industrial transformó el sistema de producción manufacturero convirtiéndolo en un sistema de producción masivo a gran escala, introduciendo cambios profundos en la organización y procesos de trabajo, a través de la implementación de las cadenas de producción. Este desarrollo tuvo repercusiones a nivel social que influyeron incluso en la manera de organizarse socialmente del hombre para realizar su trabajo y el entorno laboral (Álvarez, 2014).

En los nuevos puestos de trabajo del siglo XXI existe una reducción paulatina de la actividad física y predomina la actividad mental por lo que se requiere de más tratamiento de información, relación con clientes, y en el control de equipos (Hernández Moreno, 2022).

Todas estas condiciones han posibilitado la aparición en las últimas décadas de un conjunto de nuevas formas de trabajo, que a pesar de que se les atribuyen diversas ventajas sobre las formas tradicionales, no dejan de contar con innumerables factores de riesgo a la salud del trabajador que son desconocidos por la novedad del tema como la proliferación de enfermedades que se caracterizan por provocar trastornos a la salud del individuo e incluso la muerte, el aislamiento social de los trabajadores, la exposición a peligros, aumento de la tensión en el trabajo y por tanto mayores dificultades en asegurar la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, por lo que estos nuevos cambios no logran totalmente humanizar el trabajo.

La carga mental en un determinado puesto de trabajo va a depender de las exigencias del trabajo, fundamentalmente de las exigencias mentales de la tarea, y de la capacidad de respuesta del trabajador, es un término general que abarca los conceptos de presión mental y tensión mental (Vilañez Uvidia, 2021). Cuando un trabajador se enfrenta a una tarea que requiere mayores exigencias cognitivas que su capacidad mental de trabajo, existe un problema de carga mental de trabajo que puede afectar tanto su rendimiento como su salud. Este importante dilema es objeto de preocupación para los empleadores y los gobiernos de todo el mundo.

Entre las enfermedades relacionadas con el exceso de trabajo mental se destacan: trastornos cardiovasculares, hipertensión arterial, aterosclerosis, diabetes mellitus, trastornos digestivos, asma, trastornos psiquiátricos, cáncer y el tan mencionado estrés

(Castilla Gutiérrez et al., 2021; Tapia Bajaña, 2021; Vidal Lacosta, 2019; De los Santos y Carmona Valdés, 2018; Díaz Pincheira y Carrasco Garcés, 2018; Ordóñez García y Saltos, 2018; Rosas Peralta et al., 2017).

En Cuba ha emergido, con el transcurso de estos períodos demandantes de tareas con alto impacto mental, un grupo de estudios relacionados con esta materia, donde se establece relación entre carga mental y las enfermedades que provocan la invalidez del trabajador. Estudios estadísticos recientes de Díaz Piñera (2017) realizado con los trabajadores que presentaron invalidez total en la República de Cuba en el período de 2008 a 2012 muestra que las enfermedades cardiovasculares como la hipertensión arterial y la cardiopatía isquémica ocupaban el segundo puesto en cuanto a la prevalencia presentada en los años 2008 y 2009, las enfermedades del sistema nervioso y órganos de los sentidos constituyeron el grupo de crecimiento más vertiginoso entre todas las causas de incapacidad, este crecimiento está dado fundamentalmente por las enfermedades cerebrovasculares, donde la hipertensión arterial y la diabetes Mellitus constituyen factores de riesgo importantes para el desarrollo de esta enfermedad. Los trastornos mentales constituyen la cuarta causa de invalidez total en el país en los años 2008-2010, siendo desplazada a la quinta posición en los años 2011 y 2012.

La Ergonomía Cognitiva surge como vía para el estudio de la carga del trabajo mental, la toma de decisiones, el rendimiento experto, la interacción persona computadora, la fiabilidad humana, el estrés laboral y la forma como estos se relacionan con el diseño de los sistemas de trabajo humano (Fista et al., 2019). Esta ciencia según IEA (2021) se ocupa de los procesos mentales, tales como: la percepción, la memoria, el razonamiento, y la respuesta motora, que afectan a las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema.

Al adoptarse tanto a nivel europeo con la European Normative (EN), como a nivel nacional con la Unificación de Normativas Españolas (UNE), se llega a la creación de las normas UNE-EN-ISO 10075-1, 10075-2 y 10075-3, donde ya se contemplan totalmente los principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo. En el 2017 se dio a conocer la actualización de la norma ISO 10075: 2017, la cual expone los principios ergonómicos relacionados con la carga de trabajo mental (Morales y Roxette, 2021).

España es uno de los países más comprometidos con el estudio de la carga mental de trabajo, para ello ha desarrollado un conjunto de Normas Técnicas de Prevención relacionadas con el trabajo mental las cuales se presentan a continuación: NTP 179. La carga mental del trabajo: definición y evaluación; NTP 275. Carga mental en el trabajo hospitalario: Guía para su valoración; NTP 318. El estrés: proceso de generación en el ámbito laboral; NTP 349. Prevención del estrés: intervención sobre el individuo; NTP 534. Carga mental de trabajo: factores y NTP 575. Carga mental de trabajo: indicadores (Cortés Días, 2018).

Al analizar el contexto en América en México, existen documentos que actualmente dan un sustento normativo a las acciones tanto para mejorar la seguridad en el trabajo como para la prevención de los factores de riesgo mentales como la Ley Federal del Trabajo en el artículo 2, Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo en el artículo 3, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018: Factores de riesgo psicosocial en el trabajo- Identificación, análisis y prevención (Cotonieto Martínez, 2021) .

En Perú la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo-SST y su reglamento el DS N° 005-2012-TR, la cual vela por proteger la integridad física y mental del trabajador, promoviendo la prevención y control de los riesgos psicosociales dentro de los ambientes laborales (Fernández Piedra, 2022), pues señala que el empleador debe de tener en cuenta a los agentes psicosociales para la prevención de la salud de los colaboradores (Armas Chávez y Montenegro Hernández, 2021).

Entre las disposiciones jurídicas que conforman el marco legal de las enfermedades profesionales en Cuba, se consideran fundamentales las siguientes: Constitución de la República de Cuba, de fecha 19/4/19 (Artículo: 69); Ley No. 116, Código de Trabajo, de fecha 20/12/13 (Capítulo XI); Decreto No. 326; Reglamento del Código de Trabajo, de fecha 12/6/14 (Capítulo XI); Resolución No.283 Listado de enfermedades profesionales y el procedimiento para la prevención, análisis y control de las mismas en el sistema nacional, emitida por el Ministerio de Salud Pública con fecha 16/6/14 (Betancourt, 2021). Recién ha entrado en el contexto de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en Cuba la NC ISO 45001 que presta un especial interés a los sistemas de gestión de

SST y debe realizarse un enfoque a los puestos de trabajo con elevadas demandas cognitivas para evitar daños a la salud del trabajador en el contexto actual.

Se requiere conocer el comportamiento tanto fisiológico como psicológico de la persona y así poder agrupar este conjunto de resultados y evaluar qué nivel de carga mental presenta según su capacidad. El empleo de indicadores se requiere realizar en poblaciones de alto nivel de exigencias cognitivas. La clasificación empleada para estos indicadores, según los autores Almirall (1987); Viña y Gregori (1987); Dihigo, (1988); Cuixart (2000); De Arquer y Nogareda (2000); Almora y Cortada (2001); Alonso Becerra (2007); Jo de Carvalho y García Dihigo (2011); Ormanza Murillo (2015); Basantes Vaca (2016); García Dihigo (2017) son: indicadores biomoleculares, indicadores fisiológicos, indicadores psicofisiológicos e indicadores psicológicos.

Debido a la importancia que se le concede al comportamiento de los indicadores para valorar la carga mental es necesario analizar los mismos en poblaciones donde se desarrollen altos niveles de exigencias cognitivas y posibiliten realizar estos estudios bajo condiciones experimentales en grupos con características homogéneas.

La población de estudiantes universitarios brinda las facilidades que se exponen anteriormente. La incorporación a una carrera universitaria constituye una experiencia estresante que implica afrontar cambios importantes en la forma de enfocar el aprendizaje y el estudio, lo que puede desencadenar problemas emocionales, cognitivos y fisiológicos. El estrés académico es un proceso sistémico, de carácter adaptativo y esencialmente psicológico (Teque Julcarima et al., 2020). Investigaciones de Restrepo et al. (2020) revelan que los exámenes y la sobrecarga académica son los estresores académicos fundamentales en la vida de un estudiante universitario.

La presente investigación se desarrolla en la Universidad de Matanzas, fundada el 9 de mayo de 1972, como parte de la voluntad de la dirección de la Revolución de expandir la Educación Superior por todo el país. En la actualidad se forman profesionales de 46 carreras universitarias de las ciencias sociales, técnicas, agronómicas, económicas y pedagógicas en las modalidades de curso presencial y semi presencial.

La población de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas brinda las facilidades definidas para el estudio del comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental, sobre todo en el período de exámenes, que es el

momento de mayor sobrecarga académica. En la entidad no existen precedentes sobre este tipo de investigación, sobre todo en el período de exámenes, donde existe la posibilidad de aplicar y analizar el comportamiento de indicadores para valorar trabajo mental bajo exigencias cognitivas, por lo que resulta interesante su desarrollo.

Justificativa del problema

Los estudios realizados sobre el comportamiento de la variabilidad de los indicadores resultan insuficientes debido a la complejidad del objeto de estudio, dado por las características individuales de los sujetos, la ausencia de una teoría totalmente estructurada sobre los mecanismos de acción del esfuerzo mental y los resultados contradictorios obtenidos en la medición de algunos indicadores, donde instituciones como la MAPFRE no reconoce algunos indicadores para valorar el esfuerzo mental. También se han visto limitados los estudios del comportamiento de los indicadores para valorar carga mental de trabajo en poblaciones donde se pueda controlar factores externos a la carga mental y otros como las capacidades y aptitudes del individuo, para obtener resultados lo suficientemente cercanos a la realidad con el fin de minimizar los efectos negativos del trabajo mental.

A pesar del empleo de los indicadores biomoleculares, fisiológicos, psicofisiológicos y psicológicos en investigaciones como Almirall (1987), García Dihigo (1988), Jo de Carvalho y García Dihigo (2011), Amador Romero (2012), Basantes Vaca (2016) y García Dihigo (2017) no ha existido un comportamiento estable con respecto a las variaciones entre el antes y después del desarrollo de una actividad que requiere exigencias cognitivas como es el caso de puestos de trabajos como profesores, controladores de procesos, profesionales de la salud, choferes profesionales, entre otros, donde se han obtenido variaciones tanto significativas como despreciables, no se ha logrado una tendencia homogénea en individuos que presentan carga mental de trabajo.

Los modelos aplicados en la actualidad para evaluar la carga mental de trabajo presentan un elevado peso del factor psicológico al responder al estado psicológico del trabajador e introducir una valoración subjetiva como es el caso de NASA TLX, ESCAM, WP, SWAT, Método LEST y Método de la doble tarea de la MAPFRE, dando menor peso a indicadores fisiológicos, psicofisiológicos y biomoleculares. Por otra

parte, está la carencia de integración de estos indicadores en una herramienta práctica y de aceptable aplicación en el contexto laboral que permita valorar el comportamiento cuantitativo de la carga mental de trabajo, lo que se considera una limitación para lograr una adecuada gestión en la calidad de vida del trabajador en su puesto.

Resulta pertinente realizar estudios que muestren la sensibilidad de los indicadores para valorar trabajo mental en poblaciones en las que se puedan controlar las condiciones experimentales como son: edad, nivel de escolaridad, representación de ambos sexos, conocimiento y experiencia en la actividad a desarrollar, aptitudes físicas y psicológicas, para facilitar la obtención de resultados puros, con el control de condiciones ambientales que puedan provocar resultados contradictorios, y así disminuir el margen de error al aplicar los indicadores relacionados con carga mental de trabajo a la población seleccionada.

Problema científico: ¿Cómo contribuir a mostrar la sensibilidad en el comportamiento de indicadores relacionados con la carga mental de trabajo en poblaciones en las que se puedan controlar las condiciones experimentales?

Hipótesis: Si se aplican un conjunto de indicadores seleccionados en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas bajo condiciones experimentales de presencia y ausencia de exigencias cognitivas durante el período de exámenes, entonces se espera poder ofrecer un análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental.

Variable independiente: aplicación de indicadores asociados a carga mental en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas bajo condiciones experimentales de presencia y ausencia de exigencias cognitivas

Variable dependiente: análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental

La hipótesis queda validada si al aplicar indicadores asociados a carga mental en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas bajo condiciones experimentales de presencia y ausencia de exigencias cognitivas se logra obtener una valoración individual de los dos grupos experimentales, así como la relación en el comportamiento de los indicadores que se evalúan en ambos casos.

Objetivo general: analizar el comportamiento de indicadores relacionados con la carga mental en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas.

Objetivos específicos:

1. Elaborar un marco teórico referencial que fundamente los aspectos relacionados con la carga mental y su evaluación.
2. Diseñar el procedimiento para el análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental.
3. Aplicar el procedimiento diseñado a dos muestras en situaciones de presencia y ausencia de carga mental respectivamente.

En la presente investigación prevalece el método empírico a partir del desarrollo de un experimento. Dentro de las herramientas y técnicas se emplea un examen físico general y el Test de Eysenck como examen psicológico para la selección de la muestra. Los indicadores aplicados son: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, Umbral de Discriminación Táctil, Percepción de Profundidad, Tiempo de Reacción Simple y Tiempo de Reacción Complejo. Se utiliza el software VOSviewer para elaborar mapas bibliométricos, el gestor bibliográfico EndNote para la recopilación de las referencias consultadas en la investigación y el software Statgraphic Centurion para el procesamiento estadístico de la información a través del análisis de la comparación de muestras pareadas y muestras independientes.

La estructura del trabajo queda constituida de la siguiente manera:

Capítulo I: En este capítulo se elabora un marco teórico referencial que fundamenta los aspectos relacionados con la carga mental, así como algunos indicadores, técnicas y herramientas para medirlo.

Capítulo II: Se diseña el procedimiento para el análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental.

Capítulo III: Presentación de los resultados de la aplicación del procedimiento para analizar el comportamiento de indicadores relacionados con la carga mental en dos muestras bajo situaciones de presencia y ausencia exigencias cognitivas respectivamente, donde se analiza el comportamiento experimentado por ambas muestras a través del software Statgraphic Centurion 15.0.

Finalmente se exponen las Conclusiones y Recomendaciones derivadas de la investigación realizada, así como la bibliografía referenciada, además de los Anexos que permiten la mejor comprensión y desarrollo de los resultados expuestos.

Figura 1.1. Mapa bibliométrico en base a la co-ocurrencia de palabras clave en las referencias consultadas relacionadas con la temática de carga mental.

Fuente: elaboración propia.

A partir de las relaciones establecidas en el mapa bibliométrico se define el hilo conductor de la investigación que se muestra en la figura 1.2.

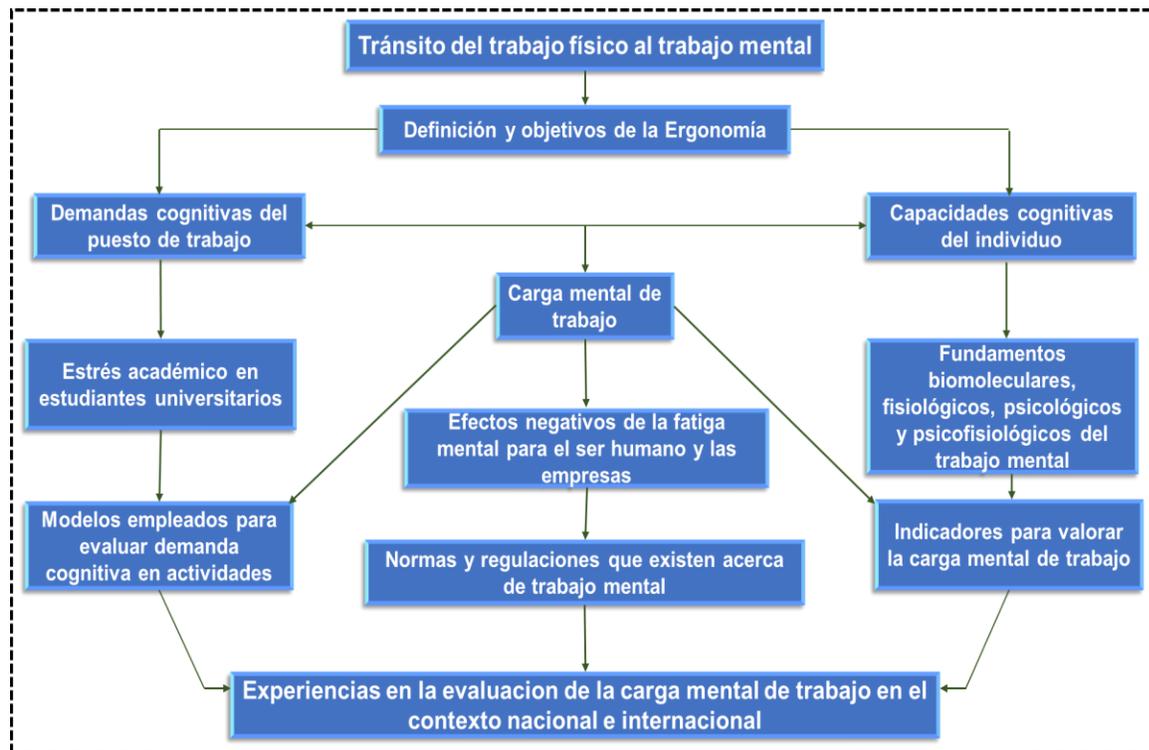


Figura 1.2. Hilo conductor de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

1.1. Tránsito del trabajo físico al trabajo mental

Desde los inicios del hombre el trabajo jugó un papel decisivo en el proceso evolutivo como especie, prevaleciendo desde su aparición un elevado componente físico (Piedra Arencibia, 2018). Con el de cursar del tiempo y el desarrollo consecuente de la evolución de la humanidad a un ritmo acelerado se ha evidenciado como el trabajo ha adquirido mayores exigencias cognitivas, y por tanto ha empezado a predominar el trabajo mental por encima del físico en el desarrollo laboral (Rubio Valdehita et al., 2017).

En la segunda mitad del siglo XVIII, la intervención de la máquina de vapor y el desarrollo de la Primera Revolución Industrial en el mundo produjo un cambio en la situación del trabajo manual por el mecánico (Litardo Velásquez et al., 2019). La aplicación sistemática de la ciencia a la industria produjo la tecnología moderna, que a su vez, experimentó cambios tan abruptos que provocó la inminente necesidad de que el trabajador se adapte a situaciones tan complejas como es el paso casi total de una era donde predominaba el trabajo físico a la era del trabajo mental (Hartwell, 2017). Durante los últimos años, el desarrollo tecnológico ha supuesto un aumento de los procesos de automatización y de la cantidad de información que el trabajador debe utilizar, y como consecuencia ha dado lugar a tareas que requieren procesos mentales más complejos y abstractos (Taherdoost, 2019). Esta serie de sucesos han traído consigo evidentemente cambios en la fuerza de trabajo ya que cada vez más se requiere de un trabajador con mayores recursos y capacidades cognitivas (Altmann et al., 2017). Las demandas de trabajadores cualificados han crecido (Gortazar, 2018). El eslogan de que "la sustitución del esfuerzo físico por el mental favorece en todas las circunstancias la salud del trabajador", es sólo válida cuando se acotan a las capacidades cognitivas (García Dihigo, 2018). De ahí la necesidad de la intervención de la Ergonomía Cognitiva en el contexto actual.

1.2. La ergonomía vinculada al estudio del trabajo mental

Derivado del griego *ergon* (el trabajo) y *nomos* (las leyes) para denotar la ciencia de trabajo, la ergonomía es una disciplina sistema-orientada que ahora se extiende por todos los aspectos de la actividad humana (IEA, 2017). La ergonomía promueve un acercamiento holístico en que se tienen en cuenta consideraciones de factores pertinentes físicos, cognoscitivos, sociales, orgánicos, medioambientales y otros. Los dominios de la aplicación no son mutuamente exclusivos y ellos constantemente evolucionan; se crean los nuevos y los viejos asumen las nuevas perspectivas.

Según la IEA (2017) los dominios de especialización dentro de la disciplina de ergonomía son en general los siguientes:

- **Ergonomía Física:** se preocupa por la anatomía humano, la antropometría, y las características fisiológicas y biomecánicas, cuando ellas relacionan a la actividad física.

- Ergonomía Cognitiva: relacionada con los procesos mentales, como la percepción, memoria, razonamiento, y la respuesta motora, cuando ellos afectan las interacciones entre los humanos y otros elementos de un sistema. Los temas pertinentes incluyen el trabajo mental, toma de decisiones, la actuación experimentada, la interacción del humano-computadora, la fiabilidad humana, el estrés de trabajo y entrenando como éstos pueden relacionarse al diseño del sistema- humano.
- Ergonomía Organizacional: estudia la optimización de sistemas socio técnico, incluyendo sus estructuras organizativas, políticas, y procesos.

Los objetivos de la Ergonomía según Rodríguez Sánchez y Reyes Monroy (2019):

- Hacer más seguro y eficaz el desarrollo de la actividad humana en su sentido más amplio.
- Mejorar la relación entre hombre y los nuevos avances en la tecnología.
- Adecuación del trabajo a las potencialidades humanas y aumento en la calidad de vida.
- Mejora el entorno del puesto de trabajo al detectar las variables relevantes al caso para adecuarlas al sistema.
- Definir los límites de actuación de la persona, además detectar y corregir riesgos de fatiga ya sea física o psíquica.

1.3. Demandas cognitivas del puesto de trabajo, capacidades cognitivas del individuo y carga mental

Las exigencias del puesto de trabajo se definen como las necesidades específicas que impone el proceso laboral a los trabajadores como consecuencia de las actividades que estos desarrollan y de las formas de organización y división técnica del trabajo en un centro laboral (Santana Mora y Rodríguez Méndez, 2018).

Según Herrera Cevallos (2018) vienen definidas las demandas cognitivas del puesto de trabajo por el grado de presión o movilización y de esfuerzo intelectual al que debe hacer frente el trabajador en el desempeño de sus tareas.

Además de lo antes expuesto las demandas cognitivas del puesto de trabajo giran también alrededor de la toma de decisiones, absorción de nuevas ideas, memorización,

manejo de conocimientos, desarrollo de habilidades, considerando lo que es capaz de hacer la persona e integrando criterios sobre niveles de pensamiento orientados a procesos de conocimiento, creatividad, comprensión, análisis, síntesis y evaluación con la debida gestión de los recursos y las oportunidades necesarias, y pueden contribuir al desarrollo de aptitudes y significar más un desafío que una amenaza (Santana Mora y Rodríguez Méndez, 2018).

Otra definición importante es el término capacidades cognitivas del individuo que según la Fundación ONCE (2012), las capacidades cognitivas en el puesto de trabajo son aquellas que se refieren a lo relacionado con el procesamiento de la información, esto es la atención, percepción, memoria, resolución de problemas, comprensión, establecimientos de analogías y que deben relacionarse con las demandas cognitivas del puesto de trabajo.

Se puede definir también a las capacidades cognitivas del individuo como aquellas destrezas y procesos de la mente necesarios para realizar una tarea determinada, además son facilitadoras del conocimiento, cuya responsabilidad es adquirirlo para utilizarlo posteriormente. Compone un grupo de capacidades como son memoria, lenguaje, atención, concentración y función ejecutiva (Jiménez Arias y Soto Gutiérrez, 2020).

Se plantea diferentes definiciones a la relación existente entre los términos definidos anteriormente, según García de la Rosa (2019), la carga mental de trabajo es la cantidad de esfuerzo mental necesario para que una persona pueda desempeñar una tarea en un período de tiempo, es multidimensional ya que se considera como producto de la interacción entre la tarea, persona y situación.

La carga mental de trabajo está determinada por la interacción entre las demandas de las tareas, las circunstancias bajo las que estas se realizan y las destrezas, conductas y percepciones de las personas. Las exigencias de procesos cognitivos demandados para el desempeño laboral en un extenso número de puestos de trabajo generan que el concepto de carga mental alcance una importancia significativa para el área de la prevención de riesgos laborales. Es frecuente que la sobre carga mental en el trabajo desarrolle fatiga mental, lo que conlleva a una disminución del desempeño laboral, por la disminución en la atención y del tiempo de reacción, proceso que ocasiona, un

aumento en el número de errores, afectaciones a la calidad y productividad en el trabajo (Durán Coronado et al., 2019).

Puede existir la situación de presencia de subcarga mental, esta se produce en puestos con pocas tareas y escasas demandas cognitivas (subcarga cualitativa) o tareas sencillas con tiempo suficiente para su ejecución (subcarga cuantitativa) lo que se traduce en la subutilización de las capacidades mentales del individuo (Gallardo Gallardo et al., 2019).

1.4. Fundamentos biomoleculares, fisiológicos, psicológicos y psicofisiológicos del trabajo mental

El estudio del origen de la fatiga mental reviste especial atención pues es un estado de defensa primario que está representado por el agotamiento en las esferas sensoriales, mental y física, que impide el desempeño óptimo o rendimiento en la labor que realiza (Pedraz Petrozzi, 2018).

La reacción del organismo al estrés involucra a todos sus sistemas y por ello se producen cambios bioquímicos e inmunológicos que dependerán de la duración e intensidad del estímulo.

