

REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

TECH
•CARLOS CISNEROS•



NÚMERO 2
MAYO 2021
RIOBAMBA
ECUADOR

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
PARA LA EDUCACIÓN TÉCNICA





INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS

Av. La Paz y México

itscarloscisneros@hotmail.com

RIOBAMBA - ECUADOR

www.istcarloscisneros.edu.ec

Edición N° 02

RIOBAMBA - ECUADOR, 2021

Publicación Anual

REVISTA DIGITAL

Los trabajos firmados son de responsabilidad de cada autor.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta revista, por cualquier medio, sin permiso expreso del fondo editorial.

Se puede acceder a una versión en PDF en www.istcarloscisneros.edu.ec

Consejo Editorial

Director

Ing. Francisco Nájera, Mgs. IST Carlos Cisneros

Editor Responsable

Ing. Christiam Nuñez, Mgs. IST Carlos Cisneros

Co- Editor Responsable

Ing. Juan Pérez, Mgs. IST Carlos Cisneros

Editora Ejecutiva y Secretaria

Ing. Cristina Orozco, M_Eng IST Carlos Cisneros

Diseño y Diagramación

Ing. Fernando Garzón IST Isabel de Godín

Comité Editorial

PhD. Lorena Molina UNACH

PhD. Luis Miguel Procel USFQ

PhD. Ramiro Taco USFQ

PhD. María Belén Bravo ESPOCH

PhD. Luis Arboleda ESPOCH

PhD. David Moreno ESPOCH

Mgs. Omar Sánchez IST Carlos Cisneros

PhD. Ulises Ruiz Instituto Nacional de Astrofísica,
Óptica y Electrónica (Puebla - México)

Apoyo Editorial

Traductor de Inglés

Lic. Gabriela Illicachi IST Carlos Cisneros

Equipo Técnico

Mgs. Jorge Chávez IST Carlos Cisneros

Mgs. Renny Montalvo IST Carlos Cisneros

Comité Científico

PhD. Leonardo Rentería	UNACH
PhD. Carlos Martínez	UTA
PhD. Armando Díaz Concepción	Universidad Tecnológica de la Habana, José Antonio Echeverría
M_Eng. Cristian Rocha	Universidad de Sevilla
M_Eng. Fausto Cabrera	ESPOCH
M_Eng. Fabricio Santacruz	ESPOCH
Mgs. Luis Alberto Zabala	ESPOCH
Mgs. John Germán Vera	ESPOCH
Mgs. Angel Geovanny Guamán	ESPOCH
Mgs. Socrates Miguel Aquino	ESPOCH
Mgs. Edwin Rodolfo Pozo Safla	ESPOCH
Mgs. Eduardo Hernández	ESPOCH
Mgs. Marco Antonio Ordoñez	ESPOCH
Mgs. Juan Carlos Castelo	ESPOCH
Mgs. Edison Marcelo Castillo	ESPOCH
M_Eng. Luis Chuquimarca	UPSE
M_Eng. Gastón Chamba	UNL
Mgs. Daniel Haro	UNACH
M_Eng. Cristian Márquez	IST Carlos Cisneros
Mgs. Mónica Carrión	IST Carlos Cisneros
Mgs. Adriana Cruz	IST Carlos Cisneros
Mgs. Mariana Villa	IST Carlos Cisneros
Mgs. Fernanda Márquez	IST Carlos Cisneros
Mgs. Juan Repetto	IST Carlos Cisneros
Mgs. Carlos Gallardo	IST Carlos Cisneros
Ing. Gloria Benítez	IST Carlos Cisneros
Ing. Pablo Fiallos	IST Carlos Cisneros
Ing. Marcos Abarca	IST Carlos Cisneros
Ing. Oscar Martínez	IST Carlos Cisneros
Ing. Byron Bermeo	IST Carlos Cisneros



ÍNDICE

PRÓLOGO 06

EDITORIAL 08

ESTUDIO SOBRE LA GESTIÓN LABORAL
DEL PERSONAL DOCENTE MEDIANTE EL ANÁLISIS
DE LA CAPACIDAD FÍSICA DEL TRABAJO
STUDY ON THE LABOR MANAGEMENT OF TEACHERS
THROUGH THE ANALYSIS OF THE PHYSICAL WORK CAPACITY

10

ESTUDIO SOBRE LA CANTIDAD DE INTERACCIONES
DE DESBLOQUEO DEL DISPOSITIVO MÓVIL COMO HERRAMIENTA
TECNOLÓGICA EN JÓVENES SEGÚN SU GÉNERO
STUDY ON THE NUMBER OF INTERACTIONS
OF UNLOCKING THE MOBILE DEVICE AS A TECHNOLOGICAL TOOL
IN YOUNG PEOPLE ACCORDING TO THEIR GENDER.

22

SELECCIÓN DEL MOTOR Y DISEÑO DE LA RELACIÓN
DE TRANSMISIÓN PARA UN KARTING
PARA COMPETICIÓN INTERUNIVERSITARIA
BASADO EN ANÁLISIS DE DINÁMICA DE VEHÍCULOS
SELECTION OF THE ENGINE AND DESIGN
OF THE TRANSMISSION RATIO FOR A KARTING
FOR INTERUNIVERSITY COMPETITION
BASED ON ANALYSIS OF VEHICLE DYNAMICS

30

APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET
COMO TÉCNICA DE COMPRESIÓN DE AUDIO
APPLICATION OF THE WAVELET TRANSFORM
AS AN AUDIO COMPRESSION TECHNIQUE

47

ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE
VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA.
ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST
GASES THROUGH THE STATIC TEST.

56



Armonizando el arte y la ciencia!

PRÓLOGO

PRÓLOGO

Ing. Gloria Benítez
Miembro del Comité Científico
Riobamba - Ecuador



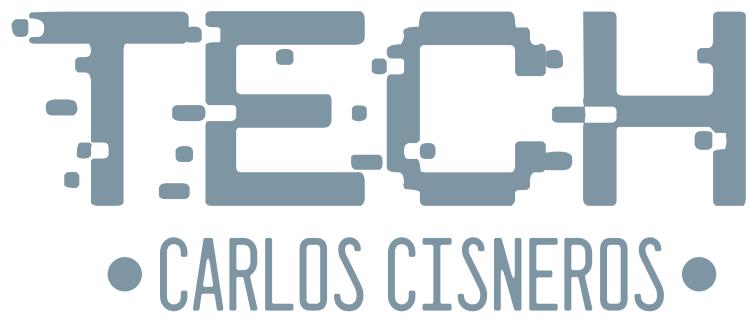
La revista TECH Carlos Cisneros consciente de que la misión institucional entre otras cosas hace referencia **a la generación, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, para fortalecer el desarrollo sustentable**; incursiona en la investigación científica, tecnológica y social que permite establecer relación con el entorno a fin de producir nuevos conocimientos , además es un incentivo para la actividad intelectual creadora, y ayuda a generar un interés gradual para la solución de problemas.

En esta edición presenta una recopilación de artículos basados en áreas como: energías renovables, procesos tecnológicos, artesanales e industriales, ingeniería industria y construcción, así como espacios básicos y sociales.

Es nuestra responsabilidad como investigadores comprometidos, hacer que la ciencia forme parte habitual de la colectividad, que ésta se encuentre al tanto del trabajo que realizamos, procedimientos, métodos y beneficios.

Finalmente, los diferentes aportes científicos adjuntos en la presente edición de la Revista TECH, gozan de severidad científica, son actualizados y hacen referencia a los retos que enfrentan las entidades garantes del desarrollo tecnológico en beneficio de la humanidad. Por lo expuesto, discurso que la presente divulgación será de interés para los sectores referentes a la educación e industria, puesto que abarca un gran esfuerzo de la academia encaminado a optimizar el conocimiento de la educación técnica y tecnológica que son objeto de análisis nacionales y universales con miras a la articulación de la educación con la práctica.

Para TECH Carlos Cisneros y los autores de los diferentes artículos, mi reconocimiento por el esfuerzo realizado y mi gratitud por el aporte a la ciencia en beneficio del bien común.



REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

EDITORIAL

EDITORIAL

Ing. Christiam X. Nuñez Z. Mgs.
Editor Revista TECH Carlos Cisneros
Tecnológico Carlos Cisneros / Riobamba - Ecuador



En la actualidad el mundo como lo conocemos ha sufrido un gran cambio regenerativo en todo contexto en el ámbito humano, tecnológico, educacional, científico, cultural, esto debido al cambio generacional, a la pandemia COVID 19 y otros factores ligados a los antes mencionados. Estos cambios que a sufrido la población ha impulsado a que cada individuo muestre una estrategia diferente de superación y lucha por involucrarse ante nuevos retos que la circunstancias obliga a afrontarlos y vivirlos. Hoy en día la población tiende a buscar a indagar y preocuparse por conocer mas de las cosas, el internet hoy en día es una herramienta indispensable en los hogares y ha hecho que cada grupo familiar tenga acceso a poder obtener resultados a tan solo un click de su computador.

Por lo mencionado anteriormente la investigación se esta volviendo ya no un paradigma que solo pocos lo pueden realizar a partir de un enfoque y una guía se puede lograr obtener resultados de: indagaciones, trabajo de búsqueda de información, proyectos, tareas escolares, construcciones, metodologías nuevas, diseños innovadores, mejoras de procesos etc. El aporte de TECH Carlos Cisneros a la comunidad esta ahí en promover estas ideas y convertirlas en resultados que interesen a la sociedad y esta a su vez vea a la Institución Superior Educativa como un ente de aporte a la comunidad y a diferentes áreas como: industria, salud, educación, transporte, comunicaciones etc.

La revista Tecnológica de Investigación TECH Carlos Cisneros permite divulgar trabajos de investigación en las diferentes áreas técnicas y tecnológicas, producto de programas y proyectos desarrollados a nivel local y regional, puesto que una de las políticas del Instituto es formar profesionales enfocados en la investigación.

La revista TECH Carlos Cisneros es una revista de publicación anual que emplea como medio de difusión el formato electrónico, dirigida a la población técnica y tecnológica, que difunde los trabajos de investigación. En esta segunda edición la revista TECH Carlos Cisneros se enfoca al desarrollo de la investigación para la educación técnica.

UNIÓN EDUCATIVA

CARLOS CISNEROS

1900-1901





**ESTUDIO SOBRE LA GESTIÓN LABORAL
DEL PERSONAL DOCENTE MEDIANTE EL ANÁLISIS
DE LA CAPACIDAD FÍSICA DEL TRABAJO**

**STUDY ON THE LABOR MANAGEMENT OF TEACHERS
THROUGH THE ANALYSIS OF THE PHYSICAL WORK CAPACITY**

ESTUDIO SOBRE LA GESTIÓN LABORAL DEL PERSONAL DOCENTE MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD FÍSICA DEL TRABAJO

STUDY ON THE LABOR MANAGEMENT OF TEACHERS THROUGH THE ANALYSIS OF THE PHYSICAL WORK CAPACITY

Mendoza Rodríguez José Fernando¹

Salazar Andrade Andrés Eduardo²

¹ Unidad Educativa “PCEI Tungurahua”, Ecuador, mendo-10@hotmail.com

² Unidad Educativa “CRUZ DEL SUR”, Ecuador, andreuspd0909@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad verificar el comportamiento de la gestión laboral en la capacidad física del trabajo (CFT) del personal docente. La metodología utilizada tuvo un enfoque cuantitativo, de campo, con un nivel de investigación descriptivo transversal. Debido al gran número de docentes en la provincia de Tungurahua, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional con una muestra de 106 docentes, tomados de la Unidad Educativa Benjamín Araujo, Unidad Educativa PCEI Tungurahua y Unidad Educativa Indoamérica. En lo referente a las técnicas de recolección de datos utilizados en el estudio se aplicó el método ROSA para determinar el nivel de riesgo en las actividades de oficina que realizan los docentes, además, para conocer la gestión laboral se aplicó una encuesta con escala de Likert. Los resultados obtenidos mediante el estudio de campo, se determinó que para los hombres el 34,3%, 53,7% y el 11,9% tienen una CFT buena, normal y regular respectivamente, mientras que las mujeres el 7,7%, 30,8% y el 61,5% tiene una CFT muy buena, buena y normal respectivamente. La finalidad del trabajo de investigación fue proponer un modelo matemático para hombres y mujeres donde se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) del 91,34% y el 84,85% respectivamente, dando validez a los modelos matemáticos.

Palabras clave: Gestión del Trabajo, Personal Docente, Capacidad Física de Trabajo, Nivel de Riesgo, Modelo Matemático.

ABSTRACT

The purpose of this research was to verify the behavior of labor management in the physical work capacity (CFT) of teachers. The methodology used had a quantitative, field focus, with a level of cross-sectional descriptive research. Due to the great number of teachers in the province of Tungurahua, an intentional non-probabilistic sampling was used with a sample of 106 teachers, taken from the Benjamín Araujo High School, PCEI Tungurahua High School and Indoamérica High School. The ROSA method was applied to the data collection techniques used in the study in order to determine the level of risk in the office activities carried out by the teachers. In addition, a Likert scale survey was applied to learn about labor management. The results obtained through the field study, it was determined that for men 34.3%, 53.7% and 11.9% have a good, normal and regular CFT respectively, while women 7.7%, 30.8% and 61.5% have a very good, good and normal CFT respectively. The purpose of the research work was to propose a mathematical model for men and women where it was obtained a determination coefficient (R^2) of 91.34% and 84.85% respectively, giving validity to the mathematical models.

Keywords: Work Management, Teaching Staff, Physical Work Capacity, Risk Level, Mathematical Model.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como finalidad verificar la relación que existe entre las actividades laborales en base a los riesgos ergonómicos y la CFT de los docentes, mediante el diseño de un modelo matemático como metodología indirecta que verifique el nivel de incidencia de las variables.

En el estudio realizado por Gómez, Camargo, & García (2016), se analizó que existen varias enfermedades profesionales en el campo educativo, con énfasis a la labor docente donde la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) realizó una investigación a 800 docentes en América Latina con un enfoque en el estilo de vida de cada uno de ellos y clasificando a las enfermedades en tres grandes grupos; el primer lugar aquellos problemas que se originan de la parte ergonómica como la disfonía 46%, problemas en la columna 32%, varíceas 35% y lumbalgias 13%; en segundo lugar se encuentran los problemas mentales como el estrés 42% y la depresión 26%; y en tercer lugar se encuentra los problemas generales en la salud como inconvenientes gastrointestinales 44%, resfriados 39% y la hipertensión 13%. Cabe mencionar que pueden generarse mayor cantidad de enfermedades que afecten a las actividades realizadas por los docentes y que deben ser investigados de manera detallada para poder interpretar, evaluar y tomar medidas preventivas o correctivas para el bienestar en el campo educativo. [1]

Según el estudio realizado por Gaibor & Romero (2018), se detalló que el 25% de los docentes han sufrido enfermedades profesionales provocados por las actividades de impartir clases en el aula y a su vez existe un incremento de aproximadamente un 3% anual, también manifestó que el 62% de la comunidad educativa agenda un turno con el médico cuando se presenta una alteración en la salud o aparición de enfermedades. [2]

Los docentes, que en la jornada laboral tienden a realizar mayor trabajo estático que dinámico, para justificar lo mencionado, en la educación media se debe realizar varias actividades antes, durante y después del año lectivo como por ejemplo la planificación curricular anual (PCA) por asignatura asignada; preparación de las clases; elaboración de evaluaciones parciales y quimestrales; adaptación

de destrezas a los estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE); plan de mejora para aquellos estudiantes que obtengan en cada parcial promedios menores a 7 puntos; reforzar los conocimientos o destrezas de manera consecutiva; calificar trabajos, talleres y evaluaciones por tema tratado; aquellos docentes que son asignados como tutores de curso, deben realizar informes del rendimiento académico y comportamental de los estudiantes, entre otras actividades que se pueden generar en la jornada de trabajo [3], por lo tanto la CFT genera un desequilibrio, provocando patologías o enfermedades que causan daños a la salud de los docentes. [9]

Para conocer la CFT de manera directa se debe tener a disposición de equipos eficaces para medir el consumo máximo de oxígeno (Vo_2 máx.) de manera incremental al evaluar a una persona mediante diferentes cargas de trabajo físico con aumento progresivo, el resultado sirve para conocer si dicho Vo_2 máx. es necesario para realizar la actividad de trabajo, pero implicarse a este tipo de evaluaciones generan costos significativos, por consiguiente existen métodos indirectos que se asemejan a los valores reales con valores mínimos de error, por ende, diseñar un modelo matemático es el objetivo de la presente investigación con la finalidad de ayuda de una u otra manera a obtener valores de Vo_2 máx. confiables, además de dar a conocer la situación de la CFT de los docentes.

A continuación, se detallan 2 test para determinar el Vo_2 máx. que permite conocer la CFT mediante un análisis multivariable donde se utiliza la frecuencia cardiaca y la edad que son variables analizadas en la presente investigación:

Test de Rockport

$$Vo_2 \text{ máx.} = 6,9652 + (0,0091 \cdot MC) - (0,0257 \cdot E) \\ + (0,5955 \cdot S) - (0,2240 \cdot T) - (0,0115 \cdot FC) \quad (1)$$

La confiabilidad del test mediante la correlación de Pearson es de $r = 0,93$. [4]

Test de George Fisher

$$Vo_2 \text{ máx.} = 100,162 + (7,301 \cdot S) - (0,164 \cdot MC) \\ - (1,273 \cdot T) - (0,156 \cdot FC) \quad (2)$$

La confiabilidad del test mediante la correlación de Pearson es de $r = 0,86$. [4]

Nota: Masa Corporal (MC), Sexo (S), Edad (E), Tiempo (T) y Frecuencia Cardiaca (FC).

Hipótesis nula y de investigación

H_0 : La capacidad física del trabajo mediante el consumo máximo de oxígeno no está predicho significativamente por la gestión laboral en función de la frecuencia cardiaca máxima y la edad.

H_1 : La capacidad física del trabajo mediante el consumo máximo de oxígeno está predicho significativamente por la gestión laboral en función de la frecuencia cardiaca máxima y la edad.

Nota: Las hipótesis son planteadas por grupos de docentes, en este caso hombres y mujeres.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

En lo referente al marco metodológico, según el tema de estudio, el objetivo de la investigación, el propósito y las variables establecidas, dan lugar a un enfoque cuantitativo debido a que se requiere el uso de instrumentos de medición que proporcionan datos que deben ser analizados con la aplicación de modelos matemáticos y estadísticos, por tal razón, el estudio se fundamenta en el científico y el racionalismo. [5]

Paradigma

El paradigma para el tema de estudio es el positivista debido a que se considera como un método o sistema real y preciso, es decir que se aplica a la investigación científica mediante la aceptación del empirismo para establecer modelos sistemáticos que proporcionan conclusiones válidas como principio fundamental. [5]

Método

El modelo a seguir es el científico debido a que el paradigma positivismo contempla y se basa en hechos para alcanzar un conocimiento mediante la medición exhaustiva y fundamentación teórica. [9]

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental debido a que no se controla o manipula las variables de estudio, es decir las variables ya se encuentran establecidas en un contexto real para posteriormente ser analizadas. [5]

Tipo de investigación

El tipo de investigación es de campo, esto se debe a que la recolección de los datos se realiza directamente donde ocurren los hechos considerando las variables de estudio, verificando si los datos son reales y en el caso de existir errores, este tipo de investigación permite hacer una posible revisión o modificación con respecto a la calidad de obtención de los datos. [5]

Nivel de investigación

El nivel de estudio es descriptivo transversal debido a que permite interpretar la realidad de los hechos, considerando la descripción, registro, análisis e interpretación de los datos recolectados en campo. [5]

Modalidad de la investigación

En la modalidad de la investigación se basa en el diseño de un modelo matemático que involucre la gestión laboral en la CFT, incluyendo para el estudio el nivel de riesgo mediante la identificación y evaluación del riesgo ergonómico, además la CFT depende de otro tipo de variables demográficas y fisiológicas. Para el modelo matemático se establece una ecuación de regresión lineal múltiple, por ende, se utiliza estadística descriptiva e inferencial. [5]

Muestra

La cantidad de instituciones educativas establecidos en la población es un valor alto y acceder a la información de las instituciones resulta un proceso riguroso debido a la tramitología, además, se necesitaría de mayor cantidad de recursos humanos y económicos para cubrir el análisis si se utilizara algún tipo de muestreo

probabilístico, por lo tanto, se consideró que las actividades del personal docente es la misma en todas las unidades educativas, debido a que se rigen a la LOEI [3] y su reglamento, de tal manera, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional [9], seleccionando a tres unidades educativas con un total de 106 docentes, 67 hombres y 39 mujeres.

Técnicas de recolección de datos

Como primera técnica utilizada en el trabajo de investigación es la observación, específicamente para determinar la capacidad física del trabajo mediante el consumo máximo de oxígeno donde cada uno de los docentes son sometidos a prueba de esfuerzo de baja intensidad [6], por tal razón, la observación juega un papel muy importante para la recolección de datos indispensables para el diseño del modelo matemático. Además, se definió la modalidad de una observación participante debido a que el autor del trabajo de investigación forma parte de la muestra seleccionada como docente. La segunda técnica utilizada en el trabajo de investigación es la encuesta, aplicada de igual manera al personal docente en lo referente a la gestión laboral mediante los estándares de gestión escolar y desempeño profesional directivo y docente, adaptadas a una encuesta con escala de Likert con la finalidad de verificar la aceptación o rechazo de las responsabilidades y obligaciones establecidas en la normativa legal en la educación media. [5]

Instrumentos de recolección de datos

Para el diseño del modelo matemático y según las variables establecidas en el trabajo de investigación, los instrumentos utilizados se detallan a continuación:

Ficha de observación del método ROSA

Esta ficha de observación se aplicó al personal docente con la finalidad de conocer el nivel de riesgo que se origina en las actividades de docencia en la jornada de trabajo y que ingresó en el análisis del modelo matemático.

Cuestionario de gestión laboral educativa

Este cuestionario de gestión laboral educativa de igual manera se aplicó al personal docente para verificar si los estándares de gestión escolar y desempeño profesional directivo y docente son las adecuadas para la educación media, cabe aclarar que el cuestionario fue adaptado según sus dimensiones y componentes establecidas por el Ministerio de Educación.

Equipo vívosmart 4

Este equipo fue aplicado al personal docente al momento de someterse cada uno de ellos a una prueba de esfuerzo de baja intensidad para conocer el consumo de oxígeno, y a su vez los valores obtenidos fueron analizados para formar parte del modelo matemáticos.



Fig.1: Equipo vívosmart 4.

Proceso para el modelo matemático

Debido a que las características físicas y fisiológicas de los hombres y mujeres son diferentes se estableció dos grupos para realizar la medición del VO_2 máx., y determinar la CFT, por lo tanto, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se determinó la frecuencia cardíaca máxima ($F_{cmáx.}$), utilizando la fórmula estándar establecida por Fox y Haskell.

$$F_{cmáx.} = 220 - \text{Edad} \quad (3)$$

- Se realizó la evaluación del riesgo ergonómico para trabajos en oficinas que está expuesto el personal docente, mediante la aplicación del método ROSA [7]. Cabe aclarar que realizar trabajos estáticos afecta a la salud del personal docente, por lo tanto, se genera una vida sedentaria que afecta de una u otra manera las características físicas y fisiológicas, específicamente la $F_{cmáx.}$, que se considera como un parámetro principal para determinar la

CFT, ambas alteradas por la gestión educativa (GE).

- Una vez obtenido el puntaje de la evaluación mediante el método ROSA, se estableció el índice de incidencia del riesgo (IIR) de dicho puntaje, mediante la relación del valor obtenido (VOB) y el valor máximo (Vmáx.).

$$IIR = \frac{VOB}{Vmáx.} \quad (4)$$

Nota: El V máx. según el método ROSA para determinar el nivel de riesgo ergonómico para trabajo en oficinas es de 10 puntos.

- Mediante la aplicación del cuestionario (16 preguntas), donde se obtuvo el puntaje de gestión educativa (PGE) del personal docente, cabe aclarar que las preguntas fueron elaboradas mediante una escala de Likert y para obtener el puntaje final se aplicó el promedio o media aritmética.

$$PGE = \frac{\sum_{n=1}^{16} PPn}{16} \quad (5)$$

Donde:

PPn es el puntaje obtenido a una pregunta específica (n varía de 1 a 16).

Nota: Si los valores del PGE son menor a 2,5 se entiende que el personal docente no está realizando las actividades de manera adecuada, por lo tanto, se consideró que el PGE no debe ser menor a 2,5 para el diseño del modelo matemático.

- Una vez obtenido el PGE, se determinó el índice de incidencia de la gestión educativa (IIGE) del personal docente, mediante la relación del VOB y el V máx.

$$IIGE = \frac{VOB}{Vmáx.} \quad (6)$$

Nota: El V máx. según el cuestionario de GE para cada pregunta o ítem es de 5 puntos.

- Se debe mencionar que el IIR y el IIGE modifican la Fcmáx., y por lo general los valores de este último parámetro tienden a disminuir, pero es alcanzada en menor tiempo al momento de realizar cualquier actividad física por parte del personal docente. Además, es importante considerar algún tipo de enfermedad o patología debido a que influye directamente en las características físicas y fisiológicas de la persona.
- Una vez obtenido el IIR y el IIGE, cada uno se multiplicó por la Fcmáx. obtenida con la aplicación de la ecuación 6, por lo tanto, se encontró 2 valores de Fcmáx. modificada, con dichos valores se obtuvo un promedio para establecer una Fcmáx. final. El proceso mencionado se lo realizó para todo el personal docente.

$$Fcmáx.\text{final} = \frac{(Fcmáx.)(IIR)+(Fcmáx.)(IIGE)}{2} \quad (7)$$

- El proceso para encontrar el Vo_2 máx. se lo realizó con el dispositivo vívosmart 4, ubicando el reloj en la muñeca izquierda, cabe mencionar que el dispositivo tiene la alternativa de establecer el Vo_2 máx. mediante la actividad de caminar y correr, pero con la finalidad de cuidar la integridad física y que exista la participación de todo el personal docente se seleccionó la actividad de caminata. El dispositivo analiza el Vo_2 máx. del individuo en un intervalo de 10 a 30 minutos y mediante la vibración del reloj manifiesta cuál es el resultado del Vo_2 máx., dando por finalizada la actividad.
- La caminata se lo realizó alrededor de la cancha central de la institución, cada persona tuvo que llevar el control de la Fcmáx. final mediante la observación del reloj de manera constante.
- Para determinar la CFT mediante el Vo_2 máx. se tomó en consideración la Fcmáx. final y la edad con la finalidad de establecer medidas preventivas, es decir detener el proceso cuando el personal docente alcance la Fcmáx. final.