Según Ramos Rettis (2017) la fatiga repercute en cuatro niveles esenciales:

- Nivel biomolecular: ocurren trastornos de los lípidos, alteraciones de la glucosa, agotamiento de los mecanismos reguladores, se presenta dislipidemia (hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia) que desarrollan la aterosclerosis, contribuye a la obesidad visceral.
- Nivel fisiológico: con su disminución de la actividad del organismo y disminución del rendimiento en el plano de trabajo. Se presentan sudoración, tensión muscular, palpitations, taquicardia, temblores musculares, molestias en el estómago, dificultades respiratorias, sequedad de labios, dificultades para tragar, dolores de cabeza, mareo, sensación de náuseas, etc.
- Nivel psicológico: con sensación de malestar acompañado de un cortejo de alteraciones funcionales que desenvuelven síntomas de preocupación, temor, inseguridad, dificultad para decidir, miedo, pensamientos negativos, dificultades para pensar, estudiar, o concentrarse.

- Nivel psicofisiológico: considerado como un estado intermedio entre los dos anteriores.

Autores como Murga Íñigo (2019) y Cacpata Calle et al. (2020)., señala que la fatiga es un síntoma que puede ser expresado tanto de una manera aguda o bien como un mecanismo de protección homeostática y crónica, esta definición refleja, sentimiento de agotamiento de mente y cuerpo que sigue a un esfuerzo, asociado a un deseo de descanso y a un rechazo o incapacidad para realizar cualquier otro esfuerzo hasta sensación subjetiva de falta de energía o agotamiento físico o mental, debilidad, durante o después de las tareas habituales, no necesariamente asociada a actividad física.

1.5. Efectos negativos de la fatiga mental para el ser humano y las organizaciones

Entre los síntomas que más se relacionan cuando se habla de salud, están los vinculados con la carga mental de trabajo. El exceso de trabajo es considerado como aquel realizado de tal modo que va más allá de la posibilidad de recuperación del individuo; este hecho puede representar un riesgo, ya que algunas personas pueden exigir mucho de su organismo y presentar dificultades de recuperación. Si el individuo es sometido a circunstancias de inseguridad, baja autoestima, aislamiento social y falta de control en el trabajo durante un largo tiempo, es lógico que posteriormente pueda desarrollar alguna dificultad en su salud debido a la carga que debe soportar (Maitta et al., 2018).

El exceso de trabajo provoca: trastornos cardiovasculares como hipertensión arterial, trastornos cerebrovasculares, trastornos gastrointestinales (úlceras pépticas, dispepsia funcional, intestino irritable, colitis ulcerosa, aerofagia, digestiones lentas), trastornos respiratorios (asma bronquial, hiperventilación, disnea, sensación de opresión en la caja torácica), trastornos endocrinos (hipoglucemia, diabetes, hipertiroidismo, hipotiroidismo y síndrome de Cushing), trastornos sexuales (impotencia, eyaculación precoz, vaginismo, coito doloroso y alteraciones de la libido), trastornos dermatológicos (prurito, dermatitis atípica, sudoración excesiva, alopecia tricotilomanía), trastornos musculares (tics, calambres y contracturas, rigidez, dolores musculares, alteraciones en los reflejos musculares: hiperreflexia e hiporreflexia) (Lovon Rodríguez, 2022;

Castilla Gutiérrez et al., 2021; Tapia Bajaña, 2021; Vidal Lacosta, 2019; De los Santos y Carmona Valdés, 2018; Díaz Pincheira y Carrasco Garcés, 2018; Ordóñez García y Saltos, 2018; Rosas Peralta et al., 2017; Martins et al., 2009; Vasconcelos y Faria, 2008).

Con respecto al componente psicológico el exceso de trabajo se manifiesta a través de síntomas como el cansancio, disminución de la capacidad de concentración y la somnolencia o pérdida de sueño y de apetito, necesidad de utilizar ansiolíticos y/u otras drogas, adelgazamientos y/o aumento de peso corporal, episodios de llanto, sensación de tristeza, depresión cefaleas, dolores articulares y otros, aparentemente advenidos del trabajo o su exceso. Esos síntomas pueden progresar mediante lapsos de memoria, confusión, depresión, ansiedad, problemas cardíacos e incluso síndromes cerebrales orgánicos. Cuando se evidencia fatiga, la persona disminuye la fuerza, la velocidad y la precisión de los movimientos; lo que la lleva a hacer cosas ciertas en momentos equivocados o cosas equivocadas en el momento cierto (Ferrel et al., 2020).

Una organización en condiciones de estrés laboral afectará sus resultados productivos, y va a ser menos competitiva en el mercado. Estos aspectos se pueden observar en las siguientes consecuencias: mayor absentismo, menos dedicación al trabajo, mayor rotación del personal, fallas en el rendimiento y productividad, aumento de actividades inseguras y accidentes, mayor cantidad de quejas por parte de clientes, fallas en el reclutamiento de nuevos empleados, problemas legales, deterioro de la imagen de la empresa ante el público. Genera problemas considerables de planificación, de logística y de personal. Induce a una pérdida de producción y puede crear un mal ambiente de trabajo. Los costes evidentes (enfermedad, absentismo laboral, accidentes, suicidios, muertes) representan un alto tributo, pero también lo hacen los costes ocultos, como son la rotura de las relaciones humanas, los juicios erróneos de la vida profesional y privada, el descenso de la productividad, el aumento de los cambios de puestos, la disminución de la creatividad, el bajo rendimiento, la agresividad en el trabajo y el empeoramiento de la calidad de vida y del bienestar. Si los niveles de estrés se elevan demasiado, la empresa tiende a operar con un estrés negativo (Vidal Lacosta, 2019).

1.5.1. Síntomas de la aparición de carga mental y sus efectos negativos en estudiantes universitarios

La incorporación a una carrera universitaria constituye una experiencia estresante que implica afrontar cambios importantes en la forma de enfocar el aprendizaje y el estudio, lo que puede desencadenar problemas emocionales, cognitivos y fisiológicos. El estrés académico es un proceso sistémico, de carácter adaptativo y esencialmente psicológico (Silva Ramos et al., 2020).

Investigaciones de Restrepo et al. (2020) revelan que los exámenes y la sobrecarga académica son los estresores académicos fundamentales en la vida de un estudiante universitario. En general, los trabajos encontrados sobre el tema de estrés académico demuestran la existencia de índices destacados de estrés entre los estudiantes universitarios de tiempo completo, siendo estos más altos por ejemplo, en los períodos de exámenes, cuando se tiene sobrecarga académica en los primeros cursos de carrera, una enseñanza y aprendizaje demasiado centrada en la memorización, cuando hay falta de tiempo, las exigencias de algunas materias, durante las intervenciones en público, en el momento que existe deficiencias metodológicas del profesorado y cuando se obtienen resultados no satisfactorios (Teque Julcarima et al., 2020; de León y Flores, 2018; Zurita et al., 2018).

El estrés universitario se ha asociado a las enfermedades crónicas, enfermedades cardíacas, fallas en el sistema inmune, ansiedad, dolores de cabeza, enojo, trastornos metabólicos y hormonales, depresión, tristeza; irritabilidad, descenso de la autoestima, insomnio, asma, alteraciones de la memoria y la concentración, afectando tanto a la salud como al rendimiento académico de los alumnos (Cobiellas Carballo et al., 2020; Puig Lagunes et al., 2020; Santos Morocho et al., 2017). Entre los comportamientos están aquellos que involucran la conducta de la persona: discutir, aislamiento de los demás, absentismo de las clases, aumento o reducción del consumo de alimentos y desgano para realizar las labores escolares (Espinoza Sotelo, 2021; Emiro Restrepo et al., 2018).

1.6. Normas y regulaciones que existen acerca de trabajo mental

La importancia de la salud de los trabajadores es objeto de estudio de gran utilidad, con el transcurso del tiempo se han creado normas internacionales que recogen el tema

relacionado con la carga mental y sus técnicas de evaluación desde distintos puntos de vista.

En 1981 aparece la ISO 6385:1981 *Ergonomic principles to the design of work systems*, la cual destaca la existencia de la carga mental en el trabajo y la necesidad de su control en el diseño de los sistemas del mismo (Bustillos et al., 2019).

En 1991 aparecen las normativas ISO 10075, a partir del trabajo de una comisión de ergonomía laboral, encargada de normalizar y crear un marco de regulación en este campo (Schütte, 2021). La ISO 10075 refleja las definiciones y conceptos generales de la carga mental y se profundiza en la interacción entre el entorno y la persona. La ISO 10075-2: principios de diseño, creada en 1996, ofrece una guía para el diseño adecuado de sistemas de trabajo y de las condiciones organizativas, señala la importancia de adaptar estos sistemas a los individuos, pero sólo aborda en el diseño de los factores técnicos y organizativos (Durán Pulido, 2018).

de Arquer and Nogareda (2000) resaltan algunas formas de valoración del grado de adecuación entre las exigencias de actividad mental que comporta la realización del trabajo y las posibilidades de respuesta de la persona que lo desempeña a través de la NTP 575: Carga mental de trabajo: indicadores.

En el 2004 la ISO 10075-3: Medición y evaluación de la carga mental, proporciona información para desarrollar herramientas de medida e indica los requisitos que deben cumplir (Durán Pulido, 2018).

La norma NTP 175: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: el método L.E.S.T. pretende ser una herramienta que sirva para mejorar las condiciones de trabajo de un puesto en particular o de un conjunto de puestos considerados en forma globalizada. Hay que señalar también que es un método que no requiere conocimientos especializados para su aplicación y que está concebido para que todo el personal implicado participe en todas las fases del proceso (Romellón Cerino et al., 2016).

La Norma ISO 10075-1: 2017, define términos en el campo de la carga de trabajo mental, que cubre el estrés mental y la tensión mental, y las consecuencias positivas y negativas a corto y largo plazo de la tensión mental (Jimenez y Dunkl, 2017).

El decreto colombiano 1477 del año 2017 tiene por objetivo reglamentar la promoción de la salud mental y la prevención de problemas y trastornos mentales en el ámbito laboral (Vivas Manrique, 2019).

La Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, es una norma protectora en materia laboral que tiene tres obligaciones: identificar y prevenir los factores de riesgo psicosocial y evaluar el entorno laboral (Sánchez Cázares, 2020).

La Norma ISO 45003 es la primera norma global que brinda orientación práctica sobre la gestión de la salud psicológica en el trabajo. Está escrita para apoyar a las empresas con un sistema de gestión de la seguridad basado en la norma ISO 45001 (Serrano & Mosqueda Noval, 2021).

Es necesario crear una cultura en seguridad y salud en el trabajo en el contexto del trabajo mental, donde se equiparen el enfoque curativo y la prevención con la base de las normas existentes en el contexto internacional (Almirall y Marroquín, 2016).

1.7. Modelos empleados para evaluar puestos de trabajo con demanda cognitiva

Los factores de carga inherentes a la tarea hacen referencia a las exigencias que, desde el punto de vista mental, la tarea plantea al trabajador, a continuación se muestran los métodos que más se utilizan para evaluar puestos de trabajo con demanda cognitiva.

- **Método tabulado (MT)**

El método se basa en recoger todos los factores que puedan intervenir en la carga y/o fatiga mental y darles forma de cuestionario para que se pueda responder a cada uno de ellos en una escala valorativa de intervención en la tarea (muchísimo, mucho, normal, poco y muy poco), con el fin de poder determinar cuáles son aquellos factores que se estén en mayor grado para lo que se dará un “peso” según su importancia en la intervención (Ferrer y Lozano, 2006).

En la medida, que sea capaz de intervenir en un mayor número de factores con carga alta y reducir al mínimo su grado de intervención en la tarea, se estará en la reducción de la carga y fatiga mental.

- **Método de la Doble Tarea de la MAPFRE**

Persigue medir, de forma indirecta, cual es la fracción de capacidad mental que no es utilizada en una tarea determinada (tarea principal).

Ferrer y Lozano (2006) plantean que el método se basa en la noción de “capacidad residual” o no utilizada durante un trabajo que exige una carga inferior a la capacidad máxima del sujeto. Consiste en dar un segundo trabajo (tarea secundaria) hasta saturar la capacidad del operador, evaluando el deterioro de la prueba.

La elección de la segunda tarea deberá ajustarse a cada caso, de tal manera que se ceñirá a las siguientes condiciones: no variará la capacidad de trabajo, no interferirá en la tarea principal y ha de ser gradual y ponderable.

- **NASA-TLX (Task Load Index)**

Este método tiene seis dimensiones y muestra validez comprobada. El instrumento está validado en español y calcula una puntuación global de la carga, dimensiones como el esfuerzo, la demanda mental, física y temporal, el rendimiento y la frustración. Aunque se utiliza con mucha frecuencia, su procedimiento de cumplimentación es excesivamente complejo, lo que dificulta su uso (Rubio Valdehita et al., 2007).

Una posible limitación de esta escala es el análisis de carga en tareas tan breves, en este caso el principal componente de carga es la complejidad del proceso de toma de decisiones y su relación con los niveles de fatiga en tareas del orden de cinco minutos.

- **SWAT "Subjective Workload Assessment Technique"**

En el método SWAT los datos se recopilan de manera poco instructiva y utiliza un procedimiento de escalado conocido como escalado conjunto. Presenta dos problemas: no es muy sensible para cargas de trabajo mental bajas y necesita mucho tiempo para la primera fase, de construcción y de escala (Reid et al., 1981).

Este indicador recoge la naturaleza multidimensional de la carga mental, que puede explicarse mediante tres factores: la carga de trabajo por aspectos de tipo temporal, la carga por esfuerzo mental y la carga por presión psicológica.

Este modelo no es muy sensible a bajos niveles de carga mental y el procedimiento de clasificación de tarjetas consume mucho tiempo.

- **WP (Workload Profile)**

Tsang y Velázquez (1996) propusieron una técnica que intenta recoger las ventajas de los procedimientos basados en el rendimiento en situaciones de tarea dual (elevado poder de diagnóstico) y las de los procedimientos subjetivos (buena aceptación, requisitos de implementación muy escasos y nada intrusivos). A diferencia de los dos

procedimientos subjetivos anteriores, el Perfil de Carga Mental se aplica en una sola fase, posterior a la realización de las tareas.

Este modelo no resuelve el inconveniente de los demás procedimientos subjetivos multidimensionales porque su aplicación a obtenido elevada variabilidad entre los sujetos (Rubio Valdehita, et al., 2007). Debe optimizarse el cálculo del índice global de carga para obtener un resultado más ajustado con el rendimiento tiene un valor predictivo limitado en la ejecución.

- **Método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo)**

Adecuado para situaciones donde el trabajo es muy variado. El propósito es elaborar un diagnóstico de las condiciones de trabajo a partir de la información que se obtiene de la guía de observación. Además de eso permite la comparación entre los resultados predichos a través de la matriz de LEST (lo subjetivo) y la expresión de los trabajadores respecto a su puesto de trabajo (lo objetivo) (Izaguirre, 2020).

La información sirve de base para elaborar los histogramas que muestran las condiciones insatisfactorias existentes en el puesto que se analiza: carga física, carga mental, aspectos psicosociales, cooperación.

Dentro de las limitaciones presenta algunas variables a evaluar que sólo se pueden medir cualitativamente, así que dependerá de quien aplique el cuestionario y la habilidad de este para obtener la información requerida.

- **Escala Subjetiva de Carga Mental de Trabajo (ESCAM)**

Instrumento multidimensional de la carga mental subjetiva elaborada por Rolo y Díaz (2009). Elaboró una escala de carga mental compuesta por 31 ítems. Mediante un análisis factorial se obtuvieron cinco dimensiones: demandas cognitivas y complejidad de la información, consecuencias para la salud, características de las tareas, organización temporal y ritmo de trabajo. Los resultados mostraron la consistencia interna para cada dimensión de carga mental, así como la fiabilidad de la escala.

- **Método del error humano**

En Cuba el tema del error humano en el trabajo ha sido trabajado por la tecnología Tratamiento Ergonómico del Error Humano (TErEH) para identificar, analizar y resolver errores humanos, a través del análisis ergonómico de la actividad de trabajo. En ella mediante la relación de las taxonomías de fallos activos (FA) y condiciones latentes

(CL) puede ser efectuado el análisis de errores humanos. Se determinan las reservas productivas, de calidad, y de seguridad y salud ocupacional en el proceso analizado. En la aplicación práctica de las dos primeras etapas de la tecnología se caracterizan los riesgos de ocurrencia de fallos activos (errores y violaciones) y su relación con posibles consecuencias y se derivan conclusiones asociadas a la necesidad de incorporación de procedimientos de análisis económicos (Viña Brito et al., 2016).

El objetivo de estos métodos es valorar aquellos factores presentes en el puesto de trabajo que pueden influir sobre la salud de los trabajadores, de manera que pueda determinarse sobre cuál de ellos se debe actuar para mejorar una situación de trabajo y lograr disminuir la demanda cognitiva y la carga mental de trabajo en el individuo.

1.8. Indicadores relacionados con la carga mental de trabajo

Los indicadores de carga mental de trabajo en el individuo que utilizan los distintos niveles de evaluación se han determinado experimentalmente en base a las reacciones del individuo frente a un exceso de carga, es decir, en base a las alteraciones biomoleculares, fisiológicas, psicofisiológicas y psicológicas del comportamiento resultantes de la fatiga mental. Estos métodos de valoración son complementarios entre sí, dado que ninguna medida es válida por sí sola para evaluar la carga mental de trabajo, por lo que la utilización de varios de ellos y la comparación de los resultados obtenidos es la mejor manera de aproximarnos a una evaluación satisfactoria (Rubio Valdehita et al., 2007).

Existe coincidencia para algunos autores en agrupar los indicadores en 4 niveles: biomoleculares, fisiológicos, psicológicos y psicofisiológicos (Viña y Gregori, 1987, De Arquer y Nogareda, 2000; Cuixart, 2000; Almora y Cortada, 2001; Alonso Becerra, 2007; Jo de Carvalho y García Dihigo, 2011; Basantes Vaca, 2016; García Dihigo, 2017).

1.8.1. Indicadores fisiológicos

Los indicadores fisiológicos son utilizados bajo el supuesto que la carga mental de una tarea se puede valorar a través del grado de activación fisiológico. Presentan algunas desventajas donde se destacan sus enormes requisitos de implementación, la mala aceptación que reciben por parte de los sujetos que participan en la evaluación y, lo

más importante, las dudas sobre su validez como índices de la carga mental del trabajo.

A continuación se describen los indicadores más utilizados:

- **Frecuencia cardíaca (FC)**

Ante situaciones estresantes ocurre un aumento de la FC, que según Selye (1973), no sigue un aumento uniforme, por estar estrechamente relacionado con determinados rasgos de la personalidad. Villavicencio (2004) encuentra variabilidad de respuestas de este indicador cuando compararon la respuesta en sujetos extrovertidos y sujetos neuróticos, lo cual corrobora lo planteado anteriormente.

Estos estudios permiten instruir que el ligero incremento de la FC se debe a ligeros movimientos y al mantenimiento de posturas específicas, las que demandan una determinada actividad muscular.

Este indicador es posible medirlo con un pulsómetro digital con radio frecuencia integrada y la sensibilidad es moderada o también con un electrocardiógrafo.

Por responder a otras exigencias del organismo como esfuerzo físico, estados patológicos, variaciones de condiciones ambientales y a factores emocionales este indicador se ha limitado su uso, por no presentar una variación fiable solo a la presencia de carga mental

- **Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)**

Es el indicador fisiológico más asociado al esfuerzo mental, aunque también ha sido controvertido. La VFC es una alteración en el grado de excitabilidad de los tejidos cardíacos producto de una variación en el origen del estímulo eléctrico excitado o en su condición.

El origen fisiológico de la disminución de VFC ante esta situación es debido a diversos reflejos circulatorios. Otra de las causas son los distintos reflejos vasomotores, que como consecuencia de variación en el tono vagal, pueden ser la causa de la arritmia sinusal y sugieren que dichas variaciones pueden ser originadas por una ataxia de Sistema Nervioso Central, tal vez influenciada por la acción de la Formación Reticular. La magnitud de su variación está comprometida en buena medida por factores individuales, factores externos y la dificultad de medirla, lo cual probablemente sea la

causa de los controvertidos resultados encontrados (Jo de Carvalho y García Dihigo, 2011).

Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con la frecuencia cardiaca, existe un consenso general de que la VFC es sensible al esfuerzo mental. Aunque parecen no existir normas o niveles de decrecimiento fijos o estables para considerar una respuesta típica de los efectos del esfuerzo mental, al menos en magnitudes de decrecimiento de la VFC, a partir de investigaciones empíricas, algunos autores han propuesto límites sobre cuánto se debe considerar una disminución significativa de este indicador (Almirall, 1987; García Dihigo, 1988; García Dihigo, 2005; Ferrer y Lozano, 2006).

La VFC como indicador fisiológico de esfuerzo mental, data de principio de siglo con los trabajos de Sherring (1900) y de Wiersman (1913), pero retomado su estudio por numerosos científicos en la década de los 90. Tal interés se debe, en parte, a su potencialidad de poder ser una herramienta no invasiva, confiable y de valoración cualitativa-cuantitativa, por un lado de la actividad del sistema nervioso autónomo, y por otro, de la función y control del sistema cardiovascular en una escala de tiempo de segundos a minutos, además de que es capaz de revelar la intensidad del esfuerzo mental mucho antes que cualquier deterioro en el rendimiento o en la ejecución de la tarea, convirtiéndose en un indicador de capacidad funcional en los sujetos expuestos a exigencias mentales (Escalona, 2000).

Kalsbeek (1973) en sus estudios sobre el comportamiento de la VFC en condiciones experimentales, comprobó que la disminución de más del 10 % con respecto al reposo, correspondía a los más altos niveles de complejidad del estímulo utilizado durante su experimento y, por tanto, a las mayores exigencias neuropsíquicas para la solución de la tarea (David, 2018).

Hyndman y Gregory (1975) concluyen que una disminución del 40 o el 50 % de la VFC es representativa de extremas exigencias mentales, aunque consideran que más del 20 %, refleja un esfuerzo de esta índole (Hayano y Yuda, 2019; Li et al., 2019) .

Recientes investigaciones han sugerido que la VFC puede llegar incluso a reflejar, antes que cualquier otro indicador, la intensidad del esfuerzo mental, incluso

momentáneamente. Entre sus instrumentos de medición se encuentra el electrocardiógrafo.

Según Ferrer y Lozano (2006) existen limitaciones en el uso de la VFC, pues depende del valor de la Frecuencia Cardíaca, y de la temperatura, entre otros factores, por lo que se elimina su especificidad. Además es una técnica muy costosa por necesitarse obtener el espectro de frecuencias de los intervalos R-R mediante el análisis de Fourier. No todos los parámetros fisiológicos guardan una relación estrecha al comparar los diferentes niveles de carga y la respuesta fisiológica, sin embargo el más fiel, en investigaciones realizadas ha sido la VFC (Almirall, 2000; García Dihigo, 2005).

- **Técnicas de neuroimágenes**

Las técnicas de las neuroimágenes permiten entender la estructura, los mecanismos y el las funciones cerebrales durante el trabajo, para las cuales se han dedicado una rama en la Ergonomía denominada Neuroergonomía (Dehais et al., 2020; Nam, 2020).

Las técnicas aplicables son divididas en 3 categorías: el electroencefalograma (EEG), eso indica la actividad cerebral; la técnica de los potenciales evocados (EPRs), eso mantiene una medida objetiva de la progresión que sigue o respuestas a las terapias y resonancia magnética que proporciona información anatómica estática, permitiendo observar posibles alteraciones en los tejidos (Ayaz y Dehais, 2021).

A través de las técnicas como las imágenes de resonancia magnético (fMRI), electroencefalogramas (EEG) y potenciales evocados (ERPs) proporcionan una oportunidad para la valoración más directa de trabajo mental, la cual se ve limitada por su elevado costo tecnológico y la limitación de su aplicación en el contexto práctico por el nivel de inmovilidad que requiere.

1.8.2. Indicadores biomoleculares

Los indicadores biomoleculares incluyen la medición de un nutriente o sus metabolitos en sangre, heces u orina o la medición de una variedad de compuestos en sangre y otros tejidos que tengan relación con el estado nutricional. Los que con mayor frecuencia han sido estudiados como indicadores de trabajo mental son: variación de niveles de colesterol, cortisol, glucosa, triglicéridos, α -amilasa, catecolaminas como adrenalina, dopamina, noradrenalina e Inmunoglobina A secretora, los cuales se limita

su uso por el control experimental, el costo de las tecnologías y el nivel invasivo al ser humano que implica (Dos Santos et al., 2022).

Según Ferrer y Lozano (2006) no se ha encontrado una relación proporcional entre el parámetro medido y el nivel de carga mental.

Basantes Vaca (2016) analizó esta situación en aspirantes y conductores profesionales, específicamente a partir del estudio de las variables como: colesterol, triglicéridos, glucosa y apolipoproteína B; una comparación entre el antes y el después de realizar la tarea cognitiva se muestran diferencias significativas en estos indicadores biomoleculares.

Aunque existen algunas discrepancias, algunos estudios señalan un aumento de colesterol en hombres con respecto a mujeres, así como que la herencia juega un papel importante en la concentración de las lipoproteínas en el plasma.

1.8.3. Indicadores psicofisiológico

La evaluación psicofisiológica busca indicadores objetivos de los trastornos o estados psicopatológicos que permitan describir el fenómeno de la carga mental, permitiendo el uso de herramientas prácticas, dinámicas y de fácil aplicación, representando una fortaleza su uso en el ámbito laboral.

Los principales indicadores más empleados en este nivel son:

- **Tiempo de Reacción Simple (TRS)**

El tiempo de reacción es capaz de evidenciar el déficit funcional producido como consecuencia de prolongadas actividades con elevada carga emocional y con participación del analizador visual. Además de los retrasos en que puede descomponerse el tiempo de reacción está influenciado por características individuales.

El tiempo de reacción simple es aquel donde el acto perceptual es elemental (percepción de la aparición, la variación o la finalización de un estímulo). En este se cuenta con un solo estímulo y se requiere de una única respuesta. Los TRS tienen la ventaja de permitir el estudio de una cierta cantidad de factores importantes, comunes a todos los tiempos de reacción; permiten en particular, estudiar el papel de los diversos caracteres del estímulo, pero también permiten examinar el papel de los diversos factores personales (Viña y Gregori, 1987).