3. RESULTADOS

Una vez aplicado el cuestionario de GE para obtener IIGE; el método ROSA para conocer el IIR; la Fcmáx. mediante la ecuación 6 y el equipo vívosmart 4 para el Vo_2 máx., aclarando que las actividades realizadas por el personal docente en la institución educativa afectan a las características fisiológicas de las mismas debido a la poca actividad física que se realiza dentro y fuera de la institución por cumplir con las obligaciones establecidas en la LOEI [3], por lo tanto, los resultados obtenidos en el estudio se detallan a continuación:

Tabla 1. Dados obtenidos del cuestionario, método ROSA, equipo vívosmart y ecuaciones establecidas para hombres

Edad	Fcmáx.	Vo2 máx.	NR	IIR	PGE	IIGE	Fcmáx. * IIR	Fcmáx. * IIGE	Fcmáx. final
27	193	50	7	0,7	4,13	0,83	135	159	147
40	180	44	6	0,6	4,00	0,80	108	144	126
40	180	43	6	0,6	4,56	0,91	108	164	136
46	174	42	7	0,7	4,13	0,83	122	144	133
26	194	48	8	0,8	3,50	0,70	155	136	146
61	159	37	6	0,6	4,00	0,80	95	127	111
32	188	47	8	0,8	4,31	0,86	150	162	156
56	164	39	6	0,6	4,13	0,83	98	135	117
40	180	44	6	0,6	4,56	0,91	108	164	136
32	188	46	7	0,7	4,25	0,85	132	160	146
28	192	50	6	0,6	4,00	0,80	115	154	134
54	166	37	7	0,7	4,13	0,83	116	137	127
34	186	51	6	0,6	4,00	0,80	112	149	130
43	177	42	6	0,6	4,81	0,96	106	170	138
26	194	54	6	0,6	4,00	0,80	116	155	136
50	170	39	6	0,6	5,00	1,00	102	170	136
31	189	48	6	0,6	5,00	1,00	113	189	151
59	161	37	6	0,6	4,13	0,83	97	133	115
25	195	50	7	0,7	4,13	0,83	137	161	149
38	182	43	7	0,7	4,44	0,89	127	162	144
52	168	38	8	0,8	4,31	0,86	134	145	140
40	180	43	7	0,7	4,44	0,89	126	160	143
52	168	39	8	0,8	3,50	0,70	134	118	126
38	182	44	6	0,6	5,00	1,00	109	182	146
42	178	45	6	0,6	4,00	0,80	107	142	125
40	180	44	7	0,7	4,44	0,89	126	160	143
42	178	45	6	0,6	4,00	0,80	107	142	125
30	190	48	6	0,6	4,44	0,89	114	169	141
29	191	45	7	0,7	4,25	0,85	134	162	148
56	164	41	6	0,6	4,00	0,80	98	131	115
62	158	37	5	0,5	4,19	0,84	79	132	106
36	184	50	5	0,5	4,19	0,84	92	154	123
40	180	45	6	0,6	4,13	0,83	108	149	128
53	167	39	6	0,6	4,44	0,89	100	148	124
25	195	49	6	0,6	4,81	0,96	117	188	152
42	178	43	6	0,6	4,81	0,96	107	171	139
28	192	48	7	0,7	4,25	0,85	134	163	149
27	193	49	8	0,8	3,50	0,70	154	135	145
35	185	46	8	0,8	4,31	0,86	148	160	154
52	168	42	8	0,8	3,50	0,70	134	118	126
48	172	44	5	0,5	4,19	0,84	86	144	115
30	190	49	6	0,6	4,13	0,83	114	157	135
59	161	35	6	0,6	4,00	0,80	97	129	113
42	178	42	6	0,6	4,81	0,96	107	171	139
42	178	42	7	0,7	4,44	0,89	125	158	141
27	193	50	6	0,6	4,00	0,80	116	154	135
41	179	44	6	0,6	4,56	0,91	107	163	135

40	180	44	6	0,6	4,00	0,80	108	144	126
36	184	47	6	0,6	5,00	1,00	110	184	147
26	194	47	8	0,8	4,31	0,86	155	167	161
62	158	35	6	0,6	4,13	0,83	95	130	113
60	160	36	6	0,6	4,44	0,89	96	142	119
30	190	48	6	0,6	4,44	0,89	114	169	141
39	181	42	6	0,6	4,56	0,91	109	165	137
27	193	50	6	0,6	4,00	0,80	116	154	135
29	191	48	6	0,6	4,00	0,80	115	153	134
57	163	38	5	0,5	4,19	0,84	82	137	109
46	174	42	6	0,6	4,56	0,91	104	159	132
31	189	46	6	0,6	5,00	1,00	113	189	151
38	182	44	6	0,6	4,00	0,80	109	146	127
26	194	47	8	0,8	4,31	0,86	155	167	161
34	186	46	6	0,6	4,44	0,89	112	165	138
46	174	42	7	0,7	4,25	0,85	122	148	135
58	162	35	7	0,7	4,44	0,89	113	144	129
51	169	41	8	0,8	3,50	0,70	135	118	127
33	187	44	7	0,7	4,13	0,83	131	154	143
50	170	42	5	0,5	4,19	0,84	85	142	114

Nota: El Vo_2 máx. se obtuvo del equipo vívosmart 4; NR del método ROSA; la edad del cuestionario; Fcmáx., IIR, PGE, IIGE y Fcmáx. final de las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

En la tabla 1, se puede observar el resumen de los datos obtenidos en el estudio de campo realizado a los hombres del personal docente con una muestra de 67 personas, donde los valores del Vo_2 máx., Fcmáx. final y la edad ingresaron al modelo matemático.

Tabla 2. Dados obtenidos del cuestionario, método ROSA, equipo vívosmart y ecuaciones establecidas para mujeres.

Edad	Fcmáx.	Vo2 máx.	NR	IIR	PGE	IIGE	Fcmáx. * IIR	Fcmáx. * IIGE	Fcmáx. final
59	161	26	7	0,7	4,44	0,89	113	143	128
50	170	35	6	0,6	4,38	0,88	102	149	125
32	188	42	6	0,6	4,38	0,88	113	165	139
35	185	39	7	0,7	4,38	0,88	130	162	146
26	194	43	7	0,7	3,75	0,75	136	146	141
47	173	32	8	0,8	4,88	0,98	138	169	154
31	189	37	6	0,6	4,19	0,84	113	158	136
26	194	43	7	0,7	3,69	0,74	136	143	139
49	171	33	6	0,6	4,19	0,84	103	143	123
45	175	36	7	0,7	4,38	0,88	123	153	138
34	186	38	8	0,8	4,50	0,90	149	167	158
52	168	31	8	0,8	4,38	0,88	134	147	141
38	182	34	7	0,7	4,38	0,88	127	159	143
59	161	28	7	0,7	3,69	0,74	113	119	116
56	164	32	7	0,7	3,69	0,74	115	121	118
40	180	37	6	0,6	4,31	0,86	108	155	132
29	191	40	6	0,6	4,00	0,80	115	153	134
51	169	29	8	0,8	4,88	0,98	135	165	150
39	181	35	8	0,8	4,13	0,83	145	149	147
38	182	34	8	0,8	4,13	0,83	146	150	148
42	178	32	8	0,8	4,50	0,90	142	160	151
25	195	40	8	0,8	4,44	0,89	156	173	165
39	181	36	7	0,7	4,44	0,89	127	161	144
29	191	40	6	0,6	4,25	0,85	115	162	138
32	188	36	6	0,6	4,38	0,88	113	165	139
42	178	32	6	0,6	4,00	0,80	107	142	125
29	191	37	7	0,7	3,69	0,74	134	141	137
30	190	37	8	0,8	4,38	0,88	152	166	159
26	194	39	6	0,6	4,38	0,88	116	170	143
56	164	28	7	0,7	3,69	0,74	115	121	118
51	169	29	7	0,7	4,38	0,88	118	148	133
47	173	30	6	0,6	4,31	0,86	104	149	127
44	176	31	7	0,7	4,19	0,84	123	147	135

51	169	29	8	0,8	4,44	0,89	135	150	143
62	158	25	6	0,6	4,25	0,85	95	134	115
36	184	39	7	0,7	3,69	0,74	129	136	132
28	192	39	7	0,7	4,19	0,84	134	161	148
50	170	30	7	0,7	3,69	0,74	119	125	122
52	168	29	7	0,7	3,75	0,75	118	126	122

Nota: El Vo_2 máx. se obtuvo del equipo vívosmart 4; NR del método ROSA; la edad del cuestionario; Fcmáx., IIR, PGE, IIGE y Fcmáx. final de las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

En la tabla 2, se puede observar el resumen de los datos obtenidos en el estudio de campo realizado a las mujeres del personal docente con una muestra de 39 personas, donde los valores del Vo_2 máx., Fcmáx. final y la edad ingresaron al modelo matemático.

Tabla 3. CFT mediante el Vo_2 máx. para hombres

Edad	Vo ₂ máx.					
	25	35	45	55	65	75
CFT						
Excelente	> 66	> 62	> 58	> 54	> 51	> 47
Muy bueno	57-66	53-62	49-58	45-54	42-51	38-47
Bueno	52-56	48-52	44-48	40-44	37-41	33-37
Normal	49	45	41	37	34	30
Regular	43-47	39-43	35-39	31-35	28-32	24-28
Pobre	33-42	29-38	25-34	21-30	18-27	14-23
Muy pobre	< 33	< 29	< 25	< 21	< 18	< 14

En la tabla 3, se puede observar el Vo_2 máx. en función de la edad, se puede utilizar la tabla establecida por Myers, Kaminsky, & Lima (2017) siempre y cuando el análisis sea específicamente para hombres, en este caso se realizó una adaptación con la CFT debido a que el Vo_2 máx. es una forma para determinar dicha variable, por lo tanto, mediante el Vo_2 máx. y la edad se verificó en qué nivel de CFT se encuentran. [8]

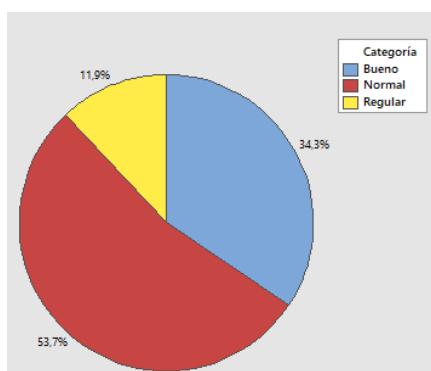


Fig.2: Gráfica circular; porcentaje de la CFT para hombres. [10]

Nota: Categoría significa el nivel de CFT; excelente, muy bueno, bueno, normal, regular, pobre y muy pobre.

En la figura 2, para una muestra de 67 personas en lo referente a los hombres del personal docente, se obtuvo que el 34,3% tiene una CFT buena, el 53,7% normal y el 11,9% regular, tomando como referencia los resultados obtenidos en la tabla 3.

Tabla 4. CFT mediante el Vo_2 máx. para mujeres

Edad	Vo ₂ máx.					
	25	35	45	55	65	75
CFT						
Excelente	> 55	> 51	> 47	> 44	> 40	> 37
Muy bueno	46-55	42-51	38-47	35-44	31-40	28-37
Bueno	41-45	37-41	33-37	30-34	26-30	23-27
Normal	38	34	30	27	23	19
Regular	32-36	28-32	24-29	22-25	18-21	15-17
Pobre	27-31	23-27	19-23	17-21	14-17	13-14
Muy pobre	< 27	< 23	< 19	< 17	< 14	< 13

En la tabla 4, se puede observar el Vo_2 máx. en función de la edad, se puede utilizar la tabla establecida por Myers, Kaminsky, & Lima (2017) siempre y cuando el análisis sea específicamente para mujeres, en este caso se realizó una adaptación con la CFT debido a que el Vo_2 máx. es una forma para determinar dicha variable, por lo tanto, mediante el Vo_2 máx. y la edad se verificó en qué nivel de CFT se encuentran. [8]

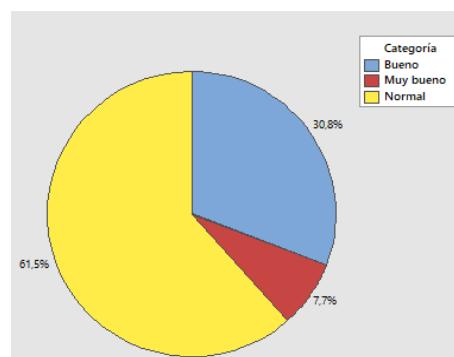


Fig.3: Gráfica circular; porcentaje de la CFT para mujeres. [10]

Nota: Categoría significa el nivel de CFT; excelente, muy bueno, bueno, normal, regular, pobre y muy pobre.