El TRS se incrementa cuando la actividad requiere una carga mental considerable y por consiguiente la fatiga es mayor. Para la medición de este indicador se puede utilizar un software con señal luminosa.

- **Tiempo de Reacción Simple Redundante (TRSR)**

Ha sido aplicado con alguna frecuencia como Almirall Hernández (2000). A diferencia del TRS, el sujeto recibe dos estímulos que portan un mismo mensaje. Generalmente son utilizados los visuales y auditivos para obtener una única respuesta que frecuentemente es a través de la mano o del pie.

- **Tiempo de Reacción Complejo (TRC)**

En estos tiempos de reacción puede haber varios estímulos bien determinados y varias respuestas bien fijadas, cada respuesta está asociada a un solo estímulo; pero también puede solicitarse al sujeto que solo responda a uno de los estímulos, o bien a algunos. Los TRC son más prolongados que los TRS para estímulos habituales, como lo demostraron los primeros estudios realizados por García Dihigo (2017) y Ormaza Murillo et al. (2019). Si bien todos los factores estudiados anteriormente respecto a los TRS intervienen en los TRC, hay algunos que adquieren un lugar preponderante en el caso presente, o pueden incluso ser los más específicos de estos tiempos, por ello hay una prolongación del tiempo en relación con los TRS; sucede así en particular para los factores psíquicos, resulta entonces que los TRC presentan sumo interés para la psicología (Rodríguez Prado, 2010; Viña y Gregori, 1987).

La única desventaja que posee es que se pone en juego el nivel de precisión y acierto del individuo al tener que reconocer diferentes estímulos, lo que puede incidir en el incremento excesivo de la variación del TRC entre el antes y después del desarrollo de una actividad con exigencias cognitivas.

- **Umbral de Discriminación Táctil (UDT)**

Es la mínima distancia en la que es posible la distinción de dos estímulos táctiles. Los receptores básicos son notablemente sensibles a los cambios en el nivel de actividad del SNC, lo cual permite introducirlo como indicador de fatiga mental, tal y como han demostrado numerosas investigaciones.

Selye (1973) establece que existe una disminución significativa de la agudeza del tacto cuando hay una sobrecarga del analizador visual (Villavicencio, 2004). Almirall (1987) y

García Dihigo (2017) apoyan lo planteado por Selye (1973) en virtud de experiencias realizadas en trabajadores expuestos a carga mental.

La sensibilidad táctil varía considerablemente en diferentes regiones de la piel, por lo que, por razones prácticas, se ha utilizado el dorso de la mano para su medición.

Dentro de los receptores táctiles los corpúsculos de Meissner y Paccini, tal vez sean los más comprometidos por las características de medición del UDT, pues según Hall (2021) por su ubicación en la piel y su sensibilidad los ubica en una posición ventajosa para reconocer los estímulos de estas características.

Para evaluarlo se puede utilizar la conversión de un pie de rey con dos puntas romas, adaptado a un estesiómetro.

- **Frecuencia de Discriminación Cromática (FDC)**

Consiste en determinar la mínima frecuencia a la cual se discrimina la composición cromática de un disco que disminuye su velocidad paulatinamente.

La FDC es un parámetro de excitabilidad de las vías visuales y presumiblemente de todo el SNC, pues aunque solo ha sido utilizado hasta el presente en trabajadores cuyas profesiones demandan del concurso del analizador visual, tal vez sea capaz de reflejar la disfunción general de este sistema, pues según Luria (1978), la característica no específica de la formación reticular afecta todas las funciones sensoriales y motoras del organismo.

Solo existe una referencia previa del uso de este indicador, después de haber sido patentado por García Dihigo (1988) que realiza prueba a 25 sujetos expuestos a carga mental y 23 disminuyeron los valores tomados después de la jornada laboral, con elevada significación estadística. Luego Almirall, Santander y Vergara (1995) refieren alcanzar diferencias estadísticas significativas entre el antes y el después. Un estudio realizado por Jo de Carvalho y García Dihigo (2011) alcanzan resultados favorables en actividades donde el analizador visual no es determinante, superando así a la frecuencia crítica de fusión.

- **Frecuencia crítica de fusión (FCF)**

Consiste en determinar la mínima frecuencia a la cual los estímulos luminosos intermitentes se perciben como un estímulo continuo. Para su medición se utiliza un Flicker analógico con software. La prueba se efectúa en sentido ascendente y

descendente. Como la FCF depende de la intensidad del estímulo y del contraste, es necesario controlar cuidadosamente estos aspectos. Sin embargo, se discute su validez en profesiones que no participe el analizador visual.

Como refiere Viña y Gregori (1987) existen opiniones contradictorias sobre si la FCF aumenta con la fatiga mental.

En su estudio relacionado con el tema García Dihigo (1988) encontró que en 25 sujetos expuestos a carga mental, 23 disminuyeron los valores tomados después de la jornada laboral, con elevada significación estadística. Esto se corrobora más adelante ya que Almirall, Santander y Vergara (1995) alcanza diferencias estadísticas significativas entre el antes y el después.

- **Percepción de profundidad**

Es la habilidad del observador visual de relacionar el objeto y percibir el mundo en tres dimensiones. Pretende medir la distancia hasta un objeto basado principalmente en el procesamiento dentro del cerebro de la persona, al ver un campo total de vista con ambos ojos a través de la explotación del paralelaje en movimiento.

En investigaciones relacionadas con el tema Jo de Carvalho y García Dihigo (2011) utilizan la Caja Gover para su medición, la diferencia no fue significativa, aunque tuvo una ligera disminución de 0,1 mm. Las desviaciones típicas disminuyeron sensiblemente después de la actividad. Este resultado se contradice con experiencias previas, a pesar de lo limitadas que son las incursiones en el contenido.

- **Diámetro pupilar**

Hess (1965) demostró que el tamaño de la pupila ocular mostraba variaciones pequeñas, pero altamente consistentes, en función de diversos factores (Kramer 2020). Kahneman y Beaty (1966) comprobaron el valor de esta técnica como herramienta de evaluación de la carga mental de tareas de recuerdo o memoria a corto plazo, de clasificación, perceptivas, de cálculo aritmético, etc (Joshi y Gold, 2020; van der Wel y van Steenbergen, 2018).

El estudio realizado por Hyna y Alaja (1995) demuestra que el tamaño pupilar puede utilizarse como una medida que refleja los cambios en la carga cognitiva que se producen durante el procesamiento del lenguaje. Otros trabajos en los que se utiliza el

diámetro pupilar como un índice de carga mental son los realizados por Backs y Walrath (1992) y Matthews, Middleton, Gilmartin y Bullimore (1991).

Su elevada sensibilidad como medida de la carga mental de diferentes tareas limita seriamente su poder de diagnóstico, es decir, su capacidad para establecer el factor determinante de la carga.

- **Frecuencia de parpadeo**

La mayoría de los primeros estudios realizados sobre la relación entre el parpadeo y la carga mental recibieron diversas críticas por la calidad de su diseño, análisis y control experimental. El principal problema de estas investigaciones era que consideraban la medida simple del número de parpadeos por unidad de tiempo, la cual muestra una variabilidad tan elevada que sólo podría considerarse válida en entornos experimentales con un control muy rígido. El estudio de Siveraag, Kramer, Wickens y Reisweber (1993) es un ejemplo de utilización del parpadeo como una medida de la carga mental experimentada por pilotos.

Uno de los problemas más graves de este tipo de indicadores es que no está del todo claro si estos efectos se deben realmente a la carga mental de la tarea o simplemente a fatiga o pérdida de motivación.

- **Destreza manual**

Utilizada para medir la rapidez, la coordinación y otras características de las respuestas del movimiento.

Es una prueba de papel y lápiz que consta de tres sub-pruebas punteando, marcando y laberinto, las que se aplican una vez que culmina el trabajo. Permite mostrar las modificaciones originadas por la fatiga al determinarse el número de errores cometidos por el sujeto, los que son evaluados al compararse con los puntajes normalizados para una población (Jo de Carvalho y García Dihigo, 2011).

- **Resistencia Galvánica Cutánea**

Consiste en determinar el nivel de disminución de la resistencia eléctrica de la piel, como consecuencia del incremento de la sudoración, la cual, al ser un electrolito, reduce su resistencia. Dos electrodos colocados en la palma y el dorso de la mano, detectan el incremento de la intensidad de la corriente eléctrica (Portillo Alonso, 2015).

La sudoración puede deberse a condiciones desfavorables de intercambio térmico. Por lo que debe controlarse esta variable; lo cual es una posibilidad real.

1.8.4. Indicadores psicológicos

Existe una gran variedad de procedimientos subjetivos y/o psicológicos que son útiles para valorar la carga mental. Es necesario conocer que una de las principales desventajas que presentan, está relacionada con el momento de elegir entre las distintas técnicas, cuál será la utilizada, en función de cuál sea el objetivo y/o el ámbito de investigación.

- **Escala de Cooper Harper**

En la figura 1.4 se presenta el esquema de valoración de la carga mental por Cooper y Kelly, (1993), con la cual se puede establecer una valoración rápida de la carga mental de trabajo a la que están sometidos los trabajadores.

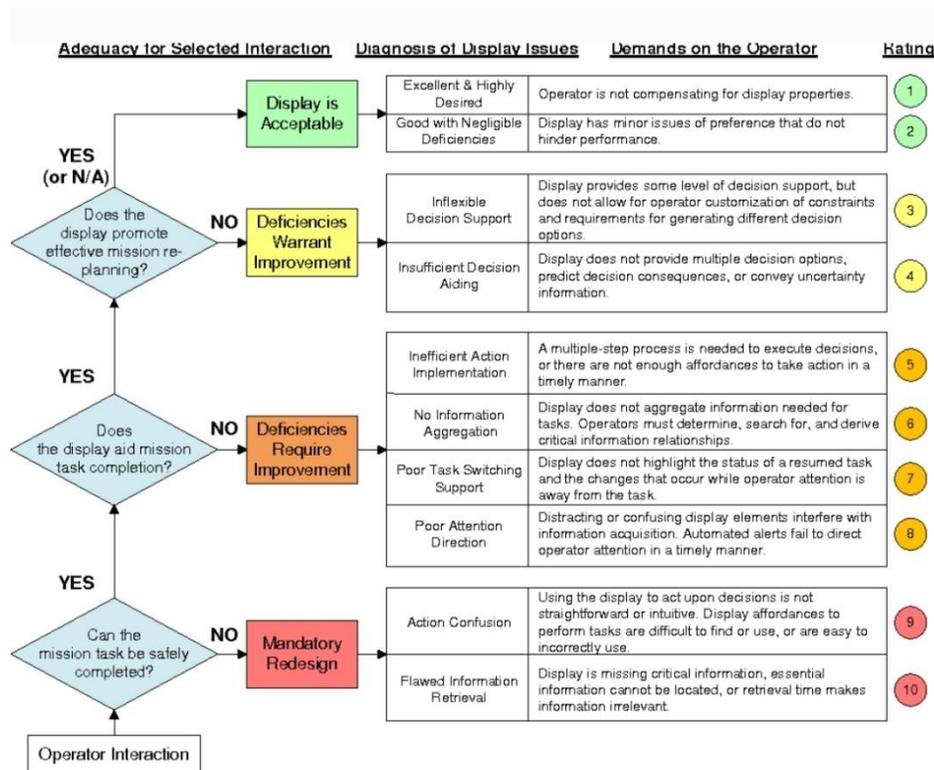


Figura 1.4. Escala de Cooper Harper.

Fuente: tomado de Marcedo y Bidinotto (2021).

- **Prueba de Yoshitake**

Esta es una de las pruebas que da origen al surgimiento de este tema, donde el sujeto autoevalúa las sensaciones subjetivas de los efectos negativos de la carga de trabajo,

eso es posible con la aplicación de una encuesta donde el sujeto refiere su apreciación subjetiva acerca de la sensación de cansancio.

La Prueba de Yoshitake es un instrumento dicotómico constituido por 30 ítems los cuales fueron seleccionados mediante un criterio factorial en la aplicación del cuestionario en 250 puestos de trabajo y 17 625 sujetos, se conoce también como Cuestionario de Síntomas Subjetivos de Fatiga, elaborado por Yoshitake (1978). Se identificaron tres factores, los cuales el autor denominó como tipos 1, 2 y 3. El tipo 1 corresponde a trabajos con exigencias mixtas (físicas y mentales, ítems 1 al 10), el tipo 2 corresponde a exigencias mentales (ítems del 11 al 20), y el tipo 3, trabajos con exigencias físicas (21 al 30) (Instituto de Salud Pública y Laboral de Navarra, 2015).

Las normas recomendadas por el INSAT consideran que se presume un estado de fatiga cuando se alcanza el 23 % de síntomas en mujeres (7) y 20 % en hombres (6) (Almirall y Marroquín, 2016).

- **Sentimiento Subjetivo de Fatiga en profesores**

El instrumento es diseñado por Jo de Carvalho y García Dihigo 2011 conformada por una batería de 10 preguntas con escala dicotómica dirigidas a identificar efectos provocados por la carga mental de trabajo. Ha sido aplicada en investigaciones como García Dihigo (2017) y Ormazza Murillo (2019) reflejando la carga mental en profesores universitarios.

Los indicadores psicológicos están premiados por el factor de subjetividad que implica la respuesta del individuo condicionado con el contexto que afecta el momento de la aplicación del instrumento, por lo que se recomienda siempre aplicar acompañado de otros indicadores cuantificables.

1.9. Conclusiones parciales del capítulo

1. La Primera Revolución Industrial trae consigo un creciente aumento de la complejidad de los sistemas tecnológicos, disminuye el esfuerzo físico, aumenta la vigilancia y control por parte del trabajador y esto le da origen a la necesidad de la Ergonomía Cognitiva.
2. El exceder los límites de las capacidades mentales puede ser tan perjudicial o más para el desarrollo normal del trabajo que exceder las capacidades físicas, puesto

que un trabajo con características mentales es acompañado generalmente de mayor responsabilidad

3. Estudios en estudiantes universitarios revelan que los exámenes y la sobrecarga académica son los estresores académicos fundamentales y se han asociado enfermedades crónicas al someterse a elevados niveles de estrés académico.
4. La cultura en seguridad y salud en el trabajo en el contexto del trabajo mental es actualmente una necesidad, donde se equiparen el enfoque curativo y la prevención con la base de las normas existentes en el contexto internacional como NC ISO 45001 e ISO 10075-1: 2017.
5. Para evaluar la carga mental de trabajo la literatura recoge un conjunto de indicadores que se clasifican en biomoleculares, fisiológicos, psicológicos y psicofisiológicos, donde existe limitación en el uso y se reconoce la universalidad ante cualquier situación de carga mental.

Capítulo II. Metodología propuesta para analizar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental

En el presente capítulo se define los indicadores a emplear en la investigación y se explica la metodología a desarrollar para analizar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental. Se exponen aspectos generales relacionados con el proceso de selección de la muestra, los indicadores que serán medidos y el procesamiento estadístico de los datos que se obtienen en la investigación, así como las principales técnicas y métodos a emplear en cada una de las etapas.

2.1. Definición de indicadores relacionados con la carga mental a emplear en la investigación

En el presente epígrafe se exponen las limitaciones presentes en el uso de algunos indicadores de valoración de carga mental, lo que dificulta su aplicación y se seleccionarán a partir de este análisis los indicadores con los que se trabajará debido a las ventajas que aportan.

Uno de los aspectos de mayor importancia lo constituye el análisis de aquellos indicadores que han tenido un aval empírico menos frecuente. Ello permite la selección de aquellos que han tenido resultados más fiables, ya que la validez de algunos de ellos es discutida.

Resulta oportuno señalar que en esta ciencia por lo nuevo de la temática que aborda, por lo costoso de los equipos que utiliza, por la relativamente poca cantidad de instituciones que estudian el problema y por el nivel de especialización de los recursos humanos que exige, la literatura no recoge una gran cantidad de estudios prácticos. Por ello a continuación se realizará un análisis de las causas que han limitado su uso y que diferentes autores de una u otra forma, lo han señalado explícita o implícitamente basado en los resultados obtenidos en el análisis del marco teórico reflejado en el Capítulo 1.

Por responder a otras exigencias del organismo como esfuerzo físico, estados patológicos, variaciones de condiciones ambientales y a factores emocionales se limita el uso de los siguientes indicadores (Selye, 1973; Almirall, 1987; García Dihigo, 1988; Villavicencio; 2004):

- Indicadores fisiológicos: Ritmo Cardíaco, Frecuencia Respiratoria, Tensión arterial
- Indicadores psicofisiológicos: Resistencia Galvánica Cutánea, Diámetro pupilar, Frecuencia de parpadeo

Por dificultades en el control experimental ya que resulta invasiva su aplicación a los individuos y requiere de uso de tecnologías de avanzada para su medición (Ferrer y Lozano, 2006):

- Indicadores biomoleculares

Por ser técnicas que limitan el desarrollo normal de la actividad ya que para realizar estas pruebas se hace necesario alterar el desarrollo de la actividad cognitiva porque la técnica lo impone y necesitar de tecnología especializada

- Indicadores fisiológicos: Potenciales evocados, electroencefalografía

Por constituir técnicas que están incluidas en niveles funcionales de los indicadores que se proponen a emplear:

- Indicadores psicofisiológicos: Tiempo de Reacción Simple Redundante, destreza Manual

Por no contar con los equipos para su medición en condiciones óptimas:

- Frecuencia Crítica de Fusión
- Frecuencia de Discriminación Cromática

Por considerarse indicadores con un elevado nivel de subjetividad al depender del estado emocional del individuo en el momento de la aplicación se eliminan de la experiencia los indicadores psicológicos.

A partir de las limitaciones antes expuestas se definen los siguientes indicadores a emplear en la investigación:

- **Indicadores fisiológicos**
 - ✓ **Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)**

Este indicador ha mostrado una elevada sensibilidad ante la presencia de carga mental. Se cuenta con un electrocardiógrafo que facilita la medición del mismo, el cual se encuentra en óptimas condiciones

- **Indicadores psicofisiológico**
 - ✓ **Tiempo de reacción simple (TRS) y Tiempo de reacción complejo (TRC)**

Para la aplicación del indicador se emplea el software TEs3-Pro que facilita su medición por lo que posibilita que la actividad sea rápida y dinámica a la hora de recopilar la información.

✓ **Umbral de Discriminación Táctil (UDT)**

El investigador dispone del instrumento para la medición del indicador, el cual ha mostrado diferencias significativas ante la presencia de carga mental. Es una prueba sencilla que posibilita que la actividad sea rápida y dinámica a la hora de recopilar la información.

✓ **Percepción de Profundidad (PP)**

Se cuenta con el equipo Caja Gover para realizar las mediciones. Es una prueba sencilla que posibilita que la actividad sea rápida y dinámica a la hora de recopilar la información.

2.2. Metodología propuesta para analizar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental

A partir del análisis de los procedimientos empleados para la medición y análisis de indicadores por Almirall (1987), Almirall, Santander y Vergara (1995), Carvalho y García Dihigo (2011) y Basantes Vaca (2016), García Dihigo (2017), Acosta Prieto (2019) se propone para el desarrollo de la presente investigación el procedimiento que se muestra en la figura 2.1. El mismo difiere de los anteriores en que se controlan las condiciones ambientales como ruido, iluminación y microclima laboral, eliminando de esta manera variables ajenas que puedan afectar los valores de los indicadores, se crean dos grupos de muestra bajo el supuesto de presencia y ausencia de exigencias cognitivas, lo cual posibilita la comparación del grupo experimental con el grupo de control, de manera que se pueda hacer un correcta análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental, además existe la novedad de al analizar estadísticamente los resultados se propone determinar el modelo de regresión que más se ajuste al comportamiento de la variación de los indicadores y definir una ecuación que responda al modelo de regresión lineal múltiple.

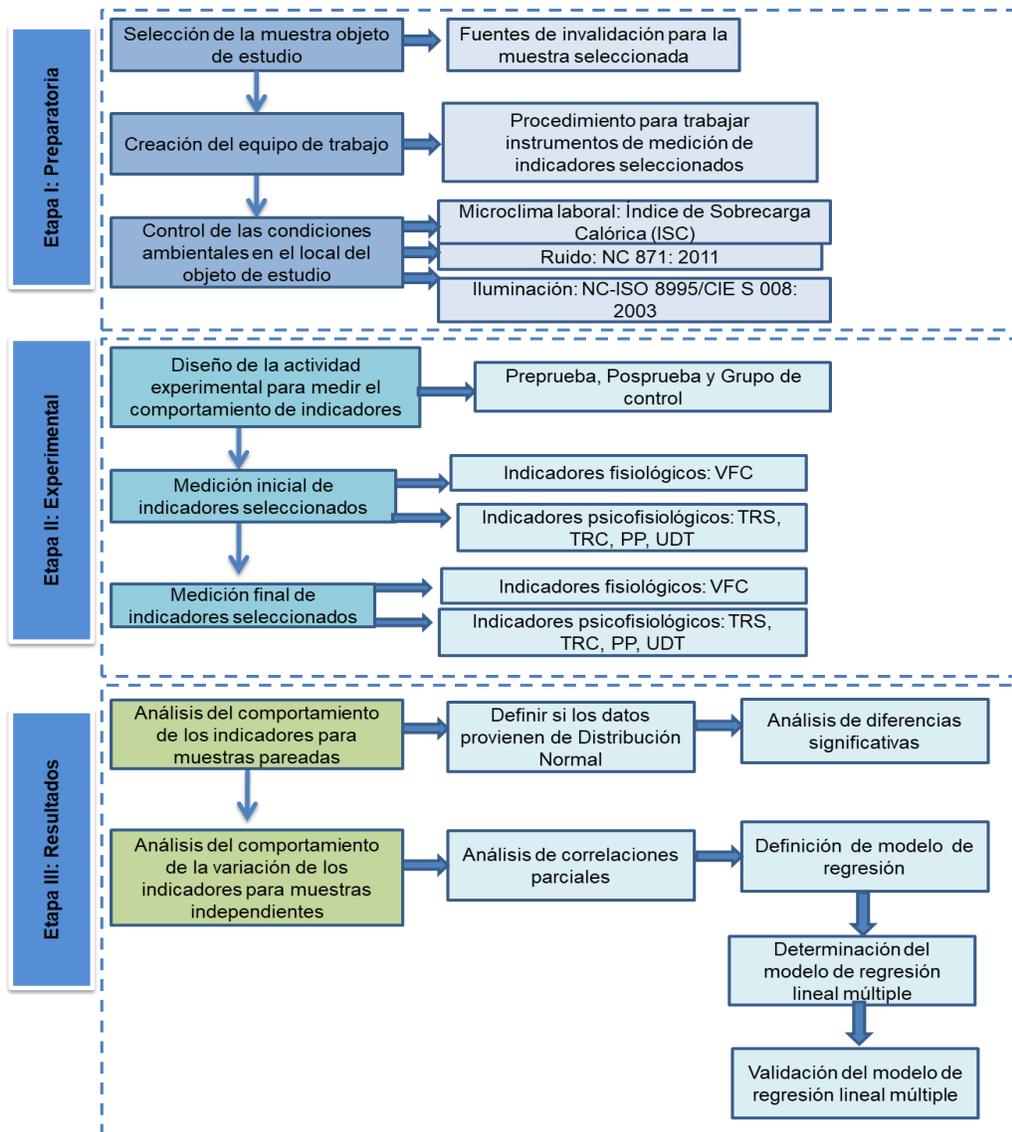


Figura 2.1. Metodología propuesta para el análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Descripción de la Etapa I del procedimiento propuesto

La Etapa I consta de 3 pasos fundamentales que son: selección de la muestra objeto de estudio, la creación del equipo para la medición de los indicadores seleccionados y

el control de las condiciones ambientales en los locales donde se desarrollará la actividad experimental.

Paso 1. Selección de la muestra objeto de estudio.

El tamaño de la muestra, n , dependerá de las características probabilísticas de la variable que se estudia, del análisis estadístico que se quiera realizar y el error que se esté dispuesto a asumir en ese análisis.

Existen diversos tipos de muestreos y ellos se clasifican en probabilísticos y no probabilísticos.

Dentro de los muestreos probabilísticos se encuentran: el muestreo aleatorio simple, estratificado y sistemático. Por otra parte los no probabilísticos están comprendidos por juicios o por cotas.

El tipo de muestreo a aplicar va a depender de las condiciones de investigación y premisas que defina el investigador. En la presente investigación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: crear grupos homogéneos, con características similares como edad, nivel de escolaridad, representación de ambos sexos, conocimiento y experiencia en la actividad a desarrollar, aptitudes físicas y psicológicas.

Al seleccionar la muestra objeto de estudio se define el tamaño de la muestra y tener en cuenta la caracterización de las variables: sexo y edad, nivel escolar, conocimiento y experiencia en la actividad a desarrollar, buscando la mayor homogeneidad entre ellos. Se debe explicar a la muestra objeto de estudio los objetivos, alcance y beneficios a obtener como resultado de la investigación para lograr su compromiso.

Paso 1.1. Fuentes de invalidación para la muestra seleccionada.

Con el objetivo de que la muestra seleccionada sea apta física y psicológicamente es necesaria utilizar dos recursos, permitiendo excluir los individuos que no cumplan con los requisitos exigidos como se muestran a continuación:

- Examen físico general: con énfasis en el sistema cardiorrespiratorio.
- Examen psicológico: a partir de la aplicación del Inventario de Personalidad de Eysenck.

A continuación se detalla en que consiste cada prueba:

Examen físico general

Para la realización del examen físico general se cuenta con un modelo (ver anexo 1), el cual será aplicado por los médicos de los consultorios donde conviven los individuos objeto de estudio. El examen físico brinda información general y por aparatos, con énfasis en el sistema cardiorrespiratorio, en él se revisa: la piel, la mucosa, el abdomen, el tejido celular cutáneo, los sistemas: osteomio articular y el nervioso central, así como los aparatos: respiratorio y cardiovascular. Con este modelo se garantiza que la muestra a participar en el experimento se encuentra apta físicamente. Se eliminan de la experiencia todos los aspirantes que presentaron algún trastorno del funcionamiento cardiovascular, enfermedad crónica o aguda en el momento de la experiencia

- Examen psicológico

Con el objetivo de excluir de la investigación personas que presenten indicios de trastornos psicológicos se aplica el Inventario de Personalidad de Eysenck (ver anexo 2), donde serán invalidados aquellos individuos que presentes factores de neuroticismo donde se encuentran: Neurosis mixta (cuadrante A), Neurosis de ansiedad (cuadrante B), Reacciones depresivas (cuadrante C), Reacciones histéricas (cuadrante E, F), Hipocondría (cuadrante D), Psicópata y alcoholismo (cuadrante F).

Se elige este inventario en su forma B que consta de 57 ítems de respuestas de Sí / No, ya que posee dos factores con dos polos: Extroversión versus Introversión y Neuroticismo versus Control, tiene añadida una escala de sinceridad para contrarrestar las respuestas deseables y se aplica sin límite de tiempo a partir de los 16 años de edad.

Orientaciones para aplicar Inventario de personalidad de Eysenck Forma B

- Primero entrega el test y permite un fondo de tiempo para completar los datos generales, y continúa con las instrucciones de la prueba.
- Se explica como una prueba para conocer aspectos importantes del modo de proceder habitual en las personas, por tanto, no hay respuestas buenas o malas, y para ello debe dar respuesta a algunas preguntas a las cuales debe responder sí o no, según su modo personal de proceder.
- Después, orienta seguir con la mirada las instrucciones que aparecen en la prueba mientras se da lectura a las mismas.

Calificación: Para la calificación de la prueba se diseña una herramienta en Microsoft Excel que permite la interpretación de los resultados obtenidos para cada individuo requiere de una plantilla calada donde aparecen los ítems correspondientes a cada factor circulado en un color que los identifica. Los factores son: Neuroticismo, Extroversión y Sinceridad.

La leyenda para dar lectura los cuadrantes del perfil:

A - Neurosis mixta

B - Neurosis de ansiedad

C - Reacciones depresivas

E-F -Reacciones histéricas

D - Hipocondría

F -Psicópata y alcoholismo

✓ Temperamento:

I- Melancólico

II- Colérico

III- Flemático

IV- Sanguíneo

Paso 2. Creación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo lo integran los investigadores y equipo de apoyo que auxilian en la medición de los indicadores a partir del entrenamiento recibido previo al desarrollo de la actividad experimental. A continuación se expone el procedimiento a tener en cuenta para la medición de cada uno de los indicadores seleccionados.

Paso 2.1. Procedimiento para trabajar instrumentos de medición de indicadores seleccionados

- **Indicador fisiológico:**

- ✓ **Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC)**

I. Premisas

1) Explicación de la medición al sujeto.

2) Al inicio del experimento se deben dar 5 minutos de aclimatación los cuales pueden ser usados para cumplir la premisa 1.

II. Herramientas

- Electrocardiógrafo japonés marca Nihon Kohden



Figura 2.2. Electrocardiógrafo japonés marca Nihon Kohden.

Fuente: tomado de Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Matanzas.

III. Procedimiento para funcionamiento del equipo

A) Mojar con agua la cara posterior de las muñecas (con cuidado de no mojar las palmas de las manos, colocar toallitas en ellas antes de ser rociadas) y la zona por encima de los tobillos internos. Esto se hará una sola vez.

B) Colocar electrodos según se especifica a continuación:

- Rojo (mano derecha)
- Amarillo (mano izquierda)
- Verde (pie izquierdo)
- Negro (pie derecho)

C) Teclas a oprimir

1) Power

2) On

3) 

4) 

5) Start/Stop

IV. Procedimiento de medición

- Se mide con el sujeto sentado antes de iniciar la actividad luego de los 5 min de aclimatación a las condiciones del local.

- Se realizan 2 mediciones a cada sujeto, una antes de iniciar la actividad cognitiva y otra al culminar la actividad.

- El tiempo que se registrará en cada una de las 2 mediciones es de 20 segundos (tiempo que el equipo tomará registros en papel, Bm/persona).

- Al culminar cada medición se marca el final del papel para indicar que termina el nivel, al dorso se expresa el nombre del individuo, la situación correspondiente (antes o después) y el procesamiento de la lectura que se explica a continuación.

V. Procesamiento de lectura de electrocardiograma



Figura 2.3. Muestra de la derivación 1 de un electrocardiograma.

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el valor de la VFC se utiliza la siguiente expresión.

$$VFC = \frac{(\text{Intervalo Máximo} - \text{Intervalo Mínimo})}{\text{Intervalo Medio}} \times 100$$

$$\text{Intervalo medio} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}$$

VI. Registro

Se registra en una hoja Excel el comportamiento del indicador antes y después de la ejecución de la actividad.

VI. Valores Esperados

- La variabilidad de la frecuencia cardíaca tiende a disminuir ante la fatiga mental.

- **Indicadores psicofisiológicos:**

- ✓ **Tiempo de Reacción Simple (TRS) y Tiempo de Reacción Complejo (TRC)**

I. Premisas

1) Explicar prueba y funcionamiento del software accediendo al menú ayuda del software (esto solo al inicio y en los cinco minutos de aclimatación).

II. Herramientas

- Software TEs3-Pro.



Figura 2.4. Software TEs3-Pro.

Fuente: tomado de García Falcón, 2016.

III. Procedimiento

- El sujeto se someterá a 10 pruebas para la determinación de su tiempo de reacción ante estímulos visibles y sonoros.
- El sujeto dará clic en el botón tiempo de reacción simple o tiempo de reacción complejo y tres segundos después aparecerá el primer estímulo. El sujeto dará respuesta tocando la tecla SPACE de una laptop donde estará el software, este se presionará cada vez que aparezca un estímulo luminoso (consiste en una luz roja aparecerá en la pantalla) y en el caso del tiempo de reacción complejo se alternará de manera aleatoria con un estímulo sonoro y como respuesta correcta al estímulo auditivo se selecciona la tecla "F" y para el estímulo visual la tecla "J".
- El software dará el tiempo transcurrido en segundos entre la aparición del estímulo visual o sonoro y la reacción del sujeto.
- El resultado de las 10 pruebas se irá registrando en un documento de texto, donde también aparecerá el resultado promedio y la variabilidad entre las mediciones.

IV. Registro

- Se registra en una hoja Excel el comportamiento del indicador antes y después de la ejecución de la actividad.

V. Valores Esperados

El Tiempo de Reacción Simple y Tiempo de Reacción Complejo tiende a aumentar ante la presencia de la fatiga mental.

✓ **Umbral de Discriminación Táctil (UDT)**

I. Premisas

- 1) Afeitar dos centímetros en la cara posterior de la muñeca en el sentido de los huesos (explicar en los cinco minutos de la aclimatación).
- 2) Dibujar un trazo recto en la piel con marcador permanente (explicar en los cinco minutos de la aclimatación).
- 3) Limitar la visión al individuo durante el procedimiento.
- 4) Brazo extendido.

II. Herramientas

- Pie de Rey con puntas romas acopladas.



Figura 2.5. Foto del Pie de Rey y el limitador de visión.

Fuente: tomado de Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Matanzas.

III. Procedimiento

- Se realizan 10 mediciones por el método ascendente y 10 por el descendente, antes y después de ejecutar la actividad cognitiva.

Por el método ascendente se comienza a estimular sobre la recta en la piel con progresivos aumentos en la separación de los puntos, cuando el individuo indique que ha dejado de percibir ambos estímulos como uno solo se registra el valor.

Por el método descendente se comienza a estimular sobre la recta en la piel y se va disminuyendo la separación de los puntos, cuando el individuo indique que percibe ambos estímulos como uno solo se registra el valor.

- Para ambos casos la diferencia a aumentar o disminuir es de dos milímetros.

IV. Registro y Procesamiento

- En el antes y después se halla el promedio entre los datos obtenidos por cada método (ascendente y descendente).
- Se registra en una hoja Excel el comportamiento del indicador antes y después de la ejecución de la actividad.

V. Valores Esperados

- El Umbral de Discriminación Táctil o la agudización del tacto disminuye ante la carga mental, aumentando la distancia mínima en que dos estímulos se distinguen de forma independiente.

✓ **Percepción de Profundidad (PP)**

I. Premisas

- 1) Colocar la barbilla del sujeto a dos centímetros del equipo en el mismo nivel en que se encuentra.
- 2) Verificar que el fondo sea claro dentro de la caja y haya buena iluminación.
- 3) Explicar el procedimiento al sujeto (en los cinco minutos de aclimatación).

II. Herramientas

- Caja Gover



Figura 2.6. Foto de Caja Gover para medir indicador Percepción de Profundidad.

Fuente: tomado de Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Matanzas.

III. Procedimiento

La Caja Gover posee dos varillas fijas y una que se mueve, permitiendo ponerlas de forma alineada y no alineada. El sujeto podrá verlas a través de una ventanilla.

- Se realizan 10 mediciones por el método ascendente y 10 en el descendente, antes y después de la actividad cognitiva.

El método ascendente consiste en colocar la varilla en el extremo inferior y alejar del individuo hasta que indique que están las tres alineadas.

El método descendente consiste en colocar la varilla en el extremo superior y acercar la varilla al sujeto hasta que indique que están las tres alineadas.

- Al cambiar de un método a otro se debe cerrar la ventanilla para evitar el efecto de la post-imagen.
- La velocidad de traslación de la varilla debe ser de aproximadamente 25 mm/segundo.
- Se trabaja con una iluminación interna en la caja Gover de 300 lux.

IV. Registro y Procesamiento

- En cada nivel se registrará la Percepción de Profundidad en milímetros para ambos métodos (ascendente y descendente) y se hallará el promedio.
- Se registra en una hoja Excel el comportamiento del indicador antes y después de la ejecución de la actividad.

V. Valores Esperados

- La Percepción de Profundidad disminuye ante la fatiga mental, aumentando la distancia de percepción de alineación.

Paso 3. Control de condiciones ambientales en los locales a desarrollar actividad experimental

- **Condiciones microclimáticas:** Se aplica el Índice de Sobrecarga Calórica (ISC) (ver anexo 3) para evaluar las condiciones microclimáticas. Las variables microclimáticas que se miden son temperatura de globo (Tg), empleando el termómetro de globo y las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo mediante el psicrómetro de aspiración, la presión de vapor de agua se obtiene en la carta psicrométrica (ver anexo 4) a partir de la velocidad del aire (Va), las temperaturas de bulbo seco (Tbs) y de bulbo húmedo (Tbh). El instrumental empleado se muestra en anexo 5. Con respecto al valor del metabolismo (M) se toma 100 W/m^2 que se considera para individuo sentado descansando y trabajo manual ligero como escribir (ver anexo 6). En el anexo 7 aparecen las implicaciones fisiológicas e higiénicas según el valor que se obtenga en el índice.
- **Control del ruido:** Se mide el nivel de presión sonora existente en los locales objetos de estudio con un sonómetro tipo I promediador-integrador (ver anexo 8) y la evaluación de las condiciones según la NC 871: 2011 (ver anexo 9).
- **Control de la iluminación:** Para llevar a cabo el procedimiento de medición se cuenta con la utilización de un luxómetro (ver anexo 10) como equipo de medición de la intensidad de la luz, con el cual se realiza el registro de los niveles de iluminación en los locales objetos de estudio. La evaluación se realiza a partir de la NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003 (ver anexo 11).

2.2.2. Descripción de la Etapa II del procedimiento propuesto

La Etapa II: Experimental consiste en el diseño de la actividad experimental a desarrollar y explicación a la muestra objeto de estudio, luego la medición inicial de los indicadores seleccionados en la muestra objeto de estudio, el desarrollo de la actividad cognitiva propuesta y por último la medición de los indicadores al finalizar la actividad para de esta forma analizar el comportamiento de la variación de cada indicador.

Paso 1. Diseño de la actividad experimental para medir el comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental

Para analizar el comportamiento de la carga mental de trabajo se aplican indicadores antes y después de someter al individuo a exigencias cognitivas que pueden provocar o no presencia de carga mental, es decir se establece un diseño experimental con preprueba y postprueba.

En la presente investigación se trabaja bajo el mismo paradigma, pero con la presencia de un grupo de control, el cual permita el análisis del comportamiento de los indicadores para ambos grupos con el objetivo de analizar si existen diferencias significativas entre los indicadores según la situación.

Las características de este tipo de diseño según Nicaragua (2018) son:

- Intervienen solamente dos grupos, uno que se somete al tratamiento experimental y otro que sirve como referencia, o sea, el grupo de control.
- La manipulación de la variable independiente alcanza solo dos niveles: presencia y ausencia.
- Antes y después de concluido el tratamiento experimental, a ambos grupos se le hace una medición de la variable dependiente en estudio.
- La única diferencia entre los grupos es la presencia-ausencia de la variable independiente.
- Los sujetos son asignados a los grupos de manera aleatoria.
- Los grupos deben ser equivalentes desde el inicio hasta el final del experimento.
- El experimento debe realizarse simultáneamente a ambos grupos (a la misma hora).

- La prepueba y la postprueba deben realizarse simultáneamente a ambos grupos, antes e inmediatamente después de concluido el experimento, especialmente cuando la variable dependiente tiende a cambiar en el tiempo.

En este diseño la comparación entre las variaciones de ambos grupos indica si hubo efecto o no de la manipulación de la variable independiente. Si las variaciones entre sí difieren significativamente, esto indica que el tratamiento experimental tuvo un efecto a considerar.

Finalmente es importante señalar que el diseño con prepueba, postprueba y grupo de control, así como todas sus posibles variaciones y extensiones tiene la gran ventaja de que se logra controlar todas las fuentes de invalidación interna.

Paso 2. Medición inicial de los indicadores seleccionados a la muestra objeto de estudio.

Consiste en la medición de los indicadores seleccionados antes de iniciar la actividad cognitiva diseñada al individuo, que abarcan los niveles biomoleculares, fisiológicos, psicofisiológicos y psicológicos con el objetivo de poder contar con los valores del estado de reposo. El control de las variables ajenas a la experimentación, tales como las condiciones del local donde se desarrollan las pruebas, la calibración de los equipos y la calificación de los experimentadores son factores a los que deben prestarse atención. Las pruebas se realizan una hora antes del inicio de la actividad cognitiva.

Paso 3. Medición final de los indicadores seleccionados a la muestra objeto de estudio

Se realiza el mismo procedimiento experimental de la etapa inicial, solo que, en este caso la medición se efectúa al culminar la actividad experimental, siguiendo exactamente los mismos criterios experimentales de la medición inicial.

2.2.3. Descripción de la Etapa III del procedimiento propuesto

En la Etapa III: Resultados se realiza un análisis del comportamiento de los indicadores tanto para muestras pareadas (antes y después para ambos grupos), como para muestras independientes (variaciones de cada grupo) y por último se procede a la discusión de los resultados.

Paso 1. Análisis del comportamiento de los indicadores para muestras pareadas.

Se analiza de manera cualitativa el comportamiento de los indicadores antes y después de la actividad experimental para ambos grupos, experimental y de control, donde se recopilan los datos en el modelo de tabla 2.1 que se muestra a continuación.

Tabla 2.1. Modelo para recopilar el comportamiento de las muestras objetos de estudios en el indicador (x) antes y después.

No. de muestra (i)	Indicador (x) antes	Indicador (x) después
I		

Fuente: elaboración propia.

Para analizar de manera cuantitativa se realiza el procesamiento estadístico de los datos en el software STATGRAPHIC Centurion, donde se tiene en cuenta las siguientes tres categorías:

1. Medidas de tendencia central – estadísticas que caracterizan el “centro” de los datos.
2. Medidas de dispersión – estadísticas que miden la dispersión de los datos.
3. Medidas de forma – estadísticas que miden la forma de los datos con respecto a una distribución normal.

Se recopila la información en el siguiente formato según la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Modelo para resumen estadístico del comportamiento de los indicadores (i) antes y después para las muestras objeto de estudio.

	<i>Muestra objeto de estudio</i>	
	<i>Indicador (i) antes</i>	<i>Indicador (i) después</i>
Recuento		
Promedio		
Desviación Estándar		
Coefficiente de Variación		
Mínimo		
Máximo		
Rango		
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

Fuente: elaboración propia

Paso 1.1. Definir si los valores de cada indicador antes y después provienen de una Distribución Normal.

Para definir si los datos provienen de una distribución normal se debe aplicar la Prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov Smirnov según los tamaños de la muestra objeto de estudio, en la figura 2.7 se muestra como acceder a este tipo de pruebas en el software STATGRAPHIC Centurion.

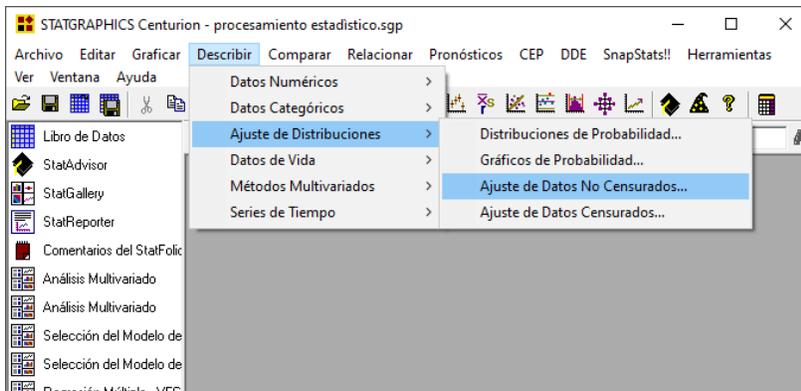


Figura 2.7. Interfaz del software Stragraphics Centurion para ajuste de Distribución Normal de los datos.

Fuente: elaboración propia.

La ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si la variable introducida puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos y esta prueba se emplea para tamaño de muestras menores que 50, en caso de presentar un tamaño de muestra mayor de 50 se recomienda aplicar la Prueba de Kolmogorov-Smirnov (Prueba de bondad de ajuste) para determinar si la variable puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Se analiza el valor-P obtenido de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula de que la variable analizada proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Paso 1.2. Análisis de las diferencias significativas entre los valores de antes y después por indicador.

El procedimiento comparación de muestras pareadas está diseñado para comparar datos en 2 columnas numéricas donde los valores en cada fila están pareados,

corresponden al mismo sujeto o unidad experimental, en este caso el comportamiento del indicador para analizar carga mental antes y después de desarrollar la actividad experimental para cada muestra. La razón principal para tal comparación típicamente es determinar si el factor que diferencia las columnas tiene o no efecto en los datos. En la figura 2.8 se muestra como acceder en dicha prueba en el software STRAGRAPHICS.

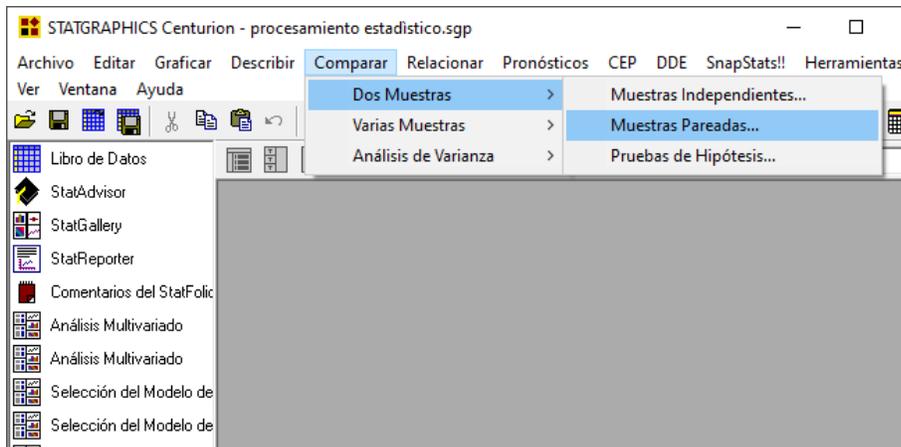


Figura 2.8. Interfaz del software Stragraphics Centurion para analizar diferencias significativas en muestras pareadas.

Fuente: elaboración propia.

Si los datos antes y después del comportamiento de indicador provienen de una distribución normal distribución se aplica la prueba paramétrica prueba T-Student. La prueba T-Student evalúa la hipótesis de que la media de muestras pareadas es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la media de las muestras pareadas no igual a 0.0. Si el valor-P para esta prueba es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 95.0%.

Si la distribución de la que provienen los valores de antes y después del comportamiento del indicador no es normal, se aplica la prueba no paramétrica de Prueba de rangos con signos. La prueba de rangos con signos se basa en definir el rango medio de valores menores y mayores a la mediana hipotética. La prueba de rangos con signo evalúa la hipótesis de que la mediana de las muestras pareadas es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la mediana de las muestras pareadas es no igual a 0.0. Si el valor-P para esta prueba es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 95.0%.

De primordial importancia son los valores de Valor-P, cuando está por debajo de 0.05 si se trabaja al nivel de significancia del 5% conducen al rechazo de la hipótesis nula.

Paso 2. Análisis del comportamiento de la variación de los indicadores para muestras independientes.

Para el desarrollo del análisis de la variación de los indicadores se efectúa la siguiente operación para cada indicador:

$$I_{id} - I_{ia} = \Delta I_i$$

I_a: Valor del Indicador ante

I_d: Valor del Indicador después

ΔI_i : variación del indicador

i: número de muestra

Al determinar el comportamiento de la variación para cada indicador por muestras objeto de estudio, se procede a realizar un resumen estadístico que incluye medidas de tendencia central, de variabilidad y de forma a partir del empleo del Software STARGRAFIC Centurion y se recopila la información en el siguiente formato según la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Modelo para resumen estadístico del comportamiento de las variaciones de los indicadores i para las muestras objeto de estudio.

	<i>Muestra objeto de estudio</i>
	Δ <i>Indicador i</i>
Recuento	
Promedio	
Desviación Estándar	
Coeficiente de Variación	
Mínimo	
Máximo	
Rango	
Sesgo Estandarizado	
Curtosis Estandarizada	

Fuente: elaboración propia

Para una mejor visualización de las variaciones se aplica gráfico radial para analizar los valores de máximo, mínimo y promedio de cada indicador, lo que posibilita comparar el comportamiento entre las muestras objeto de estudio.

Para analizar la cantidad de indicadores por muestra que se comportaron según el resultado esperado se realiza un conteo que se visualiza en un gráfico de barra donde se refleja la cantidad de individuos que no variaron los indicadores según lo esperado (0) y los que varían en 1, 2, 3, 4 o 5 indicadores según lo esperado.

Paso 2.1. Análisis de correlaciones parciales entre el comportamiento de la variación de los indicadores.

Para analizar las correlaciones parciales entre el comportamiento de la variación de los indicadores seleccionados se agrupan los valores obtenidos para ambas muestras objetos de estudio. En el software STARGRAFIPHIC Centurion se puede acceder a dicha prueba como se muestra en la figura 2.9.

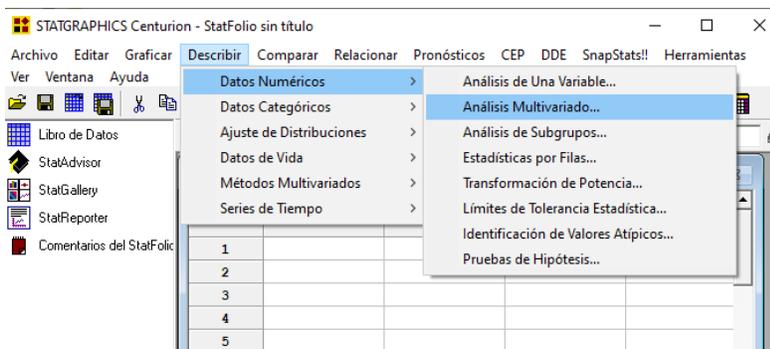


Figura 2.9. Interfaz del software STRAGRAPHICS Centurion para seleccionar la opción de análisis multivariado.

Fuente: elaboración propia.

Para analizar el comportamiento de las correlaciones parciales se debe habilitar la opción en tablas, para ello se va a la opción de Tabla y se elige visualizar la correlación parcial, esa tabla muestra los coeficientes de correlación parcial entre cada par de indicadores. Las correlaciones parciales miden la fuerza de la relación lineal entre las variables, en este caso indicadores, considerando primero el ajuste por su relación con las otras variables de la tabla. Esta prueba ayuda a juzgar que tan útil sería una variable para mejorar las predicciones de la segunda variable, dada la información de todas las otras variables que ya han sido consideradas. También se muestra, entre paréntesis, el número de pares de datos utilizados para calcular cada coeficiente. El

tercer número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0.05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0%.

El análisis de correlaciones parciales va a permitir definir qué conjunto de indicadores presentan una correlación significativa si tienen valores-P por debajo de 0.05.

Paso 2.2. Definición de modelo de regresión que más se ajuste al comportamiento de la variación de los indicadores.

Se pretende determinar si existe relación en el comportamiento de la variación de los indicadores seleccionados en las muestras objeto de estudio a partir de definir indicadores independientes e indicador dependiente a partir de los resultados obtenidos en las correlaciones parciales. Para seleccionar el modelo de regresión que más se ajusta a la relación entre las variables (indicadores) se accede en el STRAGRAFICS Centurion como se muestra en la figura 2. .