En la figura 3, para una muestra de 39 personas en lo referente a las mujeres del personal docente, se obtuvo que el 7,7% tiene una CFT muy buena, el 30,8% buena y el 61,5% normal, tomando como referencia los resultados obtenidos en la tabla 4.

Prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov y Ryan-Joiner

Para cumplir los criterios de la estadística inferencial y a su vez establecer si los datos son paramétricos o no paramétricos [9], se utilizó el software estadístico Minitab 18 con la finalidad de que el proceso minimice los tiempos en los cálculos matemáticos, por lo tanto, los resultados obtenidos se detallan a continuación:

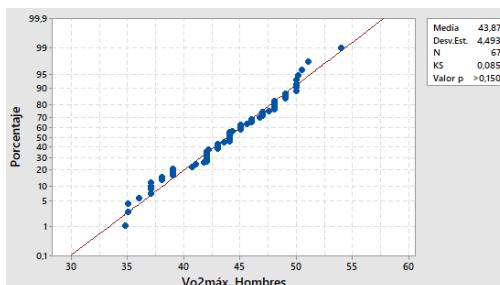


Fig.4: Gráfica de probabilidad de Vo_2 máx. Hombres. [10]

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; KS es la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov y p es la probabilidad de error.

En la figura 4, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al Vo_2 máx. para hombres del personal docente cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es mayor de 0,15, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, los datos tienden a juntarse en la recta establecida. Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de $43,87 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ con una dispersión de los datos de $4,493 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Kolmogorov Smirnov para la normalidad es de 0,085.

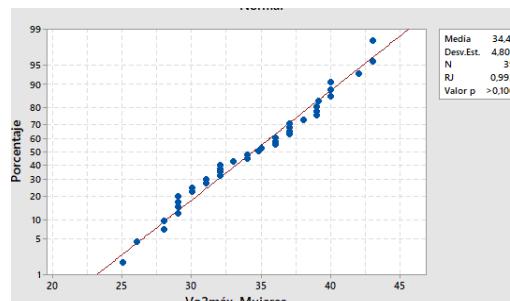


Fig.5: Gráfica de probabilidad de Vo_2 máx. Hombres. [10]

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; RJ es la prueba de normalidad de Ryan-Joiner y p es la probabilidad de error.

En la figura 5, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al Vo_2 máx. para mujeres del personal docente cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es mayor de 0,1, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, los datos tienden a juntarse en la recta establecida. Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de $34,41 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ con una dispersión de los datos de $4,807 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Ryan-Joiner para la normalidad es de 0,993.

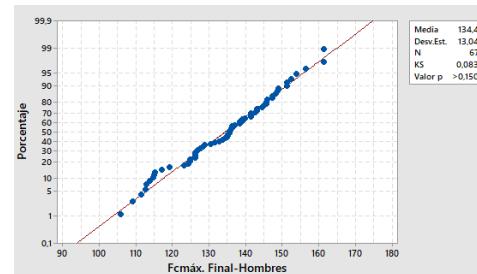


Fig.6: Gráfica de probabilidad de Fcmáx. Final-Hombres. [10]

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; KS es la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov y p es la probabilidad de error.

En la figura 6, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente a la Fcmáx. final para hombres del personal docente cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es mayor de 0,15, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, los datos tienden a juntarse en la recta establecida. Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de $134,4 \text{ lat/min}$ con una dispersión de los datos de $13,04 \text{ lat/min}$ y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Kolmogorov Smirnov para la normalidad es de 0,083.

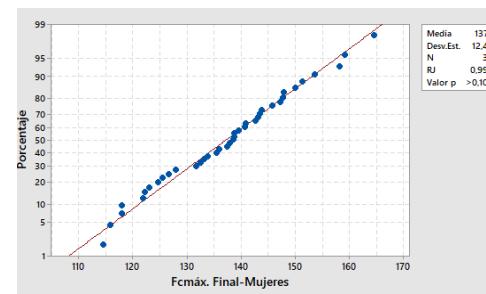


Fig.7: Gráfica de probabilidad de Fcmáx. Final-mujeres. [10]

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; RJ es la prueba de normalidad de Ryan-Joiner y p es la probabilidad de error.

En la figura 7, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente a la Fcmáx. final para mujeres del personal docente cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es mayor de 0,1, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, los datos tienden a juntarse en la recta establecida. Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de 137,1 lat/min con una dispersión de los datos de 12,40 lat/min y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Ryan-Joiner para la normalidad es de 0,994.

Prueba de homogeneidad de Levene

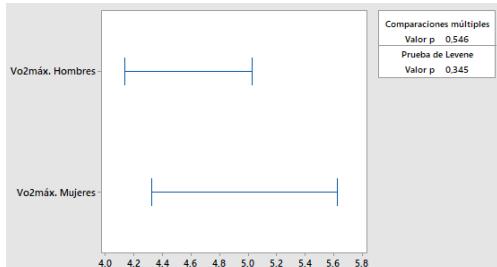


Fig.8: Prueba de igualdad de varianzas-Levene; Vo₂ máx. [10]

Nota: Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar; p es la probabilidad de error.

En la figura 8, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al Vo₂ máx. para hombres y mujeres del personal docente cumplen con el criterio de homogeneidad debido a que el p valor es de 0,345, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, las varianzas de los dos grupos establecidos son iguales.

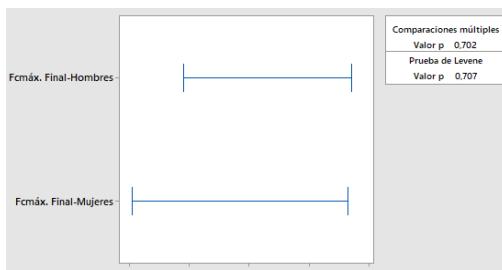


Fig.9: Prueba de igualdad de varianzas-Levene; Fcmáx. final. [10]

Nota: Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar; p es la probabilidad de error.

En la figura 9, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente a la Fcmáx. final para hombres y mujeres del personal docente cumplen con el criterio de homogeneidad debido a que el p

valor es de 0,707, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, las varianzas de los dos grupos establecidos son iguales.

Tabla 5. Análisis de los coeficientes del modelo matemático 1 – hombres [10]

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	81,70	3,64	22,45	0,00	
Fcmáx. Final	-0,131	0,020	-6,32	0,00	2,70
Edad	-0,496	0,024	-20,35	0,00	2,70

En la tabla 5, se puede observar que el signo del coeficiente para la Fcmáx. Final y la edad son negativas, por lo tanto, existe una proporcionalidad inversa con el Vo₂ máx., además el p valor de la constante, Fcmáx. Final y la edad está por debajo de 0,05, es decir que dichas variables predicen el Vo₂ máx., cabe aclarar que se consideró a 67 hombres que forman parte del personal docente como muestra. Mediante la interpretación realizada se rechaza H_0 y se acepta la H_1 .

Tabla 6. Análisis de la regresión lineal múltiple – hombres [10]

S	R ²	R ² (ajustado)	R ² (predictivo)
1,3427	91,34%	91,07%	90,46%

Nota: S es el error estándar de la regresión; y R² es el coeficiente de determinación múltiple.

Fuente: Minitab 18, Ryan (1972)

En la tabla 6, se puede observar que el valor de S es muy pequeño 1,3427, por lo tanto, los datos obtenidos se ajustan a la línea de regresión y se complementa con el valor de R² de 91,34% que se acerca al 100%, es decir que el modelo matemático tiene validez. [8]

$$\text{Vo2máx. hombres} = 81,70 - 0,1316 \text{ Fcmáx. Final} - 0,4966 \text{ Edad} \quad (8)$$

Tabla 7. Análisis de los coeficientes del modelo matemático 1 – mujeres [10]

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	59,15	5,46	10,84	0,00	

Fcmáx.	-0,048	0,032	-1,50	0,14	1,62
Final					
Edad	-0,440	0,036	-12,03	0,00	1,62

En la tabla 7, se puede observar que los signos de los coeficientes para la Fcmáx. Final y la edad son negativas, existiendo una proporcionalidad inversa con el VO_2 máx., además el p valor de la constante y la edad está por debajo de 0,05, es decir que dichas variables predicen el VO_2 máx., pero el p valor de la Fcmáx. Final está sobre los 0,05, lo que significa que esta variable no predice el VO_2 máx., cabe aclarar que se consideró a 39 mujeres que forman parte del personal docente como muestra. Mediante la interpretación realizada se acepta H_0 debido a que el p valor de la Fcmáx. Final no es menor a 0,05.

Tabla 8. Análisis de la regresión lineal múltiple – mujeres [10]

S	R ²	R ² (ajustado)	R ² (predictivo)
1,9223	84,85%	84,01%	82,69%

Nota: S es el error estándar de la regresión; y R² es el coeficiente de determinación múltiple.

Fuente: Minitab 18, Ryan (1972)

En la tabla 8, se puede observar que el valor de S es muy pequeño 1,9223, por lo tanto, los datos obtenidos se ajustan a la línea de regresión y se complementa con el valor de R² de 84,85% que se acerca al 100%, es decir que el modelo matemático tiene validez. [8]

$$VO_2\text{máx. mujeres} = 59,15 - 0,0481 Fcmáx.\text{Final} - 0,4405 \text{ Edad} \quad (9)$$

Nota: Debido a que la muestra para las mujeres es muy pequeña, el p valor de la Fcmáx. Final está sobre los 0,05, entonces para no eliminar dicha variable es necesario incrementar la muestra de manera equitativa y por lo tanto el p valor se reajusta.

4. DISCUSIÓN

En la presente investigación se considera 2 modelos matemáticos que sirven como ejemplos para poder analizar y comparar con los modelos diseñados, los tests de Rockport y de George Fisher establecidos en las ecuaciones 1 y 2, realiza

un análisis multivariable para determinar el consumo máximo de oxígeno VO_2 máx., los tests mencionados anteriormente tienen una alta confiabilidad de $r = 0,93$ y $r = 0,86$ respectivamente mediante la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson obtenido en un estudio comparativo con otros tests para predecir el VO_2 máx., cabe mencionar que para la validación de los modelos utilizaron ergoespirometría en el laboratorio. [4]

Los modelos matemáticos diseñados en la presente investigación con el uso de herramientas estadísticas como método indirecto ayudan a predecir el VO_2 máx., cabe aclarar que no se ha utilizado un análisis en el laboratorio mediante la ergoespirometría debido a los altos costos que se generan al utilizar equipos sofisticados, pero en reemplazo, se utiliza el equipo vívosmart 4, que es considerado para fines deportivos y recreativos, y no para tratamientos en el ámbito de la salud [11], pero ayuda a medir las variables de estudio y obtener valores con una tolerancia que se asemejen a los valores reales, además el equipo mencionado está diseñado para determinar el VO_2 máx. bajo el criterio del test de Cooper, utilizado como método indirecto para determinar la CFT, donde la ecuación matemática para los hombres tiene una validez del 91,34% y para las mujeres de 84,85% [10] obtenidos mediante el coeficiente de determinación múltiple.

La importancia de los modelos matemáticos diseñados en la investigación es considerar al género como una variable que debe ser analizada de manera independiente, debido a que las condiciones físicas, fisiológicas y biométricas son totalmente diferentes en hombres y mujeres, lo que no considera los modelos matemáticos de Rockport y de George Fisher que involucra en una sola ecuación al género.

Lo relevante de los modelos matemáticos diseñados, es considerar a la gestión laboral en los procesos educativos como una variable que afecta a las condiciones fisiológicas de los docentes, esto se debe a las obligaciones que se debe cumplir a cabalidad y que se encuentran establecidos en la LOEI y su reglamento, por tal razón las variables analizadas como la Fcmáx. y el VO_2 máx. son alteradas por la propia gestión docente y que en el transcurso del tiempo puede generar enfermedades profesionales.

Una de las alternativas para mejorar los modelos matemáticos diseñados en la investigación, es utilizar la ergoespirometría en el laboratorio, y establecer una correlación entre los resultados obtenidos de las ecuaciones y de la ergoespirometría, por lo tanto, es importante realizar convenios con laboratorios que realicen este tipo de pruebas para determinar el VO_2 máx y conocer el estado de salud de los docentes, además de tomar acciones preventivas y perfeccionar los modelos matemáticos diseñados.

5. CONCLUSIÓN

La CFT del personal docente obtenida mediante la edad y la medición directa del VO_2 máx, utilizando el equipo vívosmart 4, se determinó que para los hombres el 34,3%, 53,7% y el 11,9% tienen una CFT buena, normal y regular respectivamente, mientras que las mujeres el 7,7%, 30,8% y el 61,5% tiene una CFT muy buena, buena y normal respectivamente, esta variación se debe al trabajo estático que realizan los trabajadores dentro y fuera de la unidad educativa.