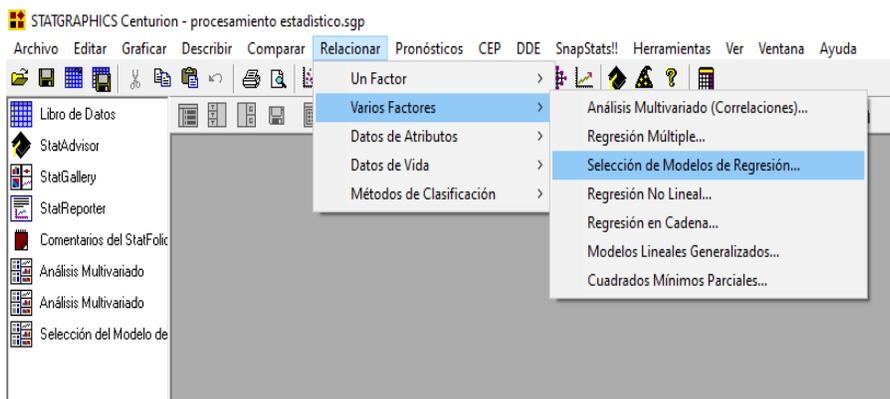


Figura 2. . Interfaz del software STRAGRAFICS Centurion para seleccionar la opción Selección de Modelos de Regresión.

Fuente: elaboración propia.

Se muestra una tabla con los resultados de ajustar varios modelos de regresión múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las variables predictoras (independientes) que se declaren por el investigador. Los modelos se han ajustado conteniendo todas las combinaciones desde 0 hasta la cantidad de variables predictoras definidas. Las estadísticas tabuladas incluyen el cuadrado medio del error (CME), los valores de R-Cuadrada ajustada y sin ajustar, y el estadístico Cp de

Mallows. Para determinar cuáles modelos son mejores se define el criterio del mayor valor de R-Cuadrada ajustada.

El estadístico de R-Cuadrada ajustada mide la proporción de variabilidad en la variable dependiente definida que es explicada por el modelo. Valores grandes de R-Cuadrada ajustada corresponden a valores pequeños de cuadrado medio del error (CME).

Este análisis permite definir los indicadores a tener en cuenta para ajustar una ecuación que responda al modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el indicador dependiente que se define y los indicadores independientes.

Paso 2.3. Determinación del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente declarada y las variables independientes.

Para determinar el modelo de regresión lineal múltiple para la variación del comportamiento de los indicadores seleccionados se definen como indicadores independientes las que integran el modelo de regresión obtenido en el paso anterior. Para realizar la prueba de Regresión Múltiple se elige la opción relacionar en el software STARGRAFIC Centurion como se muestra en la figura 2.10.

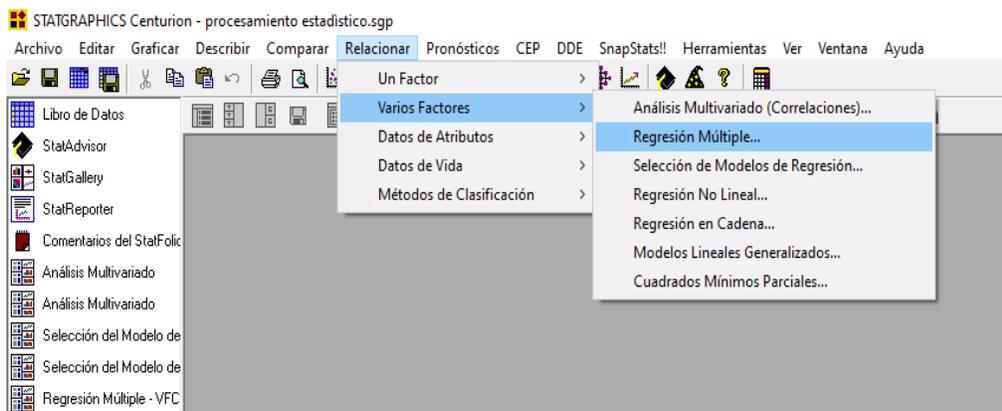


Figura 2.10. Interfaz del software STARGRAFIC Centurion para analizar la Regresión Múltiple.

Fuente: elaboración propia.

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente declarada y las variables independientes, de esta forma se obtiene la ecuación del modelo ajustado.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica el valor porcentual que se obtenga de la variabilidad en la variable dependiente definida. El estadístico R-

Cuadrada ajustada permite comparar modelos con diferente número de variables independientes. El error estándar del estimado muestra la desviación estándar de los residuos, este valor puede usarse para construir límites para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Reportes del menú de texto. El error absoluto medio (MAE) es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Se analiza el valor-P, el cual si es menor que 0.05, hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%.

Para determinar si el modelo puede simplificarse, se puede analizar el valor-P mayor o igual que 0.05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95.0% ó mayor. Consecuentemente, se debe considerar eliminar esa variable independiente del modelo.

Paso 2.3.1. Validación del modelo de regresión lineal múltiple

Se valida el modelo a partir de una la dócima F-total, donde al analizar el valor-P en la tabla ANOVA, pueden tomarse una de las siguientes decisiones:

- Si el valor-P es mayor que 0.05 se acepta la hipótesis nula, con lo que el promedio de las observaciones de la variable dependiente sería un mejor estimador que el modelo de regresión.
- Si el valor-P es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula, con lo que se tiene que la ecuación de regresión es mejor estimador que el promedio de las observaciones de la variable dependiente.

En el caso que se afirme que existe una relación estadísticamente significativa el modelo obtenido permite predecir el comportamiento de la variable dependiente definida, siempre que se cumpla que los valores de las variables independientes se ajusten en el rango, las características de la muestra objeto de estudio y las condiciones de la investigación.

2.3. Conclusiones parciales del capítulo

- 1 Se propone un procedimiento para el análisis del comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental compuesto por 3 etapas que integra elementos para la selección de la muestra, diseño de experimento de preprueba, posprueba y grupo

de control y un conjunto de herramientas para el análisis estadístico de los resultados.

- 2 La muestra se selecciona a partir de la aplicación conjunta de un examen físico y psicológico para realizar el estudio con individuos que no afecten los resultados esperados de los indicadores ante la presencia de exigencias cognitivas.
- 3 La propuesta de indicadores a emplear tiene como base un análisis fundamentado en los estudios teóricos y prácticos de limitaciones en el uso que permiten seleccionar para la investigación los indicadores psicofisiológicos UDT, PP, TRS y TRC y el indicador fisiológico VFC.
- 4 El procesamiento estadístico de los datos se efectúa en el software STATGRAPHIC Centurion, donde se realizan análisis de muestras pareadas y de correlación entre las variaciones de los indicadores.

Capítulo III: Resultados de la aplicación del procedimiento para el análisis del comportamiento de los indicadores para valorar trabajo mental en condiciones experimentales

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento para analizar el comportamiento de los indicadores seleccionados relacionados con carga mental propuestos en el capítulo anterior.

3.1. Caracterización de la entidad objeto de estudio

Debido a la importancia que se le concede al comportamiento de los indicadores para valorar la carga mental es necesario analizar los mismos en poblaciones donde se desarrollen altos niveles de exigencias cognitivas y posibiliten realizar estudios bajo condiciones experimentales. Existe la necesidad de crear grupos homogéneos, con características similares como: edad, nivel de escolaridad, representación de ambos sexos, conocimiento y experiencia en la actividad a desarrollar, aptitudes físicas y psicológicas, para facilitar la obtención de resultados que respondan al nivel de exigencia cognitiva a la que se expone el individuo, con el control de condiciones ambientales que puedan provocar resultados contradictorios y así disminuir el margen de error al aplicar los indicadores pertinentes a la población objeto de estudio.

La población de estudiantes universitarios brinda las facilidades que se exponen anteriormente, de ahí la importancia que se le concede al desarrollo de la presente investigación en la Universidad de Matanzas.

La Universidad de Matanzas fue fundada el 9 de mayo de 1972, como parte de la voluntad de la dirección de la Revolución de expandir la Educación Superior por todo el país. La institución se encuentra ubicada en Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.

La enseñanza superior en la provincia matancera ha graduado más de 54 951 profesionales, de ellos cerca de 1 500 extranjeros de más de 59 países. En la actualidad se forman profesionales de 46 carreras universitarias de las ciencias sociales, técnicas, agronómicas, económicas y pedagógicas en las modalidades de curso presencial, semi-presencial y a distancia. Para atender esta demanda de formación la Universidad cuenta con un claustro de 1 471 profesores, de ellos 536 a tiempo parcial y 77 adiestrados. El 72,6% del claustro a tiempo completo son Especialistas, Doctores o Másteres.

La formación de profesionales integrales, poseedores de una alta cultura humanística y de su profesión, capaces de dominar la realidad y transformarla, comprometidos con la Patria y el Socialismo, es el resultado principal mediante el cual la Universidad de Matanzas da respuesta al encargo recibido de la sociedad. Sus egresados son protagonistas de acontecimientos de la historia patria y del desarrollo científico y profesional de nuestra sociedad.

3.2. Desarrollo de la Etapa I del procedimiento propuesto

Paso 1. Selección de la muestra objeto de estudio.

La población objeto de estudio en la presente investigación son los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas, la cual consta de matrícula en la modalidad presencial y semi-presencial y 5 y 6 años académicos respectivamente. A juicio del investigador la muestra a tomar son los estudiantes de modalidad presencial de tercer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Empresariales en el curso 2018-2019 II semestre, por ser un grupo de estudiantes que se encuentran adaptados al sistema evaluativo y se elimina el riesgo de la inexperiencia en el sistema evaluativo universitario, ya tienen preparación en el modo de evaluación de la asignatura de Ergonomía, que constituyen la base de la asignatura a evaluar en el examen y se encuentran familiarizados con los equipos que se emplean para la medición de los indicadores, por lo que se eliminan variables externas como inexperiencia en la actividad y por otra parte se elimina el margen de error al aplicar las técnicas y la muestra no considerarlas invasivas.

Con esta muestra se logra la creación de un grupo homogéneo con características similares como edad, nivel de escolaridad, representación de ambos sexos e igual nivel de experiencia y conocimiento en la actividad a desarrollar.

La carrera de Ingeniería Industrial cuenta con una matrícula de 63 estudiantes en tercer año, la edad está entre los 20-22 años, con un nivel de escolaridad de bachiller (nivel medio superior), procedentes de la provincia de Matanzas. El grupo está constituido por 35 mujeres y 28 hombres. La investigación se dirigió al 100% de los estudiantes de tercer año y a partir de un proceso de evaluación física y psicológica se define su aptitud para someterse al experimento diseñado.

Paso 1.1. Análisis de las fuentes de invalidación para la muestra seleccionada.

De las 35 mujeres que constituyen la muestra objeto de estudio, 2 de ellas son invalidadas por presentar gripe (no encontrarse aptos físicamente) en el desarrollo del experimento. Al aplicar el inventario de personalidad de Eysenck arrojó que 6 presentan trastornos psicológicos (4 neurosis mixta, 1 reacciones histéricas y 1 hipocondriaca), las mismas fueron eliminadas del experimento, quedando de esta manera 27 mujeres.

Con respecto a los hombres en el grupo hay 28, de ellos 2 no participaron en el experimento por motivos personales, el resto se encontraba apto físicamente. Al aplicar el inventario de personalidad de Eysenck ninguno de los encuestados presentaba trastornos psicológicos, por lo que se encuentran aptos para participar en el experimento.

Paso 2. Creación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo queda constituido por el Dr.Cs Joaquín García Dihigo, el MSc. Yoel Almeda Barrios, el presente autor de la investigación y 5 estudiantes del Grupo Científico Estudiantil de Ergonomía Cognitiva, los cuales fueron entrenados para apoyar cada uno en la medición de los indicadores seleccionados para aplicar en la investigación los cuales se muestran en la figura 3.1.

Tabla 3.1. Indicadores seleccionados para aplicar a la muestra objeto de estudio.

Clasificación del indicador	Indicador	Unidad de medida
Psicológico	VFC	%
Psicofisiológico	PP	mm
	UDT	cm
	TRS	seg
	TRC	seg

Fuente: elaboración propia.

El entrenamiento para la medición de los indicadores se basa en el procedimiento para trabajar con los instrumentos definidos para cada indicador como se muestra en el capítulo anterior.

Paso 3. Control de condiciones ambientales en los locales a desarrollar actividad experimental

Con el objetivo de controlar las condiciones ambientales en los locales donde se desarrollaron las actividades del objeto de estudio se aplica para la evaluación de las condiciones microclimáticas el Índice de Sobrecarga Calórica. Para ambos locales los valores de ISC se encontraron en el rango de 10-30% lo que indica tensión térmica de ligera a moderada, correcta para trabajos que implican funciones intelectuales superiores, destreza y vigilancia.

Para la medición del nivel de presión sonora existente se utilizó un sonómetro tipo I promediador - integrador, como los ruidos en estas instalaciones son no constantes, el instrumento ofrece el valor directo del nivel sonoro equivalente continuo existente en los locales donde se desarrollarán las actividades a partir de la respuesta lenta del sonómetro (slow). Para el aula empleada para el grupo de control se registró un valor de 76.5 db-A que al compararlo con la NC 871:2011 la misma recomienda 85-A db por lo que se considera adecuado. El aula donde se desarrollará el examen para el grupo experimental se registró un valor de 52.3 db-A, en comparación con la norma que establece 60 db-A para actividades intelectuales, el nivel de presión sonora es adecuado.

Para medir el nivel de iluminación existente en los locales se utilizó un luxómetro. En el anexo 12 y 13 se recoge la distribución de los puntos de medición y los valores de iluminación obtenidos. La NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003 para el aula define un valor de 300 lux y en el aula para el grupo de control existe 338.33 lux por lo que se cumple con lo recomendado.

Para el aula de conferencia se estableció 500 lux que es el recomendado para salas de lectura según la NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003, debido a que se debe garantizar la óptima iluminación para la lectura y respuesta del examen y se cumple con 682.11 lux, por lo que se garantizaron las condiciones de iluminación.

3.3. Desarrollo de la Etapa II del procedimiento propuesto

Paso 1. Diseño de la actividad experimental para medir el comportamiento de los indicadores relacionados con la carga mental.

La investigación presenta como fin analizar el comportamiento que presentan los indicadores seleccionados relacionados con carga mental en estudiantes universitarios por lo que se cuenta con dos grupos, los cuales están sometidos a diferentes

situaciones con el fin de evaluar el comportamiento de los indicadores en situaciones de ausencia de exigencias cognitivas y otra con presencia de exigencias cognitivas en el período de exámenes. A continuación se describe cómo se logra el efecto antes mencionado para cada grupo donde el grupo 1 desarrolla el experimento bajo el supuesto de ausencia de exigencias cognitivas y el grupo 2 sometido a una situación con exigencias cognitivas:

- Grupo 1: se mide cada uno de los indicadores seleccionados a los estudiantes eximidos del examen antes y después de la actividad, la cual se desarrolla en un aula del edificio D1, en un ambiente relajado, donde se controlan todos los factores que propicien existencia de carga mental, para ello se convoca a realizar un intercambio entre los estudiantes y un profesor invitado sobre cualquier tema de interés colectivo, esto se realiza en horas tempranas de la mañana, sin ningún tipo de presión y se permite la distracción de los estudiantes. El objetivo de esta recolecta de datos es identificar el comportamiento de cada uno de los indicadores con ausencia de exigencias cognitivas, donde se espera que no existan diferencias significativas entre los valores tomados antes y después de la actividad, por tanto se define como un grupo de control para comparar con el grupo 2.
- Grupo 2: Se aplica el examen final de la asignatura de Seguridad y Salud en el Trabajo que debido a las características de la materia se debe tomar decisiones en cada pregunta partiendo de la evaluación, diagnóstico de la situación, análisis de tablas, interpretación de resultados, se debe calcular, leer, redactar, búsqueda de información en materiales complementarios, toma de decisiones, entre otras habilidades que exige una evaluación final. Esta actividad se desarrolla en una de las aulas de conferencia de edificio D1. Esta situación demanda de la capacidad cognitiva de los estudiantes al estar sometidos a largas jornadas de estudios y existe presión en ellos debido a que de su resultado docente depende su situación en el próximo curso escolar. De esta forma se obtiene el comportamiento de los indicadores seleccionados antes y después de la ejecución del examen, lo que cumple el supuesto de presencia de exigencias cognitivas.

Para dar cumplimiento a la realización de las dos fases del experimento, por el rendimiento presentado durante el curso se decide que 14 mujeres y 2 hombres se encuentren en la muestra de los eximidos y 13 mujeres y 25 hombres realizarán el examen de Seguridad y Salud en el Trabajo. De esta manera se eliminan variables ajenas del grupo de control como es la prevalencia de estrés académico por el estudio antes de la realización del examen, lo que puede provocar que sean erróneos los valores que se obtienen del grupo de control, el cual debe estar ausente de fatiga mental.

Paso 2. Medición inicial de los indicadores seleccionados a la muestra objeto de estudio.

La medición inicial de los indicadores seleccionados (VFC, TRS, TRC, UDT y PP) se realiza en los horarios de la mañana, comenzando a las 8:00 am y finalizando 9:00 am, hora de inicio de la actividad experimental, tanto el intercambio con los estudiantes eximidos que no realizan el examen (ausencia de exigencias cognitivas) como la muestra de estudiantes que desarrolla el examen de Seguridad y Salud en el Trabajo (presencia de exigencias cognitivas).

Paso 3. Medición final de los indicadores seleccionados a la muestra objeto de estudio

Las actividades culminan luego de pasar 4 horas para ambos grupos y se procede a la medición final de los indicadores seleccionados para ambos grupos objetos de estudio.

3.4. Desarrollo de la Etapa III del procedimiento propuesto

Durante la aplicación del experimento correspondiente a los indicadores seleccionados relacionados con carga mental se tomaron mediciones para ambas grupos, “antes” y “después” a los estudiantes que no realizan examen que son 16 sujetos y a la muestra que realiza el examen que son 38 estudiantes (ver anexo 14).

Al analizar el comportamiento de los indicadores antes y después para cada muestra objeto de estudio se obtiene que para los indicadores psicofisiológicos, en el UDT, PP, TRS y TRC para los estudiantes sin examen solo el 18.75%, 12.5%, 12.5% 31.25% respectivamente tiene el comportamiento esperado de carga mental, donde los valores obtenidos después de aplicar el experimento son mayores que los de antes y al representar la minoría demuestra la sensibilidad y fiabilidad en el comportamiento de

los indicadores ante la ausencia de exigencias cognitivas. Para la muestra que realizó el examen el UDT y PP obtuvo 92.21%, TRS y TRC 94.73% y 86.84% respectivamente experimenta carga mental, por tanto se comprueba que ante la presencia de exigencias cognitivas los indicadores se comportaron como lo esperado para la mayoría. Al analizar el indicador fisiológico VFC para la muestra sin examen solo el 37.5% experimenta presencia de carga mental y la muestra con el examen el 94.73% representando que la mayoría experimenta presencia de carga mental al indicador comportarse como lo esperado y coincidir con el comportamiento antes analizado de los indicadores psicofisiológicos. El análisis inicial de los resultados refleja la situación que se experimenta de manera individual por los estudiantes al exponerse a un examen final, donde interviene el nivel de preparación del estudiante, factores individuales de la personalidad, rendimiento académico del estudiante y nivel de interés por el resultado a obtener, sin embargo para la muestra que no se aplica examen final se evidencia que no experimenta la mayoría presencia de carga mental al no encontrarse expuesto a un estímulo que ocasione esta situación.

A continuación se presentan las tablas 3.1 y 3.2, donde se presenta el resumen estadístico del comportamiento de los indicadores para ambos objetos de estudio, incluye medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma.

Tabla 3.1. Resumen estadístico para datos de comportamiento de indicadores antes (a) y después (d) de la aplicación de la situación experimental a la muestra de estudiantes sin examen (SE).

	PP a SE (mm)	PP d SE (mm)	TRC a SE (seg)	TRC d SE (seg)	TRS a SE (seg)	TRS d SE (seg)	UDT a SE (cm)	UDT d SE (cm)	VFC a SE (%)	VFC d SE (%)
Recuento	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Promedio	5.1562 5	3.0	0.628 125	0.5156 25	0.3637 5	0.3412 5	2.0687 5	1.5062 5	23.93 99	27.286 5
Desviación Estándar	2.2636 2	1.3540 1	0.230 484	0.1296 65	0.0340 343	0.0324 294	0.7152 8	0.7899 1	11.84 45	12.585
Coefficiente de Variación	43.900 4%	45.133 5%	36.69 4%	25.147 1%	9.3565 1%	9.5031 2%	34.575 5%	52.442 2%	49.47 6%	46.121 6%
Mínimo	1.0	1.0	0.36	0.33	0.32	0.31	1.0	0.3	9.523 81	6.0024
Máximo	9.0	5.0	1.07	0.75	0.44	0.4	3.5	3.8	47.61	46.153

									9	8
Rango	8.0	4.0	0.71	0.42	0.12	0.09	2.5	3.5	38.09 52	40.151 4
Sesgo Estandari zado	0.2149 27	- 0.0751 82	0.978 84	1.1436 2	0.9710 57	0.9514 73	0.4460 45	2.5166	1.371 88	- 0.0454 501
Curtosis Estandari zada	- 0.6903 41	- 1.0102 5	- 0.770 07	- 0.4249 8	- 0.1254 84	- 0.9622 39	- 0.4830 39	3.3804 5	- 0.377 321	- 0.9225 31

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

Tabla 3.2. Resumen estadístico para datos de comportamiento de indicadores antes (a) y después (d) de la aplicación de la situación experimental a la muestra de estudiantes con examen (CE).

	<i>PPa</i> <i>CE</i> <i>(mm)</i>	<i>PPd</i> <i>CE</i> <i>(mm)</i>	<i>TRCa</i> <i>CE</i> <i>(seg)</i>	<i>TRCd</i> <i>CE</i> <i>(seg)</i>	<i>TRSa</i> <i>CE</i> <i>(seg)</i>	<i>TRSc</i> <i>CE</i> <i>(seg)</i>	<i>UDTa</i> <i>CE</i> <i>(cm)</i>	<i>UDTd</i> <i>CE</i> <i>(cm)</i>	<i>VFCa</i> <i>CE</i> <i>(%)</i>	<i>VFCd</i> <i>CE</i> <i>(%)</i>
Cantidad de muestras	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Promedio	1.4802 6	7.4605 3	0.4810 53	0.6213 16	0.3394 74	0.4405 26	1.7907 9	2.8513 2	19.953 2	10.932 5
Desviación Estándar	2.0635	5.3906 6	0.1630 75	0.3424 65	0.0634 14	0.1023 49	0.6295 49	0.9255 01	8.8849 6	6.1439 1
Coeficiente de Variación	139.40 1%	72.255 8%	33.899 6%	55.119 3%	18.680 1%	23.233 4%	35.154 8%	32.458 7%	44.528 9%	56.198 5%
Mínimo	0.0	0.0	0.29	0.36	0.2	0.28	0.8	1.0	5.7703 4	3.9478 9
Máximo	10.5	23.5	1.11	2.46	0.54	0.72	3.6	5.25	52.381	36.363 6
Rango	10.5	23.5	0.82	2.1	0.34	0.44	2.8	4.25	46.610 6	32.415 7

Sesgo	6.9502	3.1095	5.8652	11.194	2.7007	2.1484	2.0730	0.4936	3.4008	5.6351
Estandarizado	8	7	7	5	9	7	9	99	4	3
Curtosis	11.929	1.5124	8.6557	29.327	4.0215	0.6778	0.8859	-	4.4010	9.2072
Estandarizada	8	8	9	9	4	09	67	0.0707412	3	1

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

Paso 1.1. Definir si los valores de cada indicador antes y después provienen de una Distribución Normal.

Para determinar si los datos provienen de una Distribución Normal se aplica la prueba de Shapiro-Wilk al presentar una cantidad de muestras menor de 50 en ambas muestras y se analiza el comportamiento del P-value para definir si los datos corresponden a una distribución normal, debido a que no es suficiente solo el análisis de sesgo estandarizado y de curtosis estandarizada. En la tabla 3.3 se exponen los resultados obtenidos.

Tabla 3.3. Análisis del comportamiento de la normalidad de los datos obtenidos por indicador antes y después del experimento en la muestra objeto de estudio.

Indicadores	Estudiante universitario sin examen final		Estudiante universitario con examen final	
	P-value	Tipo de distribución	P-value	Tipo de distribución
PP antes	0.521725	Normal	2.78997E-9	No normal
PP después	0.939688	Normal	0.00115181	No normal
UDT antes	0.876281	Normal	0.0921229	Normal
UDT después	0.0367314	No normal	0.933052	Normal
TRS antes	0.225462	Normal	0.00439761	No normal
TRS después	0.014846	No normal	0.0713713	Normal

	8			
TRC antes	0.118308	Normal	3.92995E-7	No normal
TRC después	0.125805	Normal	7.88702E-13	No normal
VFC antes	0.079907 1	Normal	0.0075520 7	No normal
VFC después	0.589455	Normal	0.0000020 0928	No normal

Fuente: elaboración propia.

Paso 1.1. Definir si los valores de cada indicador antes y después provienen de una Distribución Normal.

A partir de definir si cada conjunto de datos procede de una Distribución Normal se puede definir si se aplica una prueba paramétrica en caso de seguir una distribución normal o no paramétrica en caso de no ajustarse a una distribución normal y definir si existe diferencias significativas en las muestras pareadas antes-después (a-d) para ambos grupos analizados, sin examen (SE) y con examen (CE). En la tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos en el procesamiento estadístico.

Tabla 3.4. Análisis de diferencias significativas en muestras pareadas (antes-después) por indicador.