Se diseñó 2 modelos matemáticos para determinar el VO_2 máx. en función de la $Fcmáx$. y la edad, tanto para hombres como mujeres, donde se analizó cada una de las variables mediante un proceso estadístico riguroso para la validación de las mismas, utilizando el coeficiente de determinación múltiple donde se obtuvo un $R^2 = 91,34\%$ y $R^2 = 84,85\%$ respectivamente.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecer a los docentes que de forma libre y voluntaria formaron parte del proceso de investigación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Gómez Rosas, M., Camargo Bravo, A., & García Jiménez, M. (30 de Abril de 2016). Revista Médica Electrónica Portales Médicos. Obtenido de Revista Médica Electrónica Portales Médicos: <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/estilo-vida-problemas-salud-docentes-universitarios/>

[2] Gaibor, B., & Romero, W. (2018). La práctica

docente, una mirada desde la ergonomía. 2(14), 129–144.

[3] LOEI, L. O. de E. I. (2011). Ley Organica De Educacion Intercultural. Boletín Oficial Del Estado, 1–71.

[4] García García, A. M., & Ramos Bermúdez, S. (2015). Calidad científica de las pruebas de campo para el cálculo del $VO2max$. Revisión sistemática. *Rev Cienc Salud*, 14.

[5] Lucio, P. B., Collado, C. F., & Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL.

[6] Mondelo, P. R., Torada, E. G., & Bombardó, P. B. (2010). *Ergonomía 1: Fundamentos*. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=nqipsDjjsekC&pgis=1>

[7] Diego-Mas, J. A. (2019). *Ergonautas; Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Ergonautas; Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rosa/rosa-ayuda.php>

[8] Myers, J., Kaminsky, L., & Lima, J. (Junio de 2017). Una ecuación de referencia para los estándares normales para el VO_2 máx.: análisis del registro de estado físico y la importancia de la base de datos nacional de ejercicios. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.002>

[9] Ayestarán-Aldaz, A., García-Ros, D., Sánchez-Tainta, A., Rodríguez-Mourille, A., Zulueta, J., & Fernández-Montero, A. (2017). Impacto de la capacidad física sobre la calidad de vida en un ámbito laboral. *Revista de La Asociación Española de Especialistas En Medicina Del Trabajo*, 87(1), 247–256.

[10] Minitab 18 Statistical Software (2017). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)

[11] Garmin. (2018). *Garmin, Manual del usuario*. Obtenido de Garmin, Manual del usuario.: www.garmin.com



**ESTUDIO SOBRE LA CANTIDAD DE INTERACCIONES
DE DESBLOQUEO DEL DISPOSITIVO MÓVIL COMO HERRAMIENTA
TECNOLÓGICA EN JÓVENES SEGÚN SU GÉNERO**

**STUDY ON THE NUMBER OF INTERACTIONS
OF UNLOCKING THE MOBILE DEVICE AS A TECHNOLOGICAL TOOL
IN YOUNG PEOPLE ACCORDING TO THEIR GENDER.**

ESTUDIO SOBRE LA CANTIDAD DE INTERACCIONES DE DESBLOQUEO DEL DISPOSITIVO MÓVIL COMO HERRAMIENTA TECNOLÓGICA EN JÓVENES SEGÚN SU GÉNERO

STUDY ON THE NUMBER OF INTERACTIONS OF UNLOCKING THE MOBILE DEVICE AS A TECHNOLOGICAL TOOL IN YOUNG PEOPLE ACCORDING TO THEIR GENDER.

Mendoza Rodríguez José Fernando¹
Salazar Andrade Andrés Eduardo²

¹ Unidad Educativa “PCEI Tungurahua”, Ecuador, mendo-10@hotmail.com

² Unidad Educativa “CRUZ DEL SUR”, Ecuador, andreuspd0909@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad analizar un estudio sobre la cantidad de interacciones de desbloqueos del dispositivo móvil como herramienta tecnológica en jóvenes de 16 a 18 años de edad según su género, la metodología utilizada para el análisis de la problemática fue de campo a través de un enfoque cuantitativo, no experimental, con un nivel de investigación descriptivo longitudinal mediante una muestra de 28 jóvenes (14 hombres y 14 mujeres), los instrumentos utilizados para el conteo de las interacciones de desbloqueos del dispositivo móvil fue dos aplicaciones (Look Counter para sistema Android y RealizD-screen time tracker para iOS), en el análisis de los datos contados se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad para determinar el tipo de estadística a trabajar, siendo esta no paramétrica y obteniendo como resultado mediante la prueba de U de Mann-Whitney el rechazo de la hipótesis nula y aceptando la de investigación, debido que el p valor es menor a 0,05 con una confiabilidad de 95,44%, estableciendo que si existe diferencia en la cantidad de interacciones de desbloqueos de un dispositivo móvil como herramienta tecnológica según el género de los mismos provocando afectaciones en la calidad de vida desarrollando adicciones de gran impacto, poca comunicación social física y en algunos casos hasta malestares físicos

Palabras clave: Dispositivo móvil, Desbloqueo del móvil, Herramienta tecnológica, Estadística, Género.

ABSTRACT

The present research work had the purpose of analyzing a study on the amount of interactions of unlocking the mobile device as a technological tool in young people from 16 to 18 years of age according to their gender, the methodology used for the analysis of the problem was field through a quantitative approach, non-experimental, with a longitudinal descriptive level of research using a sample of 28 young people (14 men and 14 women), the instruments used to count the interactions of unlocking the mobile device were two applications (Look Counter for Android system and RealizD-screen time tracker for iOS), in the analysis of the counted data, the normality and homogeneity test was performed to determine the type of statistics to work, being this non-parametric and obtaining as a result through the Mann-Whitney U test the rejection of the null hypothesis and accepting the research hypothesis, because the p-value is less than 0.05 with a reliability of 95, 44%, establishing that there is a difference in the amount of interactions of unlocking a mobile device as a technological tool according to the gender of the same causing affectations in the quality of life developing high impact addictions, little physical social communication and in some cases even physical discomfort.

Keywords: Mobile device, Mobile unlocking, Technology tool, Statistics, Gender.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad el estudio de la cantidad de interacciones de desbloqueos de un dispositivo móvil (permite el manejo libre del móvil) como herramienta tecnológica en jóvenes entre 16 a 18 años según su género, basándose que en la actualidad la juventud ha tomado un rol protagonista en el uso de dispositivos electrónicos a través del avance paulatino de la tecnología.

Por otro lado, el crecimiento exponencial que el uso de la telefonía móvil ha desarrollado en los últimos tiempos con una tasa de penetración del 100%, hace que esta se haya convertido en un objeto social dominante y personal. [1]

Por tanto, parece evidente que tanto Internet como la telefonía móvil son actualmente pilares básicos en la revolución social que los jóvenes están llevando a cabo con el empleo de estas tecnologías. Elementos de la Red como el anonimato, la sincronía, la socialización y el sentirse miembro de una comunidad, la creación de su propia identidad digital y del móvil, como la posibilidad de estar en permanente contacto, posibilidad de socialización, aumento de la autonomía, mejora en la gestión del tiempo y la información, hacen que el binomio Internet y telefonía móvil sea enormemente atractivo para los adolescentes. [2]

En la actualidad el uso de la tecnología de la información y comunicación tiene un rol protagonista en la comunidad educativa de nivel medio por la facilidad del manejo de la información a través de equipos electrónicos como los dispositivos móviles generando cambios importantes en la calidad de vida en los jóvenes, pero en algunos casos el exceso del manejo han afectado a sus consumidores de forma radical ocasionando adicción y ansiedad a la misma. [3]

Con tal trabajo se desarrolla una investigación científica y tecnología acerca de la imposición que hoy en día conlleva la interacción del celular en el ser humano y con el pasar del tiempo pueda afectar en gran porcentaje el diario vivir de la gente desarrollando adicciones de gran impacto, poca comunicación social física y en algunos casos hasta malestares físicos como dolor del cuello y cabeza, inflamaciones cortas en los dedos de las manos, entre otras.

Hipótesis nula y de investigación

H_0 : No existe diferencia en la cantidad de desbloqueos de un dispositivo móvil según el género de un joven de 16 a 18 años.

H_1 : Existe diferencia en la cantidad de desbloqueos de un dispositivo móvil según el género de los jóvenes de 16 a 18 años.

Nota: Las hipótesis se determinaron por grupos de jóvenes entre 16 a 18 años, divididos según su género.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La metodología de estudio a través de las variables analizar y el objetivo del tema a tratar, se determina un enfoque cuantitativo por el uso de instrumentos de medida con escala numérica, mediante el uso de procesos estadísticos y la aplicación de modelos matemáticos fundamentando una investigación científica con una conclusión de racionalismo.

Paradigma

El paradigma desarrollado para este tema de estudio debido a una determinación metodológica real y precisa es el “positivismo” por la investigación científica que interviene en la misma mediante la aceptación del empirismo analizando conclusiones como principio fundamental del tema.

Método

El método de trabajo a seguir es el científico debido a la contemplación del paradigma de positivismo en los conocimientos adquiridos mediante fundamentos teóricos y la toma de datos realizada en la medición de las variables.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de forma no experimental, ya que no se puede controlar o manipular las variables a trabajar, ya que cada toma de datos se encuentra establecida en un contexto real y directamente desarrollada a su análisis estadístico.

Tipo de investigación

La investigación a realizar es de campo y descriptiva, esto se da por la recolección de datos a través de una medición cuantitativa donde interviene directamente el ser humano en la manipulación de la misma, analizando, describiendo y dando a conocer una conclusión de racionalismo acerca del análisis de sus variables.

Nivel de investigación

El nivel de estudio para la investigación es de carácter descriptivo longitudinal, debido a la interpretación directa y real de las variables a estudiar, a través de la descripción, toma y registro, análisis e interpretación de los datos recolectados a través del tipo de investigación desarrollada.

Muestra

Para realizar la investigación se trabajó con un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando jóvenes de la edad de 16 a 18 años de dos unidades educativas (Unidad Educativa "Benjamín Araujo, Unidad Educativa "Cruz del Sur") con un total de 28 personas, 14 hombres y 14 mujeres. Tal decisión surgió por el análisis del rango de la edad en que se pueden manejar características similares entre ellos, por la falta de la cantidad de recursos humanos y económicos.

Técnicas de recolección de datos

La recolección de los datos mantuvo una técnica sencilla a través de la toma de los mismos durante 32 días, tiempo en el cual el joven independiente de su género actuaba de forma normal en su diario vivir.

El número de desbloqueos realizados al día se guarda directamente como base datos mediante una aplicación móvil y al final se registraban en una hoja de cálculo para su almacenamiento.

Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la toma de datos a través del registro de los mismos, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Aplicación móvil conteo de desbloqueos**

Para la toma de datos se ocupó dos tipos de aplicaciones móviles Look Counter y RealizD-screen time tracker, con el fin que los jóvenes puedan utilizar cualquiera de las aplicaciones según el sistema operativo de su dispositivo móvil.

A continuación, se determina el sistema al cual se hace referencia cada aplicación.

Look Counter es una aplicación simple pero elegante para contar cuántas veces se encendió y desbloqueó la pantalla, solo se maneja para el sistema operativo de Android. [4]



Fig. 1: Gráfica aplicación móvil Look Counter

RealizD-screen time tracker es una aplicación de diseño profesional creada específicamente para monitorear el uso de su iPhone y iPad en todo momento con un sistema operativo de iOS mediante una base de datos interno. [5]

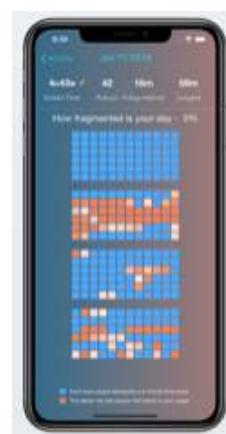


Fig. 2: Gráfica aplicación móvil RealizD-screen time tracker

Proceso de almacenamiento de datos obtenidos

Al realizar el estudio de la investigación se separó los datos obtenidos según el género de cada joven, es decir 14 hombres y 14 mujeres para realizar el respectivo conteo de desbloqueos. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

Se determinó la media aritmética de la toma de datos de cada ensayo (14 ensayos, el número de días que se contó los desbloqueos con 32 tomas de datos por cada género)

$$\bar{X} = \frac{(d_1) + (d_2) + \dots + (d_n)}{n \text{ datos}} \quad (1)$$

Donde:

\bar{X} = media aritmética

d = dato tomado

n = número de datos

La media aritmética obtenida a través de los datos registrados se procede a redondearlos, ya que no puede haber un conteo decimal en el número de desbloqueos.

Tabla 1. Media aritmética y promedio redondeado de los datos registrados en la aplicación del dispositivo móvil.