Indicador	Prueba	P-value	Diferencias significativas	Rango medio de valores a la mediana hipotética
PP a-d SE	Prueba t	0.233008	No	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 3.66667 mm Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 9.61538 mm
PP a-d (CE)	Prueba de rangos con signo	1.62846E-7	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 19.9714 mm Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética:

					2.0 mm
UDT SE	a-d	Prueba de rangos con signo	0.00145628	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 2.0 cm Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 10.0 cm
UDT CE	a-d	Prueba t	8.66547E-8	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 20.1571 cm Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 11.8333 cm
TRS SE	a-d	Prueba t	0.21988	No	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 4.125 seg. Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 9.40909 seg.
TRS CE	a-d	Prueba de rangos con signo	1.18945E-7	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 20.4444 seg. Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 2.5 seg.
TRC SE	a-d	Prueba t	0.0414614	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 6.9 seg. Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 9.22727 seg.
TRC CE	a-d	Prueba de rangos con signo	5.6023E-7	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 19.4063 seg. Rango medio de

				valores mayores a la mediana hipotética: 3.0 seg.
VFC a-d SE	Prueba t	0.152687	No	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 11.1 % Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 4.16667 %
VFC a-d CE	Prueba de rangos con signo	1.52548E-7	Sí	Rango medio de valores menores a la mediana hipotética: 2.66667 % Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética: 20.9429 %

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis para ambas muestras se llega a la conclusión que en la muestra de control las diferencias no son significativas para 3 indicadores (VFC, PP, TRS) por lo que no se puede afirmar la presencia de carga mental, sin embargo en el grupo experimental que desarrolló el examen la hipótesis nula fue rechazada y las diferencias son significativas para todos los indicadores evaluados, por lo que se puede afirmar la presencia de carga mental.

Paso 2. Análisis del comportamiento de la variación de los indicadores para muestras independientes.

Se procede a realizar un análisis estadístico para cada una de las variaciones de los indicadores de las muestras objetos de estudio. La tabla muestra 3.5 expone el resumen estadístico que incluye medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma.

Tabla 3.5. Resumen estadístico del comportamiento de las variaciones de los indicadores para las muestras objeto de estudio.

	Estudiante universitario sin examen final					Estudiante universitario con examen final				
	ΔPP	ΔTRC	ΔTRS	ΔUDT	ΔVFC	ΔPP	ΔTRC	ΔTRS	ΔUDT	ΔVFC

	SE (mm)	SE (seg)	SE (seg)	SE (mm)	SE (%)	CE (mm)	CE (seg)	CE (seg)	CE (cm)	CE (%)
Recuento	16	16	16	16	16	38	38	38	38	38
Promedio	- 2.1562 5	- 0.1125	- 0.0225	- 0.5625	3.3466 1	5.9802 6	0.1402 63	0.1010 53	1.0605 3	- 9.0207 2
Desviación Estándar	2.1033 2	0.2018 08	0.03	0.3993 75	4.7822 9	5.1806 5	0.2381 63	0.0785 61	0.9849 65	5.6284 6
Coefficiente de Variación	- 97.545 3%	- 179.38 5%	- 133.33 3%	- 70.999 9%	142.89 9%	86.629 1%	169.79 7%	77.742 7%	92.875 1%	- 62.394 9%
Mínimo	-6.0	-0.44	-0.06	-1.0	- 3.5214 1	-0.5	-0.02	-0.01	-0.6	- 21.052 1
Máximo	1.5	0.2	0.03	0.3	8.5530 1	21.5	1.35	0.31	4.0	0.7397 19
Rango	7.5	0.64	0.09	1.3	12.074 4	22.0	1.37	0.32	4.6	21.791 8
Sesgo Estandarizado	0.2278 71	- 0.4908 33	0.3939 92	2.0420 6	- 0.7041 23	3.3832 5	9.8991 2	1.7550 8	1.8093 9	0.2271 34
Curtosis Estandarizada	- 0.4361 22	- 0.9106 95	- 0.8801 46	0.2535 77	- 1.4261	1.9216 8	23.196 6	- 0.1234 05	0.8542 41	- 0.8702 13

Fuente: salida del software Stragraphics Centurion.

Es importante destacar el comportamiento de los valores promedios, máximos y mínimos de los indicadores para cada muestra objeto de estudio, donde se evidencia que los estudiantes que desarrollan el examen presentan valores superiores en el 100% de los indicadores, lo que evidencia que los indicadores reflejan de manera acertada en las muestras estudiadas la existencia de exigencias cognitivas y se

experimenta en la mayoría de los casos en la muestra que desarrolla el examen carga mental como se analiza anteriormente. En la figura 3.1 se expone el comportamiento de los valores máximos, mínimos y promedios por indicador para ambas muestra, donde con color rojo en diferentes tonalidades se puede concluir visualmente el comportamiento superior de cada una de las variaciones de los indicadores para la muestra que realiza el examen.

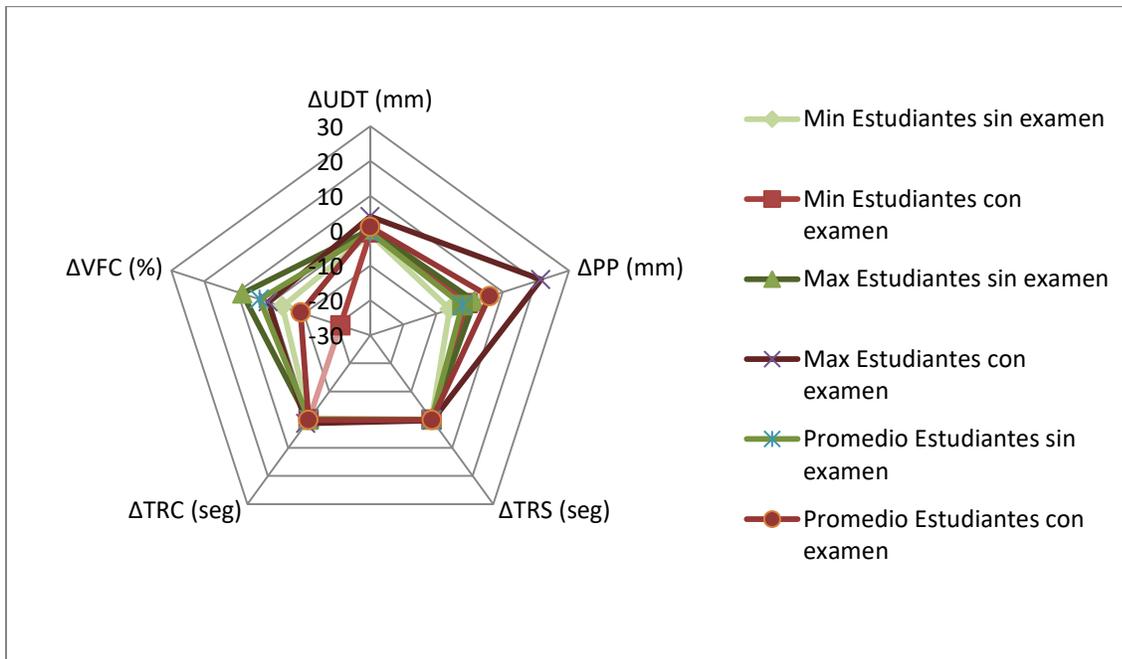


Figura 3.1. Comportamiento de valores máximos, mínimos y promedio para indicadores en muestras objetos de estudio.

Fuente: elaboración propia.

Para analizar de manera integral el comportamiento de la variación de los indicadores se realiza el análisis en la figura 3.2 de la cantidad de indicadores que varían según el comportamiento esperado de presencia de carga mental para ambas muestra objeto de estudio.

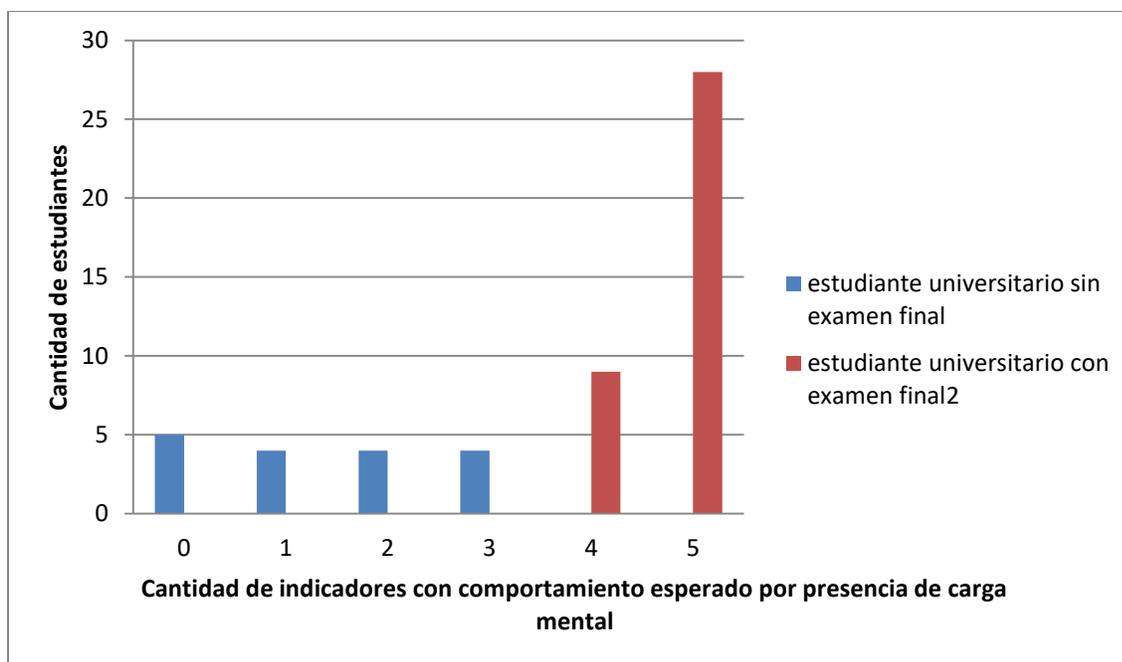


Figura 3.2. Cantidad de indicadores que se comportaron como lo esperado en las muestras objeto de estudio.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.2 se evidencia que para la muestra que no realiza el examen se distribuye de ninguno hasta tres indicadores varían según lo esperado y es para la minoría, sin embargo para la muestra que realiza el examen el 73.68% varían los 5 indicadores aplicados y el resto 4 indicadores, por tanto este análisis permite reforzar el fiel comportamiento que siguen los indicadores ante la presencia de exigencias cognitivas.

Paso 2.1. Análisis de correlaciones parciales entre el comportamiento de la variación de los indicadores.

La tabla 3.6 muestra los coeficientes de correlación parcial entre la variación cada par de indicadores analizados en las muestras de control y experimental. Las correlaciones parciales miden la fuerza de la relación lineal entre las variables, considerando primero el ajuste por su relación con las otras variables de la tabla, ayudan a juzgar que tan útil sería una variable para mejorar las predicciones de la segunda variable, dada la información de todas las otras variables que ya han sido consideradas.

Tabla 3.6. Correlaciones parciales entre la variación de los indicadores en la muestra objeto de estudio.

	PP	TRC	TRS	UDT	VFC	
PP		0.0534	0.1188	0.1329	-0.4228	Correlación
		(54)	(54)	(54)	(54)	(Tamaño de Muestra)
		0.7099	0.4062	0.3524	0.0020	Valor-P
TRC	0.0534		0.3614	0.0586	-0.3152	Correlación
	(54)		(54)	(54)	(54)	(Tamaño de Muestra)
	0.7099		0.0092	0.6828	0.0424	Valor-P
TRS	0.1188	0.3614		0.3662	-0.0468	Correlación
	(54)	(54)		(54)	(54)	(Tamaño de Muestra)
	0.4062	0.0092		0.0082	0.7443	Valor-P
UDT	0.1329	0.0586	0.3662		-0.3025	Correlación
	(54)	(54)	(54)		(54)	(Tamaño de Muestra)
	0.3524	0.6828	0.0082		0.0310	Valor-P
VFC	-0.4228	-0.3152	-0.0468	-0.3025		Correlación
	(54)	(54)	(54)	(54)		(Tamaño de Muestra)
	0.0020	0.0424	0.7443	0.0310		Valor-P

Fuente: elaboración propia.

Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0.05: PP y VFC, TRC y TRS, TRC y VFC, TRS y UDT, UDT y VFC.

Los valores-P abajo de 0.05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0% y a partir del resultado obtenido se puede inferir que el indicador que se correlaciona con mayor cantidad de indicadores es la VFC.

Paso 2.2. Definición de modelo de regresión que más se ajuste al comportamiento de la variación de los indicadores.

Para analizar la relación existente entre el indicador fisiológico aplicado VFC y los indicadores psicofisiológicos PP, UDT, TRS y TRC se analiza el comportamiento de la variación de los indicadores para definir el modelo de regresión que más se ajuste a su comportamiento.

A partir del análisis para la selección del modelo de regresión que se ajuste a la situación objeto de estudio se define las siguientes condiciones:

Variable dependiente: VFC

Variables independientes: A=PP, B=TRC, C=TRS, D=UDT

Se analizan un total de 54 muestras y se obtiene el resultado que se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Resultados de los modelos de regresión para la variación de los indicadores en la muestra objeto de estudio.

		<i>R-Cuadrada</i>		<i>Variabes</i>
<i>CME</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>Ajustada</i>	<i>Cp</i>	<i>Incluidas</i>
84.3213	15.7587	10.0149	3.01526	ABD
84.8739	13.2794	9.42515	2.28121	AD
84.944	11.2792	9.35044	1.30258	D
85.0968	13.0517	9.18734	2.39748	BD
86.233	13.8488	7.97485	3.99047	ACD
86.2516	15.7885	7.95491	5.0	ABCD
86.6568	11.4578	7.52254	3.21138	CD
87.0169	13.0656	7.13824	4.39039	BCD
88.3405	7.73157	5.72574	3.11404	A
89.6491	8.40033	4.32924	4.77256	AB
90.1236	7.91554	3.82289	5.0201	AC
90.8752	9.21099	3.02083	6.35862	ABC
93.4288	2.41703	0.295665	5.82775	C
93.7059	2.12766	0.0	7.05958	B
93.7059	0.0	0.0	5.06193	

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

En la tabla 3.7 se muestran hasta 5 modelos en cada subconjunto de entre 0 y 4 variables que dan los valores más altos de R-Cuadrada ajustada, el estadístico de R-Cuadrada ajustada mide la proporción de variabilidad en VFC que es explicada por el modelo, los valores grandes de R-Cuadrada ajustada corresponden a valores pequeños de cuadrado medio del error (CME). Como se muestra el mejor modelo contiene 3 variables: PP, TRC, y UDT. En la figura 3.3 se muestra la gráfica de R-Cuadrada ajustada para la variación de la VFC.

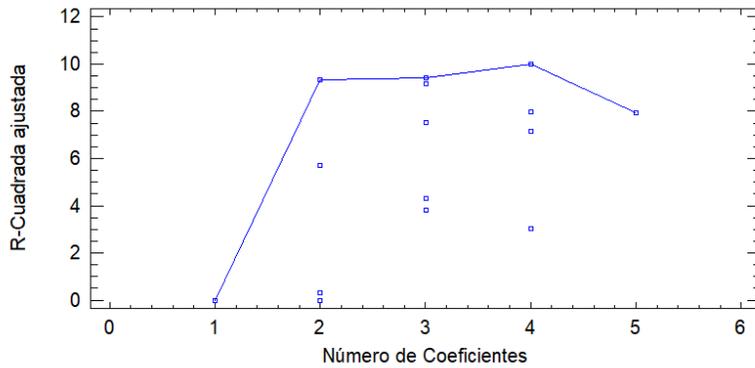


Figura 3.3. Gráfica de R-Cuadrada ajustada para VFC.

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

Paso 2.3. Determinación del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre VFC como variable dependiente y las variables independientes PP, UDT y TRC.

Por la importancia que se le concede al empleo de indicadores fisiológicos en el análisis del comportamiento de la carga mental y la fiabilidad que ha mostrado el indicador en VFC en investigaciones anteriores se pretende ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente VFC y las 3 variables independientes que mayor correlación presentan con la misma, definidas en el análisis anterior (PP, UDT y TRC). A continuación en la tabla 3.8 se muestra la salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

Tabla 3.8. Regresión Múltiple para VFC como variable dependiente.

		<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Estándar</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
CONSTANTE	-1.98269	1.00061	-1.98148	0.0530
PP	-0.553444	0.163456	-3.3859	0.0014
UDT	-2.23387	0.862607	-2.58967	0.0126
TRC	-1.58059	0.65579	-2.444512	0.0458

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

R-cuadrada = 42.4413 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 38.9878 por ciento

Error estándar del est. = 6.10468

Error absoluto medio = 5.02747

Estadístico Durbin-Watson = 2.17771 (P=0.7378)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0.100677

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre VFC y 3 variables independientes PP, UDT y TRC. La ecuación 3.1 representa el modelo ajustado, la cual se define a continuación:

$$\mathbf{VFC = -1.98269 - 0.553444*PP - 2.23387*UDT - 1.58059*TRC \quad [3.1]}$$

Unidad de medida para cada variable: VFC (%), PP (mm), UDT (cm), TRC (seg).

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 42.4413% de la variabilidad en VFC. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 38.9878%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 6.10468. El error absoluto medio (MAE) de 5.02747 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%.

Paso 2.3.1. Validación del modelo de regresión lineal múltiple

A continuación se realiza un análisis de varianza para determinar si el modelo se ajusta al comportamiento de los indicadores independientes que se obtengan en el rango de la base de datos obtenida en la muestra objeto de estudio. En la tabla 3.9 se muestra la salida del software STRARGRAFIC Centurion para el análisis de varianza.

Tabla 3.9. Análisis de Varianza.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	1373.96	3	457.987	12.29	0.0000
Residuo	1863.35	50	37.2671		
Total (Corr.)	3237.31	53			

Fuente: salida del software STRAGRAPHICS Centurion.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay indicación de que el modelo se ajusta para analizar el comportamiento de la VFC para cualquier valor que tomen los indicadores que se definen como independientes (PP, UDT, TRC), siempre que se encuentren dentro del rango definido por la base de datos obtenida del comportamiento de los indicadores en la muestra objeto de estudio, con un nivel de confianza del 95.0%.

Se debe destacar la eficiencia de los indicadores seleccionados, o sea, su sensibilidad, al menos en condiciones experimentales, para reflejar el comportamiento esperado ante situaciones en presencia de exigencia cognitiva, permitiendo validar la hipótesis planteada al inicio de la investigación y al lograr un análisis del comportamiento de los indicadores empleados bajo condiciones experimentales, lo que ha permitido establecer correlaciones entre los indicadores y un modelo de regresión múltiple que responde al comportamiento del indicador VFC.

3.5. Conclusiones parciales del capítulo

1. En este capítulo se desarrolla el procedimiento experimental propuesto en el Capítulo II, la cual parte de una primera fase, donde se garantiza una muestra apta física y psicológicamente y se controlan las condiciones ambientales de manera que no influyan negativamente en el resultado de la investigación.
2. A partir del muestreo a juicio del investigador se logra la homogeneidad necesaria en estudiantes de Ingeniería Industrial de tercer año modalidad presencial para el análisis del comportamiento de los indicadores quedando compuesto el grupo de control con 16 estudiantes y el grupo experimental por 38 estudiantes.
3. La prueba de hipótesis para la comparación de muestras pareadas demuestra que no existen diferencias significativas entre el antes y después para el grupo de control en 3 indicadores y para la grupo experimental existen diferencias significativas en todos los indicadores seleccionados demostrando la sensibilidad de los indicadores ante la presencia de exigencias cognitivas.
4. Con el empleo del software Statgraphics Centurion se demuestra la correlación entre la variable dependiente VFC y las variables dependientes PP, UDT y TRC por lo que se logra determinar una ecuación válida que se ajusta al modelo de regresión lineal múltiple para la muestra objeto de estudio.

Conclusiones

1. A partir del marco teórico referencial se permite fundamentar los elementos que desde el punto de vista fisiológico y psicológico condicionan la actividad mental, cuya expresión de fatiga se expresa a partir de indicadores que permiten ofrecer una valoración del trabajo mental a que están sometidos los individuos.
2. Se identifican los indicadores de uso más limitado, lo que permite la selección de los indicadores que se utilizan en la investigación: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, Tiempo de Reacción Simple, Tiempo de Reacción Complejo, Umbral de Discriminación Táctil y Percepción de Profundidad, esto se debe a la elevada sensibilidad y factibilidad de su medición, los buenos resultados alcanzados en investigaciones previas y posibilidades tecnológicas al alcance del investigador.
3. Se diseña un procedimiento para valorar el comportamiento de los indicadores relacionados con carga mental, el cual queda conformado por tres etapas, donde en la etapa experimental existen dos grupos muestrales que permiten la medición de los indicadores bajo el supuesto de presencia y ausencia de exigencias cognitivas.
4. A partir del muestreo a juicio del investigador se logra la homogeneidad necesaria en estudiantes de Ingeniería Industrial de tercer año modalidad presencial para el análisis del comportamiento de los indicadores quedando compuesto el grupo de control con 16 estudiantes y el grupo experimental por 38 estudiantes.
5. Se confirma que a pesar de existir variaciones de los indicadores para ambos grupos la mayor variabilidad se presenta en el grupo experimental que es sometida a exigencias cognitivas por lo que se destaca la eficiencia en sí de los indicadores seleccionados, o sea, su sensibilidad, al menos en condiciones estandarizadas, para reflejar el comportamiento esperado.
6. Con el empleo del software Statgraphics Centurion se demuestra la correlación entre la variable dependiente VFC y las variables independientes PP, UDT y TRC por lo que se logra determinar una ecuación válida que se ajusta al modelo de regresión lineal múltiple para la muestra objeto de estudio.

Recomendaciones

1. Continuar perfeccionando el procedimiento propuesto con el fin de lograr establecer escalas para el comportamiento de los indicadores para valorar carga mental.
2. Aplicar el procedimiento propuesto a otros segmentos de estudiantes y otros puestos de trabajo, así como en condiciones no experimentales con el fin de establecer comparaciones de los valores a obtener por los indicadores asociados a carga mental y ampliar la base de datos.
3. Desarrollar otras investigaciones que permitan analizar la relación en el comportamiento de indicadores psicológicos con respecto al indicador fisiológico VFC.
4. Aumentar la cantidad de indicadores a estudiar en diferentes poblaciones con exigencias cognitivas para introducir al modelo de regresión múltiple y obtener una valoración más integral de la carga mental de trabajo.

Referencias bibliográficas

- Acosta Prieto, J. L. (2019). Valoración del comportamiento de indicadores relacionados con la carga mental en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Matanzas [Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial en la Universidad de Matanzas] Matanzas, Cuba.
- Almirall Hernández, P. J. (2000). Ergonomía cognitiva apuntes para su aplicación en trabajo y salud. Cuba : instituto nacional de salud de los trabajadores. https://www.academia.edu/download/50066962/ergonomia_cognitiva._apuntes_para_su_aplicacion_en_trabajo_y_salud.pdf
- Almirall, P. (1987). Efectos negativos del esfuerzo mental. Aspectos teóricos y metodológicos. Un método para su evaluación. [Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto de Medicina del Trabajo.] Ciudad de la Habana, Cuba.
- Almirall, P. y Marroquín, E. (2016). Ergonomía cognitiva. Resultados de un taller de capacitación. Revista Cubana de Salud y Trabajo, 17(3), 49-56. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=69083>
- Almirall, P., Santander, J., y Vergara, A. (1995). La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador del nivel de activación ante el esfuerzo mental. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 33(1), 3-4. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30031995000100002
- Almora, U., y Cortada. (2001). Disfunción sinusal atípica. Utilidad del Holter implantable. A propósito de un caso. Revista Española Cardiología, 54(12), 1459-1462. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(01\)76532-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0300-8932(01)76532-3)
- Alonso Becerra, A. (2007). Ergonomía. Editorial Félix Varela. https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Becerra2/publication/311804257_ERGONOMIA_Guia_de_estudio/links/585b16cb08ae6eb8719ab03a/ERGONOMIA-Guia-de-estudio.pdf
- Altmann, N., Kohler, C., y Meil, P. (2017). Technology and work in German industry (Vol. 1) <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wQEoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=changes+in+the+organization+of+work+with+modern+technology&ots=Ok4RhN5s8f&sig=M942AW4-VDE0ZpnBOxhclZ8oXpU>
- Álvarez, W. A. (2014). Carga mental en el trabajo. Sapienza Organizacional, 1(1), 9-20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553056603003>

- Armas Chávez, T. V., y Montenegro Hernández, K. M. (2021). Fatiga laboral en el personal de salud de los establecimientos de nivel I-4 Pachacutec y Baños del Inca. <https://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2148>
- Associaton, I. E. (2021). Whats is Ergonomics? www.iea.cc
- Ayas, H., y Dehais, F. (2021). Neuroergonomía. Manual de factores humanos y ergonomía., 816-841.
- Backs, R. W., y Walrath, L. C. (1992). Eye movement and pupillary responses indices of mental workload during visual search of symbolic displays. *Applied Ergonomics*, 23(4), 243-254. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(92\)90152-L](https://doi.org/10.1016/0003-6870(92)90152-L)
- Basantes Vaca, V. (2016). Contribución a la valoración del trabajo mental a partir de la integración de variables biomoleculares [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas, Matanzas].
- Bustillos, M. A. B. M. M., A. A.; García Alcaraz, J. L.; Arellano, J. L. H.; Sosa, L. A. (2019). Considerations of the Mental Workload in Socio-Technical Systems in the Manufacturing Industry: A Literature Review. *Advanced Macroergonomics and Sociotechnical Approaches for Optimal Organizational Performance*. 99-116. <https://www.igi-global.com/chapter/considerations-of-the-mental-workload-in-socio-technical-systems-in-the-manufacturing-industry/219093>
- Cacpata Calle, W., Acurio Hidalgo, G. F., y Paredes Navarrete, W. (2020). Estudio de los criterios del estrés laboral utilizando Mapas Cognitivos. *Revista Investigación Operacional*, 41, 689-698. <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/41520-11.pdf>
- Canizalez Arreola, V. J. (2018). Carga Mental en Trabajadores: Factores Estertores e Impacto para las Organizaciones. Instituto de Ingeniería y Tecnología. <http://148.210.21.170/handle/20.500.11961/3906>
- Castilla Gutiérrez, S., Colihuil Catrileo, R., Bruneau Chávez, J., y Lagos Hernández, R. (2021). Carga laboral y efectos en la calidad de vida de docentes universitarios y de enseñanza media. (15), 166-179. <https://doi.org/10.37135/chk.002.15.11>
- Cobiellas Carballo, L. I., Anazco Hernández, A., y Góngora Gómez, O. (2020). Estrés académico y depresión mental en estudiantes de primer año de medicina. *Educación Médica Superior*, 34(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412020000200015&script=sci_arttext&tlng=pt

- Cooper, C., y Kelly, M. (1993). Occupational stress in head teachers: a national UK study. . *British Journal of Educational Psychology*, 63(1), 130-143. <https://bpspsychub.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2044-8279.1993.tb01046.x>
- Cortés Díaz, J. M. (2018a). Técnicas de prevención de riesgos laborales (E. Tebar, Ed.) <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pjoYI7cYVVUC&oi=fnd&pg=PA19&dq=t%C3%A9cnica+de+prevenci%C3%B3n+de+riesgos+laborales+2018+cort%C3%A9s+&ots=fMFHCdgLsp&sig=mGOrc8F4ejCbtlvtjrD4lo9lCmA>
- Cortés Díaz, J. M. (2018b). Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad y salud en el trabajo. Editorial Tébar. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pjoYI7cYVVUC&oi=fnd&pg=PA19&dq=cort%C3%A9s+d%C3%ADaz+2018+t%C3%A9cnica+&ots=fMFHCdgOko&sig=POClwJj-fiGCczg8WkBFm7xYDZM>
- Costa Antunes de Macedo, J. P. C. A. d., y Henrique Bidinotto, J. H. (2021). A comparison between qualitative pilots' opinion and quantitative flight data on potential loss of control in flight conditions. <https://doi.org/https://doi.org/10.11606/D.18.2021.tde-08022022>
- Cotonieto Martínez, E. (2021). Identificación y análisis de factores de riesgo psicosocial según la NOM-035-STPS-2018 en una universidad mexicana. 6(3), 499-523. <https://doi.org/https://doi.org/10.19230/jonnpr.3836>
- Cuixart Nogareda, C. (2000). NTP 275: Carga mental en el trabajo hospitalario: Guía para su valoración. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. <http://www.preventoronline.com/imagesbd/down/anex15.pdf>
- David, H. (2018). Psychophysics in ergonomics, where next? In *Contemporary Ergonomics* 23-28. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315106595-4/psychophysics-ergonomics-next-hugh-david>
- de Arquer, M. I., y Nogareda, C. (2000). NTP 575: Carga mental de trabajo: indicadores. In: INSHT.
- de Jo Carvalho, J., y García Dihigo, J. A. (2011). Tecnología para la valoración del trabajo mental en profesores de la Educación Superior. Caso Facultad de Derecho de Ipatinga, Brasil [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Facultad de Derecho de Ipatinga]. Brasil.
- de León Castro, J. F., y Flores Luévano , E. (2018). Influencia del estrés académico sobre el rendimiento escolar en educación media superior. (26). <https://revistas.up.edu.mx/RPP/article/download/1926/1653>

- De los Santos, P. V., y Carmona Valdés, S. E. (2018). Prevalencia de depresión en hombres y mujeres mayores en México y factores de riesgo. *Población y Salud en Mesoamérica*, 15(2), 95-115. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44654575005>.
- Dehais, F., Lafont, A., Roy, R., y Fairclough, S. (2020). Un enfoque de neuroergonomía para la carga de trabajo mental, el compromiso y el desempeño humano. *Fronteras en neurociencia.*, 14, 268.
- Díaz Pincheira, F. J., y Carrasco Garcés, M. E. (2018). Efectos del clima organizacional y los riesgos psicosociales sobre la felicidad en el trabajo. 63(4), 0-0. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-10422018000500002&script=sci_abstract&lng=pt
- Díaz Piñera, W. J., García Mesa, L., Linares Fernández, T. M., Rabelo Padua, G., Díaz Piñera, A. M., y Pereda Sosa, Y. (2017). Causas más frecuentes de invalidez total en Cuba. 2008-2012. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 18(2), 39-47. <http://www.revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/60>
- Dos Santos, F. R. C. C., Shigunov, P., y Lorenzetti, L. (2022). Alfabetização científica e tecnológica no ensino de biologia celular e molecular. *Revista de Educação Ciência y Tecnología*, 11(1). <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/5633>
- Durán Coronado, A. A., Maldonado Macías, A. A., Barajas Bustillos, M. A., y Hernández Arellano, J. L. (2019). Análisis cognitivos de carga mental e identificación del error humano para mejorar la experiencia de usuario. 14(1), 71-84. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1173>
- Durán Pulido, M. (2018). El papel de la metacognición en la valoración subjetiva de la carga mental de trabajo [Tesis presentada para alcanzar el grado de Doctor en Ciencias, Universidad Complutense de Madrid]. España. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/46771/>
- Emiro Restrepo, J., Amador Sánchez, O., Calderon Vallejo, G. C., Castañeda Quirama, T., Osorio Sánchez, Y., y Health Cardona, P. (2018). Depresión y su relación con el consumo de sustancias psicoactivas, el estrés académico y la ideación suicida en estudiantes universitarios colombianos., 18(2), 227-239. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Emiro-Restrepo/publication/328021636_Depression_and_its_relationship_with_the_consumption_of_ps psychoactive_substances_academic_stress_and_suicidal_ideation_in_Colombian_university_students/links/5f14a13c4585151299a76eb8/Depression-and-its-relationship-with-the-consumption-of-psychoactive-substances-academic-stress-and-suicidal-ideation-in-Colombian-university-students.pdf

- Escalona, J. (2000). La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador de efecto de las exigencias psíquicas. Estudio de simulación. [Trabajo para optar por el título de Máster en Salud de los Trabajadores., Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores]. La Habana.
- Espinoza Sotelo, J. C. (2021). Estrés académico, depresión y agresividad en estudiantes universitarios de Lima, 2021 [Tesis para obtener el grado académico de Doctor de Psicología., <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74200>
- Fernández Piedra, V. (2022). Factores laborales asociados al estrés laboral del personal de enfermería del Hospital II-1 El Buen Samaritano-EsSalud-Bagua Grande, 2022 [tesis pregrado para optar al título profesional de Licenciada en Enfermería, Universidad Politécnica Amazónica]. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/117>
- Ferrel, L., Ferrel, F., y Bracho, K. (2020). Impacto del Síndrome de Burnout Académico en el Bajo Rendimiento y la Salud Mental en Estudiantes Universitarios. 2(6), 45-53. https://www.academia.edu/download/66259369/Impacto_del_Sindrome_de_Burnout.pdf
- Ferrer Velazquez, F., y Lozano Minaya, G. (2006). Manual de Ergonomía. Fundación Mapfre. <https://docer.com.ar/doc/s5xs0>
- Fista, B. A., H., Aprilya, T., Saidatul, S. S., M., Pratama, J., y Amalia, S. (2019). Review of Cognitive Ergonomic Measurement Tools. Paper presented at the IOP Conference Series. Materials Science and Engineering., 598(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/598/1/012131>
- Fundación ONCE. (2012). Accesibilidad y capacidades cognitivas. <http://accesibilidadcognitivaurbana.fundaciononce.es>
- Gallardo Gallardo, M. I., Herrán Peñafiel, J. W., y Carrera Viver, G. J. (2019). Carga mental y desempeño laboral en los trabajadores de una empresa industrial. Vol. 3(1), 26-44. <http://retosdelaciencia.com/Revistas/index.php/retos/article/view/263>
- García de la Rosa, D. T. (2019). Relación de la carga mental de trabajo con satisfacción laboral y bienestar subjetivo. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/17314>
- García Dihigo, J. (1988). La ergonomía del personal dedicado a tareas intelectuales vinculadas a la industria azucarera. [Tesis presentada en opción al grado científico de candidato a Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Agroindustrial "Camilo Cienfuegos"]. Mantanzas, Cuba.

- García Dihigo, J. (2017). Nuevo Modelo de Evaluación e Intervención Ergonómica [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias.Universidad de Matanzas]. Matanzas, Cuba.
- García Dihigo, J. (2018). Trabajo mental.
- García Dihigo, J., y Cisnero Gutiérrez, Y. (2005). Metodología de la Investigación para las Ciencias Administrativas. (SEGUNDA EDICIÓN ed.). Universidad de Matanzas.
- García Falcón, A. A. (2016). Desarrollo de un software para medir la existencia de fatiga mental mediante varios indicadores [Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial, Universidad de Matanzas]. Matanzas.
- González Betancourt, E., García Baró, Y., y Jiménez Sánchez, L. (2021). Consideraciones teórico-metodológicas para el tratamiento al contenido jurídico en la prevención de enfermedades profesionales. 21(1), 92-108. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-81202021000100092&script=sci_arttext&tlng=en
- Gortazar, L. (2018). Transformación digital y consecuencias para el empleo en España. Una revisión de la investigación reciente. (2018-04). <https://documentos.fedea.net/pubs/dt/2018/dt2018-04.pdf>
- Hall, J. E. (2021). Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. Elsevier Health Sciences. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pA8xEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Hall,+J.+E.+\(2021\).%C2%A0Guyton+%26+Hall.+Tratado+de+fisiolog%C3%ADa+m%C3%A9dica.+Elsevier+Health+Sciences.&ots=DNhi0zB5d5&sig=uen1f6ekgjCEwqgjxBFyYYPVumZc](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pA8xEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Hall,+J.+E.+(2021).%C2%A0Guyton+%26+Hall.+Tratado+de+fisiolog%C3%ADa+m%C3%A9dica.+Elsevier+Health+Sciences.&ots=DNhi0zB5d5&sig=uen1f6ekgjCEwqgjxBFyYYPVumZc)
- Hartwell, R. M. (2017). The industrial revolution and economic growth. Vol. 4. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315172132/industrial-revolution-economic-growth-hartwell>
- Hayano, J., y Yuda, E. (2019). Pitfalls of assessment of autonomic function by heart rate variability. Journal of physiological anthropology, 38(1), 1-8. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40101-019-0193-2>
- Hernández Moreno, N. (2022). Carga mental de trabajo en auxiliares de enfermerías y trabajadores/as sociales. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/27624>
- Hess, E. H. (1965). Attitude and pupil size. Scientific American, 212(4), 46-54. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.154.3756.1583>

- Hyndman, B., y Gregory, J. (1975). Spectral analysis of sinus arrhythmia during mental loading. *Ergonomics* (Vol. 18). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00140137508931460>
- Hyona, J., Tommola, J., y Alaja, A. M. (1995). Pupil dilation as a measure of processing load in simultaneous interpretation and other language tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 48(3), 598-612. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14640749508401407>
- IEA. (2017). Definition and Domains of Ergonomics. www.iea.cc
- Izaguirre, B. L. A., M. S.; Vargas, L. R.; Lárraga, C. R. (2020). Evaluación global de los puestos de trabajo de una empresa azucarera con método LEST. *CONSEJO EDITORIAL*, 2444, 2484. <https://www.eumed.net/uploads/revistas/922c6fc06b887344502f0cdcce2da826.pdf#page=85>
- Jiménez Arias, M. S., y Soto Gutiérrez, Y. (2020). Envejecimiento saludable basado en el fortalecimiento de las capacidades cognitivas y el reforzamiento de prácticas saludables de un grupo de personas adultas mayores. *Población y Salud en Mesoamérica*. 17(2), 255-275. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-02012020000100255&script=sci_arttext
- Jimenez, P., y Dunkl, A. (2017). ISO 10075-1: 2017 Ergonomic Principles related to mental workload (Vol. 8) <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00012/full>
- Joshi, S., y Gold, J. I. (2020). Pupil size as a window on neural substrates of cognition. *Trends in cognitive sciences*. 24(6), 466-480. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661320300802>
- Kahneman, D., y Beaty, J. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154, 1583-1585. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.154.3756.1583>
- Kalsbeek, J. (1973). Do you believe in sinus arrhythmia? *Ergonomics* (Vol. 16). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00140137308924485>
- Kramer, A. F. (2020). Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. *Multiple-task performance*. 279-328. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003069447-14/physiological-metrics-mental-workload-review-recent-progress-arthur-kramer>

- Li, K., Rüdiger, y H., Z., T. (2019). Spectral analysis of heart rate variability: time window matters. *Frontiers in neurology*. 10, 545. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2019.00545/full>
- Litardo Velásquez, C. A., Díaz Caballero, J. R., y Perero Espinoza, G. A. (2019). La ergonomía en la prevención de problemas de salud en los trabajadores y su impacto social. 10(2), 3-15. <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/720>
- Lovon Rodriguez, J. D. (2022). Carga mental de trabajo y síndrome de burnout en docentes universitarios de la Facultad de Psicología, Relaciones Industriales y Ciencias de la Comunicación de la Universidad Nacional de San Agustín, en un contexto de enseñanza virtual, Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14307>
- Luria, A. (1978). *El cerebro en acción*. . Edición Revolucionaria.
- Maitta, I., Párraga, J., y Escobar, M. (2018). Factores que afectan la salud mental. Caribeña de Ciencias Sociales. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/factores-salud-mental.html>
- Martins, J., y Robazzi, M. (2009). O trabalho do enfermeiro em Unidade de Terapia Intensiva: sentimentos de sofrimento. 17, 52-58. <https://www.scielo.br/j/rlae/a/3cn7nFVBtXnGCg7HxqLWk/abstract/?lang=es>
- Matthews, G., Middleton, W., Gilmartin, B., y Bullimore, M. A. (1991). Pupillary diameter and cognitive and cognitive load. . *Journal of Psychophysiology*, 5(3), 265-271. <https://psycnet.apa.org/record/1992-11805-001>
- Morales, S., y Roxette, P. (2021). Identificación de riesgo ergonómico en usuarios de pantallas de visualización de datos en condiciones laborales de teletrabajo de la empresa Inmocastela. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4163>
- Murga Íñigo, J. V. (2019). De la neurastenia a la enfermedad postesfuerzo: evolución de los criterios diagnósticos del síndrome de fatiga crónica/encefalomielitis miálgica. 51(9), 579-585. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021265671930191X>
- Nam, c. (2020). *Neuroergonomía*.
- Nicaragua, E. (2018). Metodología de la investigación e investigación aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas. *Revista de La Universidad Autónoma*, 1-89. <https://opomania.net/wp-content/uploads/2021/05/Metadologia-de-la-investigacion-basica-e-investigacion-aplicada.pdf>

- Ordóñez García, S., y Saltos, D. (2018). Intensificación del trabajo, estrés laboral sus efectos en la salud docente de Unidades Educativas de la Zona 8 del Guayas. *Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento.*, 2(1), 650-670. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7983636>
- Ormaza Murillo, M. P., Zambrano Rivera, A. D., Zamora Napa, S. C., Parra Ferié, C., y Félix López, M. (2019). Carga mental de profesores de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 40(1), 3-13. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362019000100003&script=sci_arttext&tIng=en
- Pedraz Petrozzi, B. (2018). Fatiga: historia, neuroanatomía y características psicopatológicas. Una revisión de la Literatura. 81(3), 174-182. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.20453/rnp.v81i3.3385>
- Piedra Arencibia, R. (2018). El papel del trabajo en el desarrollo del pensamiento humano. . revista de filosofía, 9(2), 173-206. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6748872>
- Portillo, D. (2015). Confección de un equipo para inferir el comportamiento del indicador de carga mental Resistencia Galvánica Cutánea a partir de valores de tensión. Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”, Matanzas,.
- Puig Lagunes, Á. A., Vargas Álvarez, J. E., Salinas Méndez, L. E., Ricaño Santos, K. A., y Puig Nolasco, Á. (2020). Prevalencia de depresión, ansiedad y estrés académico entre estudiantes de medicina, durante distintos periodos de estrés. 27(4), 165-171. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fm.14058871p.2020.4.76891>
- Ramos Rettis, L. M. (2017). Nivel de estrés y desempeño laboral de los profesionales de la salud que trabajan en el Centro de Salud Perú Corea–Huánuco [Tesis para optar el título Profesional en Psicología., <https://repositorio.udh.edu.pe/123456789/362>
- Reid, G., y Shingledecker, C. (1981). Application of conjoint measurement to workload scale development. : *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting.* 25(1), 522-526.
- Restrepo Emiro, J. (2020). Estres académico en estudiantes universitarios., 14(24), 17-37. <https://bibliotecadigital.iue,edu.co/jspui/handle/20.500.12717/2042>
- Rodríguez Prado, O. (2010). Diseño de un Equipo Integral para evaluar el Tiempo de Reacción por mano [Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos]. Matanzas.

- Rodríguez Sánchez, H. V., y Reyes Monroy, S. (2019). Ergonomía: antecedentes conceptos y objetivos. 6(11), 74-75. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/3825>
- Rolo González, G., Díaz Cabrera, D., y Hernández Fernaud, E. (2009). Desarrollo de una Escala Subjetiva de Carga Mental de Trabajo (ESCAM) [Development of a Subjective Mental Workload Scale (SCAM)]. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 25(1), 29-37. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1576-59622009000100004&lang=en
- Romellón Cerino, J., Quevedo Martínez, M., Rodríguez Salgado, M., y Vidal Reyes, L. (2016). Aplicación del Método LEST para la realización del estudio de riesgos ergonómicos en el Departamento de inspección técnica de un complejo Procesador de Gas, en el Estado de Tabasco. <https://www.academiajournals.com/s/Academia-Journals-Tabasco-Memorias-Tomo-20-2016.pdf>
- Rosas Peralta, M., Arizmendi Uribe, E., y Borrayo Sánchez, G. (2017). ¿ De qué fallecen los adultos en México? Impacto en el desarrollo económico y social de la nación. La carga global de los padecimientos cardiovasculares. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(1), 98-103. <https://www.redalyc.org/journal/4577/457749297023/457749297023.pdf>
- Rubio Valdehita, S., López Núñez, M. I., López Higes, R., y Díaz Ramiro, E. M. (2017). Development of the CarMen-Q questionnaire for mental workload assessment. 29(4), 570-576. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/151023>
- Rubio Valdehita, S., Luceño Moreno, L., Martín García, J., y Jaén Díaz, M. (2007). Modelos y procedimientos de evaluación de la carga mental de trabajo. 85-108, 6(1), *Revista de Psicología y Educación*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2267138>
- Sánchez Cázares, C. (2020). La inclusión del salario emocional en México Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018. Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención. *Revista Cambios y Permanencia.*, 11(1), 602-624. <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistacyp/article/view/11075>
- Santana Mora, A., y Rodríguez Méndez, L. (2018). Consideraciones teóricas sobre la esfera afectivo motivacional para el cumplimiento de las exigencias laborales en el sector aéreo. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/exigencias-laborales-aereo.html>
- Santos Morocho, J. L., Jaramillo Oyervide, J. A., Morocho Malla, M. I., Senín Calderón, M. C., y Rodríguez Testal, J. F. (2017). Estudio trasversal:

- evaluación del estrés académico en estudiantes de medicina y su asociación con la depresión. 9(3), 255-260. <https://doi.org/https://doi.org/10.14410/2017.9.3.ao.42>
- Schütte, M. (2021). Psychische Belastung und Beanspruchung am Arbeitsplatz: inklusive DIN EN ISO 10075-1 bis-3. Beuth Verlag. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yUljEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=sch%C3%BCtte+2021+psychische&ots=DDxmoNeElp&sig=OBcPbttObnA4dm65iIRF_MrWD8l
- Selye, H. (1973). The Evolution of the Stress Concept: The originator of the concept traces its development from the discovery in 1936 of the alarm reaction to modern therapeutic applications of syntoxic and catatonic hormones. *American scientist*, 61(6), 692-699. <https://doi.org/10.1080/00140137508931460>
- Serrano, M., y Mosqueda Noval, M. (2021). Une-ISO 45003 nueva solución para la gestión de los riesgos psicosociales. *AENOR, revista de evaluación de la conformidad*, 21-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8342027>
- Silva Ramos, M. F., López Cocotle, J. J., y Meza Zamora, M. E. (2020). Estrés académico en estudiantes universitarios. 28(79), 75-83. <https://www.redalyc.org/journal/674/67462875008/67462875008.pdf>
- Siveraag, E., Kramer, A. F., Wickens, C. D., y Reisweber, M. (1993). Assessment of pilot performance and mental workload in rotary wing aircraft. *Ergonomics*, 36, 1121-1140.
- Taherdoost, H. (2019). Importance of Technology Acceptance Assessment for Successful Implementation and Development of New Technologies., 1(3). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3313984
- Tapia Bajaña, E. L. (2021). Análisis sobre efecto de estrés por exceso de trabajo en las profesionales de enfermería de un Hospital de Guayaquil, 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/78186>
- Teque Julcarima, M. S., Gálvez Díaz, N., y Salazar Mechán, D. M. (2020). Estrés académico en estudiantes de enfermería de universidad peruana. 14(2), 43-48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7512760>
- Tsang, P. S., y Velázquez, V. L. (1996). Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics*, 39(3), 358-381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00140139608964470>
- van der Wel, P., y van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic bulletin*. 25(6), 2005-2015. <https://link.springer.com/article/10.3758/s13423-018-1432-y>

- Vasconcelos, A., y Faria, J. (2008). Mental health at work: contradictions and limits. . http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-71822008000300016&lng=en&nrm=iso.ISSN0102-7182
- Vidal Lacosta, V. (2019). El estrés laboral: análisis y prevención <https://www.torrossa.com/it/resources/an/4546308>
- Vilañez Uvidia, P. D. (2021). Estudio ergonómico y su incidencia en los trastornos musculoesqueléticos del personal operativo del área de poscosecha de la Empresa Florícola Valentina Flowers. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/15778>
- Villavicencio, F. N. (2004). Estrés. Respuesta integral del organismo. <http://www.infoempleo.net/articulos/Fatiga-mental-cuando-el-trabajo-nos-supera.asp>
- Viña Brito, S. J., Reicelis Casares, L. R., y Rodríguez Hernández, A. G. (2016). Análisis de errores humanos mediante la tecnología TEREH: experiencias en su aplicación. Ingeniería Industrial, 37(1), 49-58. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362016000100006
- Viña, S., y Gregori, E. (1987). Ergonomía. Pueblo y Educación.
- Vivas Manrique, S. D. (2019). Síndrome de Burnout, de un fenómeno laboral a un diagnóstico médico. Revista Colombiana de Salud Ocupacional, 9(1), 41-48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890245>
- Zurita, E. R., Soria De Mesa, B. W., y López Proaño, G. F. (2018). Manejo del estrés académico, revisión crítica. Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/08/estres-academico.html>

Anexos

Anexo 1. Modelo propuesto para la realización de examen físico.

Nombre(s) y Apellidos:		Grupo:	
Peso (Kg):	Talla (m):	Sexo: __M __F	Edad:
APP:	Antecedentes patológicos, se señala si posee alguno y si el paciente está bajo prescripción médica o consumiendo algún medicamento que afecte el SNC.		
Examen físico general y por aparatos			
Piel:	Se especifica si existe alguna alteración que presente la piel.		
Mucosa:	Se especifica si existe alguna alteración que presente la mucosa.		
Respiratorio:	Se debe especificar si existe alteración en el Aparato Respiratorio y medir la Frecuencia Respiratoria.		
Cardiovascular:	Se debe especificar si existe alteración en el Aparato Cardiovascular, además medir la Tensión Arterial y la Frecuencia Cardíaca.		
Abdomen:	Se especifica si existe alguna alteración que presente el abdomen.		
SOMA:	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Sistema Osteomio Articular.		

TCS:	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Tejido Celular Subcutáneo.
SNC:	Se especifica si existe alguna alteración que presente el Sistema Nervioso Central.
Resultado del inventario de personalidad de Eysenck	
Diagnóstico: la personalidad que arroje el test	Observaciones: algo que se desee agregar
_____Apto _____No Apto	Firma y cuño: del médico que efectuó el chequeo.