Género	Promedio / número de veces	Promedio Redondeado
Hombre	44,94	45,00
Hombre	134,06	134,00
Hombre	131,84	132,00
Hombre	86,16	86,00
Hombre	76,97	77,00
Hombre	72,31	72,00
Hombre	129,25	129,00
Hombre	78,31	78,00
Hombre	78,94	79,00
Hombre	87,00	87,00
Hombre	74,91	75,00
Hombre	70,22	70,00
Hombre	70,13	70,00
Hombre	91,28	91,00
Mujer	51,03	51,00
Mujer	34,47	34,00
Mujer	54,41	54,00
Mujer	49,31	49,00
Mujer	56,06	56,00
Mujer	47,31	47,00

Mujer	56,44	56,00
Mujer	45,84	46,00
Mujer	58,00	58,00
Mujer	53,94	54,00
Mujer	58,81	59,00
Mujer	44,63	45,00
Mujer	45,41	45,00
Mujer	46,31	46,00

Nota: En la tabla 1, solo se encuentran los resultados obtenidos a través de la media aritmética de la toma de datos contados.

Como tercer paso según las muestras seleccionadas se debe verificar que los datos cumplan con estadística paramétrica o no paramétrica. Para verificar lo mencionado con anterioridad se debe realizar una prueba de normalidad y homogeneidad de los datos.

En lo referente a la prueba de normalidad se debe realizar dicho análisis en grupo (hombre y mujer). Como ambas muestras son menores a 50 datos se debe utilizar la prueba de Shapiro Wilk o Ryan-Joiner que son similares.

Para que exista normalidad en los datos el p valor (nivel de significancia) debe ser mayor a 0,05. [5]

Para determinar la homogeneidad de varianzas en los datos es necesario aplicar la prueba de Levene donde p valor debe ser mayor a 0,05 para que no existan diferencias significativas en las muestras establecidas. [6]

Nota: si se cumple la condición tanto con la prueba de normalidad y homogeneidad los datos se encuentran en una estadística paramétrica, y de caso contrario así falle una condición es una estadística no paramétrica.

3. RESULTADOS

A continuación en la figura 2, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al número de desbloqueos para hombres no cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es menor de 0,037, es decir $p < 0,05$, por lo tanto, los datos no tienden a juntarse en la recta establecida.

Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de 87,5 conteos con una dispersión de los datos de 26,26 conteos y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Ryan-Joiner para la normalidad es de

0,926, desarrollado a través del análisis de los datos contados en el registro del uso de desbloqueos del dispositivo móvil según la aplicación en uno de los dos sistemas operativos

Prueba de normalidad Ryan-Joiner

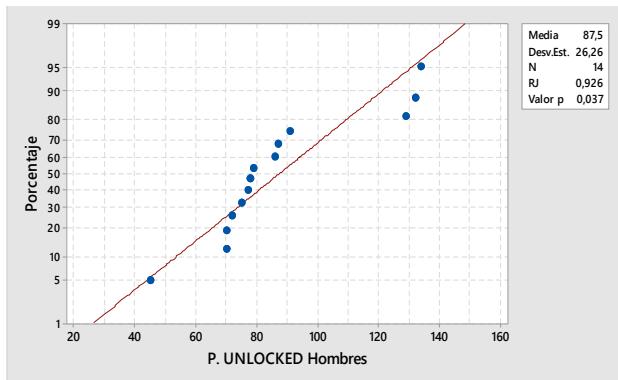


Fig. 2: Gráfica de probabilidad de desbloqueos hombres normal.

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; RJ es la prueba de normalidad de Ryan-Joiner y p es la probabilidad de error. [7]

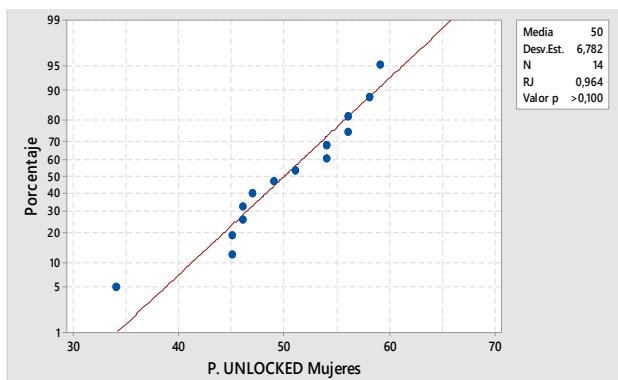


Fig. 3: Gráfica de probabilidad de desbloqueos mujeres normal.

Nota: Desv.Est es la desviación estándar; N es la muestra seleccionada; RJ es la prueba de normalidad de Ryan-Joiner y p es la probabilidad de error. [6]

En la figura 3, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al número de desbloqueos para mujeres si cumplen con el criterio de normalidad debido a que el p valor es mayor de 0,10, es decir $p > 0,05$, por lo tanto, los datos tienden a juntarse en la recta establecida.

Además, se obtuvo como estadísticos descriptivos que la media o promedio es de 50 conteos con una dispersión de los datos de 6,782 conteos y finalmente se obtuvo que el valor del test estadístico Ryan-Joiner para la normalidad es de 0,964, desarrollado a través del análisis de los datos contados en el registro del uso de desbloqueos del dispositivo móvil según la aplicación en uno de los dos sistemas operativos.

Prueba de homogeneidad de Levene

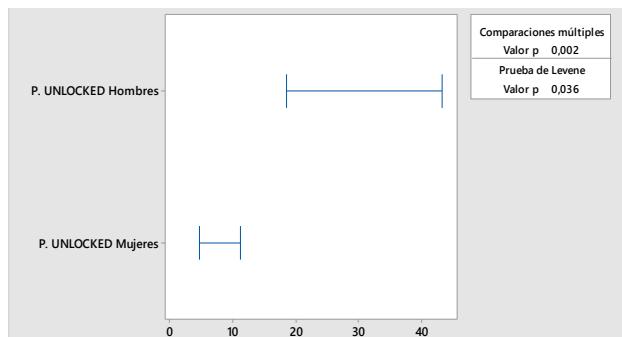


Fig. 4: Prueba de igualdad de varianza-Levene

Nota: Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar; p es la probabilidad de error. [7]

En la figura 4, se puede observar que los datos obtenidos en lo referente al número de desbloqueos para hombres y mujeres no cumplen con el criterio de homogeneidad debido a que el p valor es de 0,036, es decir $p < 0,05$, por lo tanto, las varianzas de los dos grupos establecidos son diferentes.

Nota: debido a que no se cumple con las condiciones de normalidad y homogeneidad se debe trabajar con un test de estadística no paramétrica según los datos analizados de las variables y en la organización de las hipótesis planteadas.

A partir de lo antes mencionado se puede determinar una variable categórica (hombre y mujer) y una variable continua (número de desbloqueos) y el test adecuado a las condiciones analizadas es U de Mann-Whitney para aceptar la hipótesis nula o alternativa si ese fuera el caso bajo la influencia de cada variable en la recolección de datos en las interacciones de desbloqueos móviles de los alumnos según su género en las Unidades Educativas.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas [6]

Muestra	N	Mediana
Desbloqueos Hombres	14	78,5
Desbloqueos Mujeres	14	50,0

En la tabla 2, se puede observar la mediana encontrada a través del test de U de Mann-Whitney es de 78,5 para el desbloqueos de hombres mientras que 50,0 para el desbloqueos de mujeres.

Tabla 3. Estimación de la diferencia [6]

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
31	(23; 42)	95,44%

Nota: IC es el intervalo de confianza.

En la tabla 3, se puede determinar que los datos alcanzados tienen un intervalo de confianza entre (23; 42), logrando así una confianza de 95,44%.

Tabla 4. Prueba de U de Mann-Whitney [6]

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	289,00	0,000
Ajustado para empates	289,00	0,000

A través de la tabla 4, se puede observar según la prueba de U de Mann-Whitney que el valor de p es menor a 0,05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, esto significa que si existe diferencia en la cantidad de desbloqueos de un dispositivo móvil según el género de los jóvenes de 16 a 18 años.

4. DISCUSIÓN

En la presente investigación se realiza una investigación de campo para analizar y comparar un estudio acerca de la cantidad de interacciones de desbloqueos de un dispositivo móvil como herramienta tecnológica en jóvenes entre 16 a 18 años según su género mediante la recolección de datos a través de una medición cuantitativa donde interviene directamente el ser humano en la manipulación de la misma analizando, describiendo

y dando a conocer una conclusión de racionalismo acerca del análisis de sus variables.

Mediante el análisis de normalidad (prueba Ryan-Joiner) y homogeneidad (prueba de Levene) de los datos se encuentran en una estadística no paramétrica desarrollando el trabajo de investigación mediante la prueba de U de Mann-Whitney, determinado que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de investigación, debido que el p valor es menor a 0,05 con una confiabilidad de 95,44%, estableciendo que si existe diferencia en la cantidad de desbloqueos de un dispositivo móvil según el género de los jóvenes de 16 a 18 años de edad.

La importancia de este tipo de estudios es relacionar los medios informáticos y tecnológicos de último orden con el diario vivir de las personas y como esto afecta a los mismos, cabe recalcar que se puede determinar que si existe una diferencia en la interacción de desbloqueos del dispositivo móvil en los jóvenes por su género, observando que existe una mayor manipulación en el mismo por los hombres.

Según los estudios antes publicados acerca de la injerencia del dispositivo móvil y como esto afectan el diario vivir de las personas provocando síntomas en sus consumidores de gran impacto como la ansiedad.

Entre los síntomas del uso excesivo del celular se tiene a la adicción, aumentando de un 2,5 al 1,5 % en las mujeres en comparación a los hombres en una opción de frecuente y siempre, mientras que la ansiedad es de un 0,4 % en los hombres y un 0,7 % en las mujeres. [3]

En algunos casos tal exceso ha conllevado a malestares físicos en las personas, según estudios realizados con anterioridad acerca del estilo de vida de las personas en relación al uso de la tecnología, se puede comparar que las mujeres llegan a tener malestares físicos mayores a los hombres en un aproximado del 8%, entre los inconvenientes más relevantes tenemos; malestar en los dedos de las manos, dolor de espalda, cuello y cabeza). [8]

Dando referencia a lo antes expuesto que si es de gran importancia tomar en cuenta el uso excesivo del celular en el cual las mujeres tienen un mayor índice de consumo (tiempo) que los hombres obteniendo mayores efectos negativos a futuro. [3]

La investigación realizada con relación a otros estudios van de la mano, ya que podemos encontrar que los hombres interaccionan mayormente al desbloqueo del dispositivo móvil pero las mujeres utilizan (tiempo) más el celular en el transcurso del día.

5. CONCLUSIÓN

A través del análisis de las condiciones de normalidad y homogeneidad se pudo determinar que los datos de las muestras seleccionadas cumplen con una estadística no paramétrica, desarrollando el trabajo de investigación mediante la prueba de U de Mann-Whitney, determinando que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de investigación, debido que el p valor es menor a 0,05 con una confiabilidad de 95,44%, estableciendo que si existe diferencia en la cantidad de desbloqueos de un dispositivo móvil según el género de los jóvenes de 16 a 18 años de edad.

A lo antes mencionado se puede concluir que este tipo de estudios acerca de investigación científica y tecnológica es de gran relevancia para la situación actual de los jóvenes en la que la vida cotidiana día a día se va transformando y actualizando según los pasos agigantados que da la tecnología tomando muy en cuenta que pueden existir afectaciones muy graves por el uso excesivo de las mismas.

6. AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Se agradece a los estudiantes que de forma libre y voluntaria formaron parte del proceso de investigación y de igual manera a sus Unidades Educativas (Unidad Educativa “Benjamín Araujo, Unidad Educativa “Cruz del Sur”) por autorizar dicha toma de datos con sus alumnos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ruiz-Palmero, J. S.-R.-T. (2016). Utilización de Internet y dependencia a teléfonos móviles en adolescentes. *Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1357-1369. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rlcs/v14n2/v14n2a33.pdf>

[2] X. Sánchez-Carbonell, B. M. (2016). La adicción a Internet y al móvil. (2. (2), Ed.) *Adicciones*.

[3] Romero, E. Á. (enero-junio de 2018). La adicción y ansiedad vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación, incidencia en la calidad de vida de los estudiantes. *Científica*, 22(1), 29-39. Obtenido de https://www.sepi.esimez.ipn.mx/manuscritos/V22N1_029_039.pdf

[4] Totem Soft. (2018). Look Counter. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.totemsoft.screenlookcount&hl=es>

[5] iMobiApp. (2017). RealizD - Screen Time Tracker . Obtenido de <https://apps.apple.com/us/app/realizd-screen-time-tracker/id1041249752>

[6] Lucio, P. B., Collado, C. F., & Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.