Anexo 2. Inventario de personalidad de Eysenck Forma B

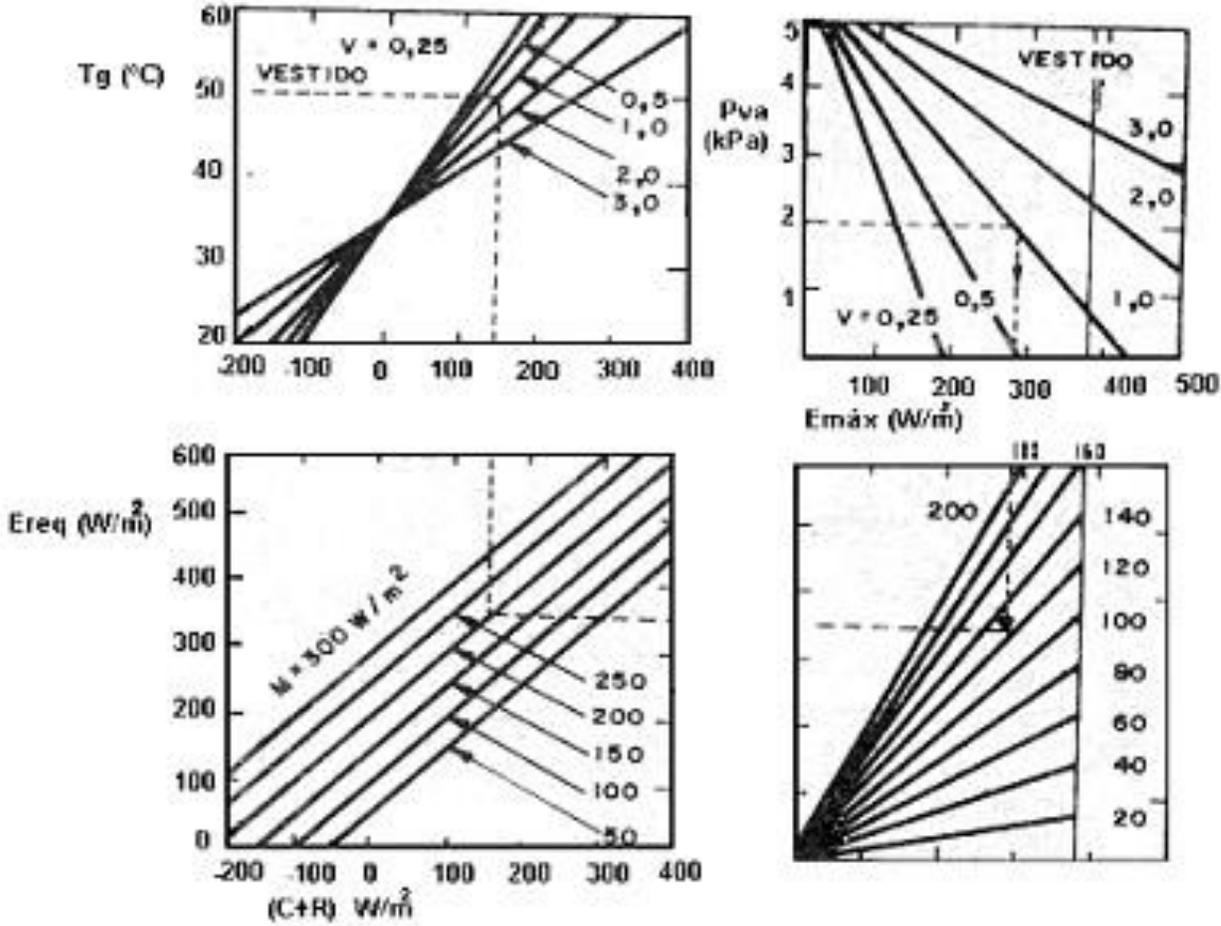
Nombre y Apellidos:		SI	NO
Edad:			
1	¿Le gusta mucho salir?		
2	¿Se siente unas veces rebosante de energía y decaído otras?		
3	¿Se queda usted apartado o aislado de los demás en las fiestas o reuniones?		
4	¿Necesita a menudo amistades comprensivas que lo animen?		
5	¿Le agradan las tareas en que debe trabajar aislado?		
6	¿Habla algunas veces sobre cosas que desconoce completamente?		
7	¿Se preocupa a menudo por las cosas que no debería haber hecho o dicho?		
8	¿Le agradan a usted las bromas entre amigos?		
9	¿Se preocupa usted durante mucho tiempo después de haber sufrido una experiencia desagradable?		
10	¿Es usted activo y emprendedor?		
11	¿Se despierta varias veces en la noche?		
12	¿Ha hecho alguna vez algo de lo que tenga que avergonzarse?		
13	¿Se siente molesto cuando no se viste como los demás?		
14	¿Piensa usted con frecuencia en su pasado?		
15	¿Se detiene muy a menudo a meditar y analizar sus pensamientos y sentimientos?		
16	¿Cuándo está disgustado, necesita algún amigo para contárselo?		
17	¿Generalmente, puede usted "soltarse" y divertirse mucho en una fiesta alegre?		
18	Si en una compra le despacharan de más por equivocación, ¿lo devolvería aunque supiera que nadie podría descubrirlo?		
19	¿Se siente usted a menudo cansado e indiferente, sin ninguna razón para ello?		
20	¿Acostumbra usted a decir la primera cosa que se le ocurra?		

21	¿Se siente de pronto tímido cuando desea hablar a una persona atractiva que le es desconocida?		
22	¿Prefiere usted planear las cosas mejor que hacerlas?		
23	¿Siente usted palpitaciones o latidos en el corazón?		
24	¿Son todos sus hábitos buenos y deseables?		
25	¿Cuándo se ve envuelto en una discusión, prefiere, "llevarla hasta el final" antes permanecer callado, esperando que de alguna forma se calme?		
26	¿Se considera usted una persona nerviosa?		
27	¿Le gusta a menudo conversar con personas que no conoce y que encuentra casualmente?		
28	¿Ocurre con frecuencia que toma usted sus decisiones demasiado tarde?		
29	¿Se siente seguro de si cuando tiene que hablar en público?		
30	¿Chismea algunas veces?		
31	¿Ha perdido usted a menudo horas de sueño, a causa de sus preocupaciones?		
32	¿Es usted vivaracho?		
33	¿Está usted con frecuencia en la luna?		
34	¿Cuándo hace nuevas amistades, es normalmente usted quien da el primer paso, o el primero que invita?		
35	¿Se siente molesto o preocupado con frecuencia por sentimientos de culpabilidad?		
36	¿Es usted una persona que nunca está de mal humor?		
37	¿Se llamaría a sí mismo una persona afortunada?		
38	¿Se preocupa por cosas terribles que pudieran sucederle?		
39	¿Prefiere quedarse en casa a asistir a una fiesta o reunión aburrida?		
40	¿Se mete usted en líos con frecuencia, por hacer las cosas sin pensar?		
41	¿Su osadía lo llevaría a hacer casi siempre cualquier cosa?		

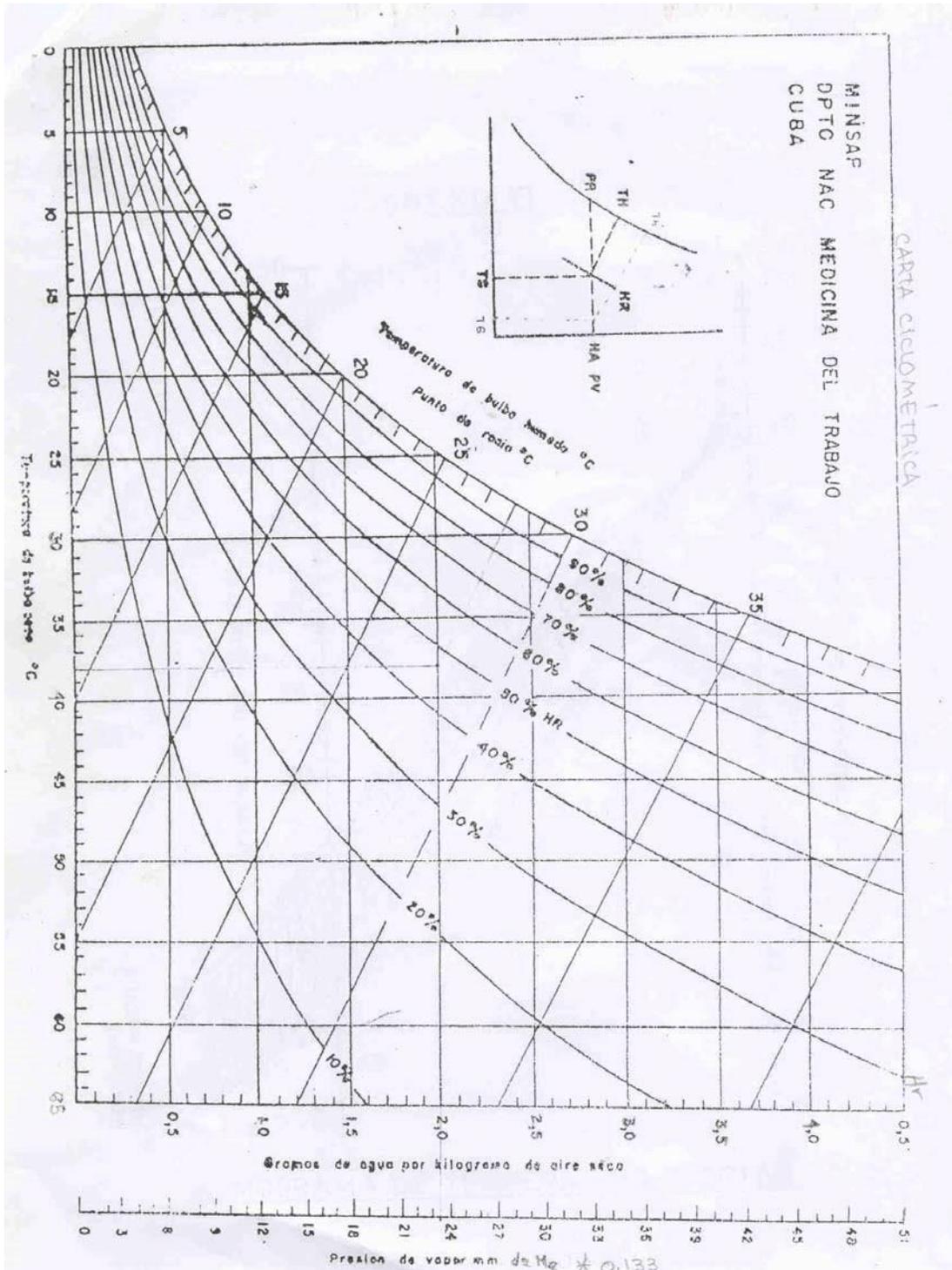
42	¿Ha llegado alguna vez tarde a una cita o al trabajo?		
43	¿Es usted una persona irritable?		
44	¿Por lo general hace y dice las cosas rápidamente, sin detenerse a pensar?		
45	¿Se siente usted algunas veces triste y otras alegre, sin motivo aparente?		
46	¿Le gusta a usted hacer bromas a otras personas?		
47	¿Cuándo se despierta por las mañanas se siente agotado?		
48	¿Ha sentido usted en alguna ocasión deseos de no asistir al trabajo?		
49	¿Se sentiría mal si no estuviera rodeado de otras personas la mayor parte del tiempo?		
50	¿Le cuesta trabajo conciliar el sueño por las noches?		
51	¿Le gusta trabajar solo?		
52	¿Le dan ataques de temblores o estremecimientos?		
53	¿Le agrada mucho bullicio y agitación a su alrededor?		
54	¿Se siente usted algunas veces enfadado?		
55	¿Realiza sin deseos la mayor parte de las cosas que hace diariamente?		
56	¿Prefiere tener pocos amigos pero selectos?		
57	¿Tiene usted vértigos?		

Por favor sería útil conocer si presenta algún trastorno psicológico y está consumiendo algún medicamento que afecte el sistema nervioso. Gracias por su colaboración

Anexo 3. Tablas para determinar Índice de sobrecarga calórica (ISC)



Anexo 4. Carta ciclométrica para determinar variables microclimaticas.



Anexo 5. Instrumental empleado para determinar valores de las variables microclimáticas



Anexo 6. Clasificación del régimen metabólico para tipos de actividades.

Clases	Valor para ser usado para el cálculo del régimen metabólico medio		Ejemplos
	(w/m ²)	W	
0 Descansando	65	115	Descansando
1 Régimen metabólico bajo	100	180	Sentado descansando: trabajo manual ligero; (escribiendo, mecanografiando, dibujando, cosiendo, contadora); trabajo con la mano y el brazo; (herramientas pequeñas de banco, inspección, ensamblaje o selección de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (manejando un vehículo en condiciones normales, operando un chucho de pie o pedal). Parado: taladrando (piezas pequeñas,

			torneando piezas pequeñas); enrollando; enrollado de pequeñas armaduras, maquinado con herramientas de baja potencia; caminar ocasionalmente (velocidad de hasta 3,5 Km/h)
--	--	--	--

Anexo 7. Implicaciones fisiológicas e higiénicas de ISC

Sobrecarga calórica (%)	Implicaciones
0	No hay tensión térmica
10-30	Tensión térmica de ligera a moderada. Trabajos que implican funciones intelectuales superiores, destreza y vigilancia.
40-60	Tensión térmica severa, indicando una amenaza para la salud, a menos que el hombre esté fisiológicamente apto. La selección médica del personal necesario para trabajar bajo estas condiciones debe ser tal que los trabajadores seleccionados no presenten problemas respiratorios, cardiovasculares, dermatitis crónica. Estas condiciones laborales son además inapropiadas para aquellas actividades que requieren de un esfuerzo sostenido.
70-90	Tensión térmica muy severa. Solo una pequeña parte de la población está calificada para estos trabajos. El personal debe ser seleccionado mediante exámenes médicos y por un seguimiento sobre el trabajo (después de la aclimatación). Asegurar adecuados insumos de agua y sales.
100	Tensión máxima tolerable para hombres jóvenes, aclimatados y aptos.

Anexo 8. Sonómetro tipo I promediador-integrador para medir ruido



Anexo 9. NC 871:2011 (Ruido en el ambiente laboral – Requisitos higiénicos – sanitarios generales) de niveles máximos admisibles para los criterios de evaluación del nivel sonoro (L_p), del nivel sonoro equivalente continuo (L_{eq}) y para el criterio NR (Noise Reduction Criteria)

Requisitos que debe satisfacer la actividad. Tipo de actividad laboral	Valores máximos	
	Criterio N dB	Nivel sonoro equivalente continuo dB(A)
1. Todos los puestos y locales de trabajo	80	85
2. Ejecución de operaciones manuales con comunicación acústica, tales como la dirección de máquinas e instalaciones móviles	75	80
3. Ejecución de operaciones manuales de operaciones intermedias, tales como el equipamiento y el servicio de las máquinas, labores microscópicas en electrónica, la mecánica de precisión y la óptica, sin medios ópticos auxiliares (lupa microscopio).	70	75
4. Solución de tareas cotidianas relativas a la actividad intelectual con requisitos constantes de comunicación con	65	70

un público variable; ejecución de procesos motores, donde existen operaciones intermedias, tales como labores administrativas; atención a los clientes y servicios de consulta.		
5. Requisitos relativos a la recepción y el procesamiento de la información acústica, tales como la observación en pizarras de distribución; el servicio telefónico y la telegrafía; el servicio de despacho; búsqueda de defectos en equipos electrónicos; dibujo técnico; tareas de diseño.	60	65
6. Solución de tareas complejas cumpliendo requisitos relativos a actividades intelectuales, tales como la actividad de traducción, programación, trabajo en laboratorios docentes e investigativos.	55	60
7. Trabajo creador, cumplimentando requisitos relativos a la recepción y el procesamiento de la información, tal como impartir clases, actividades médicas; actividades científicas; diseño.	45	50
MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE.	80	85
8. Cabina de maquinistas de locomotoras diésel y eléctricas.		
9. Local para personal en los vagones de recorrido largo.	60	65
10. Vagones interprovinciales de pasajeros y vagones restaurantes.	70	75
MEDIOS DE TRANSPORTE MARITIMO.	80	85
11. Cuartos de máquinas de los buques.		
MEDIOS DE TRANSPORTE AEREO.	80	85
12. Cabinas y salones de aviones y helicópteros.		
MAQUINARIA AGRICOLA Y DE CONSTRUCCION.	80	85
13. Puestos de trabajo de los choferes y otro personal de servicio de tractores, cosechadoras, máquinas para el movimiento y preparación de la tierra y equipos utilizados		

en construcción de carreteras.		
--------------------------------	--	--

Anexo 10. Luxómetro para medir iluminación

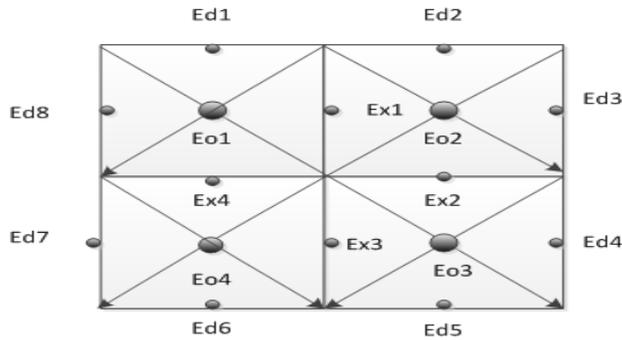


Anexo 11. NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003. Iluminación de puestos de trabajo en interiores.

28. EDIFICIOS EDUCACIONALES				
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula de pre-escolares	300	19	80	
Aula de habilidades pre-escolares	300	19	80	
Aulas, locales de profesores	300	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	80	
Salas de lectura	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Pizarras, pizarrones	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes y oficios	500	19	80	
Locales de artes (en escuelas de arte)	750	19	90	$T_{cp} > 5\,000\text{ K}$
Salas de dibujo técnico	750	16	80	

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux	CUD_L	R_a	Notas
Locales de prácticas y laboratorios	500	19	80	
Taller de enseñanza	500	19	80	
Locales de prácticas de música	300	19	80	
Locales de prácticas de computación	500	19	80	Para trabajo con TPV, ver 4.10
Laboratorio de idiomas	300	19	80	
Locales y talleres de preparación	500	22	80	
Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones	200	22	80	
Locales de maestros	300	22	80	
Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	80	Para facilidades de acceso público, ver CIE 58-1983 y CIE 62-1984

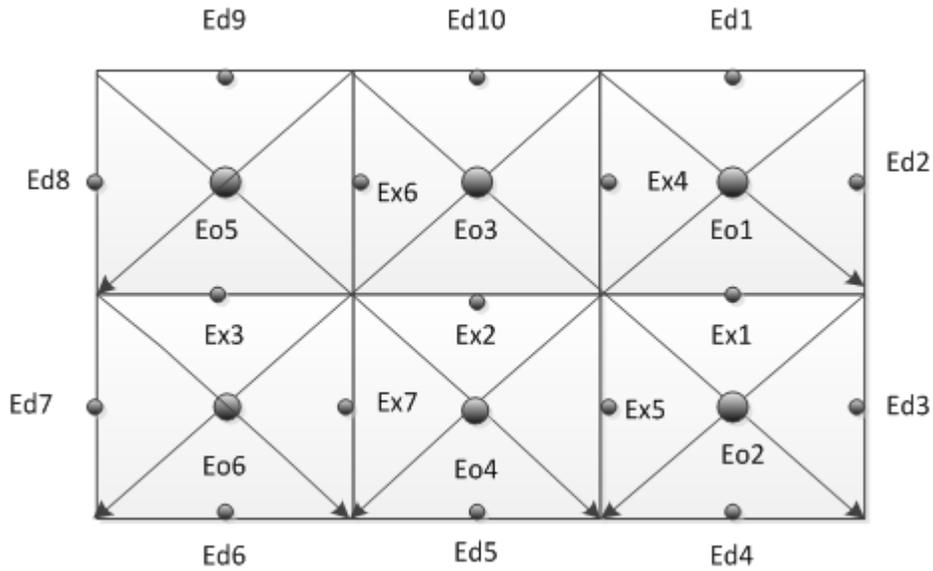
Anexo 12. Distribución de los puntos de medición y valores de iluminación en el aula del grupo de control.



Valores de iluminación en el aula de grupo 1

Ed1	Ed2	Ed3	Ed4	Ed5	Ed6	Ed7	Ed8	$\sum_1^8 Ed$
520	340	300	290	270	300	500	520	3040
Ex1	Ex2	Ex3	Ex4					$\sum_1^4 Ex$
410	280	330	320					1340
Eo1	Eo2	Eo3	Eo4					$\sum_1^4 Eo$
390	300	205	305					1200

Anexo 13. Distribución de los puntos de medición y valores de iluminación en el aula de conferencia del grupo experimental.



Valores de iluminación en el aula de grupo experimental

Ed1	Ed2	Ed3	Ed4	Ed5	Ed6	Ed7	Ed8	Ed9	Ed10	$\sum_1^{10} Ed$	
456	811	312	350	319	335	272	660	407	1094	5016	
Ex1	Ex2	Ex3	Ex4	Ex5	Ex6	Ex7	$\sum_1^7 Ex$				
700	590	428	750	360	1450	360	4638				
Eo1	Eo2	Eo3	Eo4	Eo5	Eo6	$\sum_1^6 Eo$					
1681	324	1400	394	1050	283	5132					

Anexo 14. Comportamiento del valor promedio de los indicadores antes y después de la aplicación de la situación experimental a la muestra objeto de estudio.

N o	Clasificación de la muestra	Indicadores Psicofisiológicos								Indicador Fisiológico	
		UDT promedio (cm)		PP promedio (mm)		TRS promedio (seg)		TRC promedio (seg)		VFC promedio (%)	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1	estudiante sin examen final (grupo de control)	1.75	1.05	5	2.5	0.4	0.34	0.48	0.44	26.3	33.8
2		1.1	0.3	7	1	0.37	0.31	0.98	0.75	291	3028
3		2.55	2.1	4	3	0.39	0.33	0.51	0.49	1	538
4		3.5	3.8	3.5	4	0.34	0.31	0.79	0.5	39.8	46.1
5		2.6	1.8	3	2.5	0.34	0.31	0.39	0.33	162	692
6		1.85	1	5	1.5	0.38	0.39	0.86	0.42	32.0	38.5
7		1.5	0.75	6.5	4	0.34	0.31	0.89	0.45	512	436
										771	857

											1
8		3	2.1	9	4.5	0.44	0.38	0.58	0.45	19.5 238 1	27.7 489 8
9		1.95	1.25	4	1	0.34	0.31	0.36	0.56	47.6 190 5	45.7 471 3
10		2.5	1.5	3	1.5	0.38	0.4	0.57	0.63	11.7 647 1	11.2 676 1
11		2.25	1.55	7.5	4	0.38	0.36	0.58	0.69	32.0 909 1	39.0 243 9
12		2.05	1.25	1	2	0.4	0.36	0.75	0.44	43.9 238 7	40.4 678 9
13		2.75	2	8	5	0.33	0.33	0.38	0.42	22.6 415 1	30.1 886 8
14		1	1.15	3.5	5	0.35	0.38	1.07	0.75	9.52 381	6.00 240 1
15		1.5	1.55	4.5	3	0.32	0.33	0.4	0.37	13.5 746 6	14.9 402 4
16		1.25	0.95	8	3.5	0.32	0.31	0.46	0.56	17.6 470 6	24.6 190 5
17	estudi ante univer	1.6	1.9	0	5.5	0.32	0.31	0.56	0.68	10.5 263 2	11.0 344 8

18	sitario con exame	3.05	3.75	2	4.5	0.36	0.43	0.49	0.52	5.77 034	6.41 025 6
19	n final	1	3.25	0.75	7.5	0.36	0.46	0.67	0.72	27.9 134 7	12.9 617 6
20		2.6	2.95	0	2.5	0.52	0.58	0.39	0.94	18.8 349 5	5.19 480 5
21		2	3.25	0.25	9	0.32	0.35	0.57	0.57	23.0 769 2	12.5
22		1.15	1.4	1	5.5	0.36	0.4	0.4	0.5	35.7 142 9	18.9 873 4
23		0.9	3.05	0.25	8	0.54	0.66	0.98	1.03	30.6 591 7	15.9 151 2
24		2.55	3.1	0.75	12	0.37	0.41	0.58	0.6	17.6 470 6	5.10 204 1
25		1.55	3.65	0	5.5	0.38	0.64	0.5	0.69	12.2 474	5.43 478 3
26		1.55	2.9	3	11	0.38	0.59	0.46	0.45	15.5 199 2	5.74 712 6
27		1.75	3.8	0.25	12	0.41	0.72	1.11	2.46	27.7 777 8	18.7 5
28		1.5	1	6	6.5	0.35	0.36	0.49	0.71	22.6	10.3

										220 4	519 7
29		1.55	4.05	1	4.5	0.36	0.4	0.64	0.89	23.3 372 2	10.1 265 8
30		1.85	2.75	4.5	8.5	0.32	0.54	0.42	0.54	11.8 483 4	11.2 170 5
31		3.6	4.15	2.5	18.5	0.39	0.42	0.37	0.59	12.6 342 4	11.5 942
32		1.4	1.65	0.5	0	0.36	0.41	0.44	0.48	18.3 066 4	8.69 565 2
33		1.4	3.05	0.25	8	0.33	0.34	0.48	0.46	27.3 972 6	11.7 647 1
34		0.8	1.7	1.5	1	0.38	0.48	0.33	0.58	16.3 666 1	9.52 381
35		2.1	2.65	2	13.5	0.33	0.48	0.37	0.36	15.2 594 1	8.29 875 5
36		2.1	3.55	0	2	0.26	0.4	0.37	0.42	23.3 209	8.27 814 6
37		2.7	2.35	10.5	14.5	0.32	0.44	0.47	0.47	13.3 333 3	12.5
38		2.1	1.5	0.75	3.5	0.35	0.47	0.48	0.56	27.7 358	10.4 166

										5	7
39		1.8	2.05	0.25	3.5	0.31	0.52	0.56	0.58	17.6 470 6	12.7 713 9
40		1.25	5.25	1	5.5	0.31	0.35	0.35	0.42	13.3 689 8	5.47 945 2
41		2.8	3.5	1.5	3	0.28	0.34	0.49	0.53	6.12 369 9	6.86 341 8
42		1.1	2.2	2	8.5	0.35	0.42	0.46	0.56	22.0 264 3	11.5 942
43		1.7	2.95	1.5	6	0.37	0.51	0.36	0.88	13.7 614 7	11.2 044 8
44		2	2.15	0	4.5	0.31	0.35	0.29	0.42	18.1 818 2	5.08 647
45		1.3	3.3	0.5	6	0.32	0.5	0.37	0.4	16.9 061 7	12.7 713 9
46		2.15	3.6	3	3	0.2	0.35	0.45	0.58	26.6 666 7	14.7 565 2
47		1.4	2.1	0.5	4	0.31	0.47	0.42	0.54	11.9 976	5.77 034
48		1.6	1.8	2	23.5	0.3	0.33	0.51	0.51	25	3.94 788 8
49		1.65	4.4	0.25	1.5	0.29	0.45	0.45	0.46	15.5	10.3

										199 2	466 1
50		1.65	3.5	0.5	17	0.28	0.42	0.57	0.6	16.0 771 7	6.41 025 6
51		0.85	2.85	4.5	7	0.25	0.28	0.3	0.44	52.3 809 5	36.3 636 4
52		1.65	2.5	1	18.5	0.26	0.3	0.44	0.47	12.4 223 6	5.04 286 4
53		1.75	1.95	0	4.5	0.31	0.49	0.35	0.48	21.0 084	11.5 606 9
54		2.6	2.85	0	4	0.38	0.37	0.34	0.52	31.2 849 2	24.6 609 1