[7] Minitab 18 Statistical Software (2017). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)

[8] INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (2015). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/default.html>



**SELECCIÓN DEL MOTOR Y DISEÑO DE LA RELACIÓN
DE TRANSMISIÓN PARA UN KARTING
PARA COMPETICIÓN INTERUNIVERSITARIA
BASADO EN ANÁLISIS DE DINÁMICA DE VEHÍCULOS**

**SELECTION OF THE ENGINE AND DESIGN
OF THE TRANSMISSION RATIO FOR A KARTING
FOR INTERUNIVERSITY COMPETITION
BASED ON ANALYSIS OF VEHICLE DYNAMICS**

SELECCIÓN DEL MOTOR Y DISEÑO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN PARA UN KARTING PARA COMPETICIÓN INTERUNIVERSITARIA BASADO EN ANÁLISIS DE DINÁMICA DE VEHÍCULOS

SELECTION OF THE ENGINE AND DESIGN OF THE TRANSMISSION RATIO FOR A KARTING FOR INTERUNIVERSITY COMPETITION BASED ON ANALYSIS OF VEHICLE DYNAMICS

Diego Armando Tacle Humanante¹,
 Luis Fernando Buenaño Moyano²,
 Ricardo Andrés Lema Tugtaguano³,
 Renny Javier Orozco Manya⁴,

¹ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, dtacle1986@hotmail.com

² Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, lfbm334@hotmail.com

³ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, andylema20142015@gmail.com

⁴ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, rennyormare97@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se lo realizó en el IST Carlos Cisneros y tiene como objetivo la selección del motor y de las relaciones de transmisión adecuadas para un karting que participa en las competencias nacionales interuniversitarias de kartismo en Ecuador. Se usa un estudio de dinámica de movimiento de vehículos para determinar la fuerza de propulsión, potencia y torque necesarios para mover el monoplaza hasta un máximo teórico de 90 km/h. Con los resultados analíticos se selecciona el motor y las relaciones de transmisión correspondientes. Se ejecutan seis fases en este trabajo para la consecución de resultados de las cuales se obtiene, que se necesita implementar un motor que aporte 3.99 kW de potencia y una relación de transmisión que aporte 19.9 Nm. Se diseña tres relaciones de transmisión acordes a cada tipo de circuito posible: velocidad, mixto y trabado. Finalmente se realizan pruebas cronometradas en el “Kartódromo dos Hemisferios” de la ciudad de Quito concluyéndose que la mejor relación para este tipo de circuito es la intermedia alcanzando un tiempo de vuelta de 72.832 ± 0.013 s.

Palabras clave: Karting, Dinámica vehicular, Motor, Relaciones de transmisión, Competición.

ABSTRACT

The present work was carried out at the IST Carlos Cisneros and its objective is to select the engine and the appropriate transmission ratios for a karting that participates in the national interuniversity karting competitions in Ecuador. A vehicle motion dynamics study is used to determine the propulsion force, power and torque required to move the car up to a theoretical maximum of 90 km / h. With the analytical results the engine and the corresponding gear ratios are selected. Six phases are executed in this work to achieve the results from which it is obtained, that it is necessary to implement an engine that provides 3.99 kW of power

and a transmission ratio that provides 19.9 Nm. Three transmission ratios are designed according to each type of possible circuit: speed, mixed and locked. Finally, timed tests are carried out at the "Kartódromo dos Hemisferios" in the city of Quito, concluding that the best relationship for this type of circuit is the intermediate one, reaching a lap time of 72.832 ± 0.013 s.

Keywords: Karting, Vehicle dynamics, Engine, Gear ratios, Competition.

1. INTRODUCCIÓN

El karting es una excelente escuela y la mejor manera para que los jóvenes aprendan a conducir y competir [1] en particular para el IST Carlos Cisneros, el diseño, construcción de kartings y la participación de los estudiantes en las categorías de competición organizadas a nivel local y nacional han sido una vitrina para que puedan demostrar sus conocimientos y habilidades técnicas dentro del campo automotriz.

Aunque el kart es una máquina de diseño sencillo, el alto grado de competición lo convierte en un deporte de muy alto nivel en el que los profesionales más competentes se enfrentan entre ellos [1]. Los primeros karts conocidos fueron creados por soldados de una base aérea estadounidense, a principios de la década de los 50. Según la historia soldaron sus propios karts a partir de restos de aviones, con el único objetivo de competir entre ellos durante sus días libres [2]. Esto hizo nacer la esencia del mundo del kartismo, la competición a bordo de un vehículo sencillo, sin suspensiones ni diferencial, diseñado básicamente para disfrutar [2].

Actualmente este deporte es regulado por CIK (Comisión Internacional de Karting) creada en 1962 y forma parte de la FIA (Federación Internacional de Automovilismo). Su objetivo principal es garantizar la unidad del mundo del karting, fomentar y desarrollar la práctica de esta disciplina en todo el mundo y desarrollar reglamentos técnicos y deportivos [1].

CIK establece las categorías de competición las cuales se dividen en tres grandes grupos [2]:

1. Automáticos, agrupados bajo la denominación KF
2. Karts con marchas, agrupados bajo la denominación KZ
3. Superkarts, que tienen carrocería completa y que, debido a sus complejas características aerodinámicas, gran potencia y poco peso están destinados a lo más alto de la competición.

La categoría KF que es en la que se desarrollará este proyecto, tiene la particularidad de que la CIK se percató de que los motores 2T habían llegado al fin de su evolución. Alcanzaban las 20000 r.p.m.,

pero a costa de una vida útil muy corta y unos costes muy elevados, como solución se adopta un único modelo de motor de 125 c.c., para todas las subcategorías KF. Sin embargo esto no deja de ser un paso intermedio hacia una nueva generación de motores de 4T, pues como ya ocurre en el motociclismo estos motores se han impuesto a los de 2T por su mejor rendimiento de combustible y su menor impacto ambiental [2].

En el campo de la técnica automotriz, el kartismo ha logrado atraer a numerosos profesionales automotrices para que den solución a los diversos factores que pueden afectar a este deporte, principalmente ayudando a los equipos y pilotos a adaptarse y cumplir las diferentes normativas que las competiciones adoptan. El IST Carlos Cisneros en este contexto viene participando activamente de este tipo de competiciones centrándose sobre todo en la aplicación técnica y científica de los diferentes conocimientos necesarios para crear este tipo de vehículos.

En particular en el Ecuador a nivel universitario la copa Novacero es un referente. Su reglamentación establece que el peso máximo del monoplaza es de 185 kg y el uso de motores de 4T estacionarios marca Honda [3].

El factor competitivo ha llevado a que varias Universidades e Institutos tecnológicos a nivel local hayan puesto de manifiesto su interés en la construcción de este tipo de vehículos como es el caso del trabajo de titulación realizado en la Universidad Tecnológica Equinoccial [4], en el cual mediante la utilización de las ecuaciones de dinámica vehicular logran establecer las prestaciones que debe tener el motor y la transmisión para construir un kart de entrenamiento con un motor de 12 Kw de potencia, 18 Nm y una relación de transmisión de 3,33:1 que sin embargo penaliza la velocidad final a 50 km/h.

Es importante también destacar el trabajo realizado en la Universidad Carlos III de Madrid [5] en donde se pone de manifiesto que para su diseño de chasis de kart uno de los aspectos iniciales ha sido el uso de la dinámica vehicular, ya que específicamente para el aspecto de diseño de la carrocería, fue importante el establecer las características de prestaciones que debe tener el karting y de esta manera lograr equilibrar variables críticas como lo son el peso del karting o la potencia final del motor.

Es así como luego de considerar estos estudios y proyectos a nivel local e internacional, los cuales guardan relación con el presente trabajo se ha establecido que el objetivo que se plantea es la aplicación de un análisis mediante dinámica vehicular para la selección del motor de combustión interna y el sistema de transmisión de potencia para uno de los kartings institucionales fundamentándose principalmente en la correspondiente justificación teórica y técnica logrando de esta manera ejecutar experimentalmente la validación de las selecciones realizadas.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El desarrollo del presente trabajo consistió en primera instancia de apoyarse en un análisis documental, refiriendo trabajos previos realizados a nivel local e internacional y comparando su fundamentación con obras de la bibliografía del ramo para validar los procedimientos. Se ha tomado como referencia trabajos como el de la Universidad Politécnica de Catalunya [6] en el cual sus autores diseñan un kart de pista utilizando cálculos de los diferentes tipos de fuerzas resistentes que se presentan en la dinámica vehicular para la selección del motor.

De igual manera a partir del trabajo [5] de la Universidad Carlos III de Madrid y de la implementación de un kart de la Universidad Tecnológica Equinoccial [4], se ha revisado la metodología de cálculo y selección realizada por estos autores, comparando y validando las ecuaciones utilizadas con las que se proponen en las obras [7]–[9] cuyos autores desarrollan a fondo la aplicación de la dinámica vehicular para el diseño automotriz, y logrando de esta manera establecer la metodología que permite ejecutar la implementación del motor y transmisión del kart para el presente trabajo.

En particular el problema que se plantea tiene que ver principalmente con la selección adecuada del motor y la relación de transmisión para el karting, partiendo de que elementos referentes a chasis y otros componentes del vehículo ya han sido construidos por los estudiantes del IST Carlos Cisneros.

Usando el método inductivo generalmente utilizado en la ciencia experimental y que consiste en basarse en enunciados singulares, tales como descripciones de los resultados de observaciones o experiencias para plantear enunciados universales [4] se considera que las ecuaciones de dinámica vehicular utilizada en los estudios anteriormente citados en las cuales se basan para construir sus modelos de kart, serán válidas para el presente caso considerando además que el diseño de este tipo de vehículos para competición, se basa también en la aplicación de un reglamento general.

A continuación, se establecen las fases en las cuales este trabajo se desarrolló, buscando un orden y el éxito de la implementación:

- Parámetros de Diseño
- Parámetros Técnicos
- Selección de Motor
- Diseño de Transmisión
- Implementación y adaptación.
- Pruebas

Parámetros de Diseño

Un kart es un vehículo terrestre monoplaza sin techo o cockpit, sin suspensión y con o sin elementos de carrocería, con 4 ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo, las dos delanteras ejerciendo el control de la dirección y las dos traseras conectadas por un eje de una pieza, que transmiten potencia. Sus partes principales son: El chasis, los neumáticos y el motor [10].

El chasis

De acuerdo con la reglamentación de CIK/FIA [5] es la estructura que ensambla a las partes mecánicas y la carrocería, comprendida cualquier pieza solidaria de dicha estructura. Debe seguir especificaciones de la Tabla 1 para poder ser homologado. Estas medidas se deben cumplir, independientemente de la categoría a la cual se califique.

El chasis que se utiliza para la motorización del kart utiliza un acero tubular, todo el conjunto se encuentra soldado y fijo en sus puntos sin la implementación de articulaciones de cualquier tipo, lo cual cumple con las reglamentaciones de CIK/FIA.

Tabla 1. Dimensiones y especificaciones del chasis según CIK/FIA.

Especificación	Dimensión
Distancia entre ejes	Min. 1010 mm Máx. 1070 mm
Vía	Mín. 2/3 de la distancia entre ejes
Largo total máximo	1820 mm sin contar parachoques
Ancho total	Máx. 1400 mm
Alto total	Máx. 650 mm sin contar el asiento

En la Fig. 1, se presenta la construcción del chasis realizado por los estudiantes del IST Carlos Cisneros y en la Fig. 2 el chasis finalizado en el que se implementará el kart, las medidas de construcción se adoptaron para que se cumpla con la reglamentación que se muestra en la Tabla 1.



Fig. 1: Construcción del chasis.



Fig. 2: Estructura del chasis en el que se implementa el Kart.

El motor y la transmisión que se implementará deben adaptarse al chasis diseñado, de acuerdo con [3] deben ser estacionarios de la marca Honda, para lo cual es importante tener en cuenta las

medidas finales obtenidas en el chasis, estas medidas se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Medidas del chasis final del karting.

Especificación	Dimensión
Distancia entre ejes	1020 mm
Vía	86.5 mm
Largo total máximo	1600 mm
Ancho total	1290 mm
Alto total	30 mm

Neumáticos

Los neumáticos en el kart son los únicos elementos que pueden estar en contacto con el suelo de acuerdo con la reglamentación. Para el kart en cuestión se utilizarán unos neumáticos para pista de tipo slicks. Según CIK/FIA [10] pueden usarse 2 tamaños de neumáticos, los de 5 pulgadas y 6 pulgadas. Se ha elegido los neumáticos rin 5, cuyas características se muestran en la tabla.

Tabla 3. Características técnicas de los neumáticos elegidos para el karting.

Neumáticos Vega	
Delantera	10 x 4.60 5
Trasera	11 x 7.10 5
Presión en frío	0.60 bar (± 0.05)
Velocidad máxima	180 km/h

Motor

En cuanto al motor la reglamentación de la CIK/FIA establece que para las categorías KF y KZ se usan motores de 2T de 125 c.c. La categoría superkart usa motores con cilindrada 250 c.c. No está permitida la inyección electrónica y el único combustible permitido es la gasolina [10].

La refrigeración se puede realizar por agua con la ayuda de un radiador, y el sistema de escape se debe ubicar por detrás de la posición de conducción del piloto a una altura de 450 mm, desde el suelo hasta su punto más alto, el material con el que se debe construir es acero y será obligatorio que la salida de escape después del silenciador no sea mayor a 30 mm de diámetro [5]. En el caso local la reglamentación de la copa Novacero Interuniversidades [3], establece que se debe usar motores estacionarios de 4T de la marca Honda.

Parámetros Técnicos

En esta sección se establecen los diferentes parámetros técnicos a tomar en cuenta para la selección del motor de combustión interna que integrara el karting. En las competiciones nacionales, generalmente se buscan alcanzar velocidades entre 90 o 100 km/h. En el caso de este proyecto el objetivo es alcanzar los 90 km/h por lo que se realizarán los cálculos correspondientes para determinar el motor adecuado que pueda lograr vencer las fuerzas de oposición al movimiento que en la dinámica de vehículos se genera.

En el aspecto de la transmisión el karting que se diseña no tiene caja de cambios, por lo que será crítica la selección de las relaciones de transmisión de acuerdo con el circuito en el que se pretende competir.

Peso

Para la determinación del motor, es indispensable conocer el peso total que este debe mover y ser capaz de alcanzar los 90 km/h, para ello se elabora la Tabla 4 en la que se desglosa el peso máximo de cada componente en kg y se establece la masa total del monoplaza.

Tabla 4. Peso máximo de los elementos que integran el karting.

Elementos	Peso [kg]
Chasis	15.8
Motor	16.1
Otros sistemas	19.5
Piloto	65
Total	116.4

Mediante la ecuación (1) se establece el peso total del vehículo en [N]. [9]

$$W = mg \quad (1)$$

En donde:

W es el peso en [N]
m es la masa en [kg]
g es la gravedad en [m/s²]

El cálculo establece que el peso máximo del monoplaza es de 1141.88 N.

Fuerzas tracción-resistencia

Para vencer los esfuerzos resistentes se precisan esfuerzos tratores, generados en la interface neumático-calzada; los cuales actúan, a su vez como reacción a los esfuerzos transmitidos a las ruedas desde el motor, por intermedio del sistema de transmisión [8].

Para el cálculo del karting se utilizará la ecuación fundamental del movimiento longitudinal Ecuación (2) del vehículo, es decir la que se produce siguiendo el eje x. Será preciso evaluar las resistencias que se oponen al movimiento.

$$Fx = Fd + Rx + Ri + Rg \quad (2)$$

En donde:

Fx es la fuerza de tracción [N]

Fd es la fuerza de resistencia aerodinámica [N]

Rg es la fuerza de resistencia a la pendiente [N]

Rx es la fuerza de resistencia a la rodadura [N]

Ri es la fuerza de resistencia por la inercia [N]

Fuerza de resistencia aerodinámica

Es la resistencia que crea el aire al oponerse a que el vehículo pase a través de él. Los factores que se deben considerar son el tamaño y la forma del vehículo, la velocidad del viento la densidad del aire y su dirección [7]. Para su cálculo se utiliza la ecuación (3).

$$Fd = \frac{1}{2} Cd \rho a A V^2 \quad (3)$$

En donde:

Cd es el coeficiente aerodinámico

A es el Área frontal aproximada del vehículo [m²]

ρa es la densidad del aire [Kg/m³]

V es la velocidad del vehículo

Tomando en cuenta estudios previos realizados por otros autores [4] el valor de Cd en este caso se tomará el valor aproximado de 0.8.

El área frontal de acuerdo con [9] se obtiene de forma aproximada, multiplicando el ancho (a) por el alto del vehículo (h) y afectado por un coeficiente de 0.8 considérese la Fig. 3.

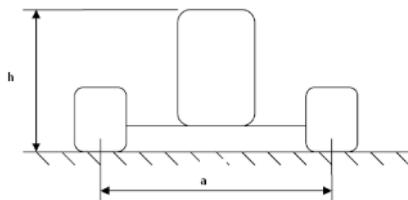


Fig. 3: Dimensiones para el cálculo del área frontal.

Por lo que de acuerdo con la ecuación (4) y los datos obtenidos del kart.

$$A = a * h * 0.8 \quad (4)$$

Se tiene que:

$$A = 0.67 \text{ mm} * 0.85 \text{ mm} * 0.8$$

$$A = 0.59 \text{ m}^2$$

En cuanto a la densidad del aire (ρa) de acuerdo con [8] esta se calcula con la ecuación (5).

$$\rho a = \frac{P}{R * T} \quad (5)$$

En donde:

P es la presión atmosférica [kPa]

T es la temperatura [K]

R es la constante de gases que en este caso se usa $0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

En condiciones normales en la ciudad de Riobamba la presión atmosférica (P) es de 71.02 kPa y el valor de temperatura es de 18°C. Al reemplazar estos valores en la ecuación (5) se tiene que:

$$\rho a = \frac{71.02}{0.287 * 291.15} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho a = 0.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Usando la ecuación (3) y reemplazando los valores considerados y condicionando el cálculo para la velocidad máxima a alcanzar que es 90 km/h (25 m/s), se tiene que:

$$Fd = \frac{1}{2} * 0.8 * 0.85 * 0.59 * 25$$

$$Fd = 109.36 \text{ N}$$

Resistencia a la rodadura

Esta fuerza de resistencia se asocia a la interacción entre las ruedas y la calzada, del tipo, perfil y presión de inflado de los neumáticos; su magnitud depende de la masa del vehículo, del coeficiente de rodadura, la gravedad y el ángulo de inclinación de la calzada.

Con la ecuación (6) se determina la resistencia a la rodadura:

$$Rx = fr * mg * \cos \theta \quad (6)$$

En donde:

Rx es la resistencia a la rodadura [N]

fr es el coeficiente de rodadura [-]

m masa del vehículo [kg]

g es el valor de gravedad

θ es la pendiente

Tomando en cuenta que fr para asfalto seco de acuerdo con [7] es 0.014, y para un valor de pendiente máximo de 3% se tiene que:

$$Rx = 0.014 * 116.4 * 9.81 * \cos (3\%)$$

$$Rx = 15.98 \text{ N}$$

En cuanto a la resistencia a la pendiente la ecuación

$$Rg = M * g * \operatorname{seno}(\theta) \quad (7)$$

$$Px = 3.99 \text{ kW}$$

En donde:

M es la masa [kg]

g es la gravedad [m/s²]

θ es la pendiente del circuito

La pendiente máxima que el karting debe superar es de 5%, por ende, al reemplazar en la ecuación (7) se tiene que:

$$Rg = 116.4 * 9.81 * \operatorname{seno}(3\%)$$

$$Rg = 34.24 \text{ N}$$

El presente cálculo se considerará en estado estable [11] por lo que la resistencia a la inercia (Ri) se asume como 0.

De acuerdo con la ecuación (2) se establece entonces que:

$$Fx = 109.36 + 15.98 + 34.24$$

$$Fx = 159.58 \text{ N}$$

Fx es la fuerza de tracción que el motor junto con el conjunto de transmisión debe generarse en las ruedas para lograr que el karting alcance un valor máximo de velocidad de 90 km/h.

Potencia

La potencia en rueda será aquella que se obtiene del motor hacia las ruedas, de acuerdo con [7] se calcula utilizando la ecuación (8).

$$Px = Fx * V \quad (8)$$

Utilizando los valores calculados previamente y asumiendo una velocidad máxima de 25 m/s (90 km/h) se tiene que:

$$Px = 159.58 \text{ N} * 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Px = 3989.49 \text{ W}$$

Torque

El torque es la fuerza demandada por el vehículo en rueda para que este pueda alcanzar y mantener una velocidad máxima de 90 km/h, debe obtenerse al final de la cadena cinemática de la transmisión. La ecuación (9) se utiliza para el cálculo del torque en rueda.

$$\tau x = Fx * Rd \quad (9)$$

Donde:

Rd es el radio dinámico

De los datos de los neumáticos se obtiene que el diámetro nominal es de 256 mm. El radio nominal es de 128 mm. De acuerdo con [11] el radio dinámico puede considerarse como el 97% del radio nominal, por ende entonces:

$$rdin = 97\% * rnom$$

$$rdin = 124.16 \text{ mm} = 0.12 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación (9) se tiene que:

$$\tau x = 159.58 * 0.12$$

$$\tau x = 19.15 \text{ Nm}$$

Selección de motor

De acuerdo con los resultados que se obtienen de la fase de parámetros técnicos se debe considerar un motor que pueda entregar principalmente una potencia de 3.99 kW (5.35 hp), en cuanto al torque en rueda es necesario 19.15 Nm, valor que sin embargo puede alcanzarse a través del diseño de la relación de transmisión hacia el eje impulsor. Luego de la comparación de algunos modelos de motores a través de una comparación de

parámetros técnicos se ha decidido instalar el motor Honda GX 200 Fig. 4 y las especificaciones se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del motor Honda GX 200.

Modelo GX 200	
Tipo	4 tiempos, gasolina
Cilindrada	196 c.c.
Relación de compresión	8.5:1
Potencia neta	4.3 kW (5.8 HP) a 3600 rpm
Torque máximo	12.4 Nm a 2500 rpm
Sistema de encendido	Transistorizado
Peso	16.1 kg



Fig. 4: Motor Honda GX200.

Diseño de transmisión

Según el reglamento que dicta la CIA/FIA en un kart la transmisión de potencia debe realizarse únicamente a las ruedas traseras pudiendo utilizarse cualquier tipo de sistema de transmisión que se considere adecuado. Debe considerarse que se debe exceptuar la utilización del diferencial [10].

El tipo de transmisión que se utilizó es la transmisión por cadena, para esto es necesario el determinar la relación de transmisión adecuada considerando que se debe aplicar un torque de 19.9 Nm para poder mover el karting con solvencia.

La relación de transmisión debe elegirse de acuerdo al tipo de circuito en donde se realizará la competición [2], y se adecua a los circuitos calificados para la competición en Ecuador a nivel

nacional. Esto ha establecido a que se considere tres tipos de circuito:

- Circuitos de Velocidad
- Circuitos trabados
- Circuitos mixtos

Para el cálculo de la relación de transmisión, se considera la ecuación (10) que se aplica al cálculo de relaciones de transmisión en una amplia variedad de vehículos [12].

$$i = \frac{\text{rueda conducida}}{\text{rueda conductora}} \quad (10)$$

El valor de la relación de transmisión i en competición, mientras más alto sea el factor conseguido tendrá mayor capacidad de arranque en pista, esto debido a la multiplicación de torque que se consigue, sin embargo, la velocidad final que se puede alcanzar será menor, lo que penalizaría las zonas rápidas del circuito. La ecuación (11) explica la relación entre el torque y la relación de transmisión para un vehículo.

$$i = \frac{M_p}{M_M} \quad (11)$$

En donde:

M_p es el torque en el eje propulsor [Nm]
 M_M es el torque que genera el motor [Nm]

En este contexto la versatilidad del karting para estos tres tipos de circuitos debe ser garantizada, por lo que de acuerdo a las recomendaciones de otros autores y la revisión de las relaciones de transmisión más comunes en este deporte se han diseñado tres tipos de relaciones de transmisión adecuados para cada tipo de pista [2].

Relación de transmisión A (iA)

Esta relación de transmisión será adecuada para circuitos que requieren una velocidad final alta y un arranque moderado.

Aplicando la ecuación (10) y estableciendo que el piñón tenga 12 dientes y la catalina 42, se tiene que:

$$iA = \frac{42}{12}$$

$$iA = 3.5$$

La relación de transmisión obtenida es de 3.5:1, a continuación, debe asegurarse que el torque para poder mover el karting sea el adecuado en todo momento, para ello y basado en los datos del fabricante del motor se establece tres momentos de variación de torque.

El máximo torque que otorga el motor es de 12.4 Nm a 2500 rpm, se le llamará M_{m1} , el segundo momento que se analizará es cuando el motor entrega su potencia máxima a 3600 rpm, en este contexto el motor entrega un torque al que se le denomina M_{m2} de 11.4 Nm, el tercer momento a analizar es M_{m3} y se trata del torque que el motor es capaz de aportar a la transmisión en ralentí a 1400 rpm, el valor es de 11.74 Nm

Mediante la ecuación (11) se determina el torque en el eje impulsor que se le aplicará al karting, en los tres momentos críticos.

$$M_{p1} = i_A * M_{m1}$$

$$M_{p1} = 3.5 * 12.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p1} = 43.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = i_A * M_{m2}$$

$$M_{p2} = 3.5 * 11.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = 39.9 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = i_A * M_{m3}$$

$$M_{p3} = 3.5 * 11.74 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = 41.09 \text{ Nm}$$

El torque necesario de acuerdo con los cálculos anteriores es de 19.9 Nm lo que con la relación de transmisión iA se satisface adecuadamente el valor solicitado.

Relación de transmisión B (iB)

Esta relación de transmisión será adecuada para circuitos trabados en donde la capacidad de arranque sea fundamental y la velocidad final no sea determinante para la competencia.

Aplicando la ecuación (10) y estableciendo que el piñón tenga 12 dientes y la catalina 50 dientes, se tiene que:

$$iA = \frac{50}{12}$$

$$iA = 4.17$$

La relación de transmisión obtenida es de 4.17:1

Mediante la ecuación (11) y los torques determinados anteriormente para iA se determina el torque en el eje impulsor que se le aplicará al karting, en los tres momentos críticos.

$$M_{p1} = i_B * M_{m1}$$

$$M_{p1} = 4.17 * 12.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p1} = 51.71 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = i_B * M_{m2}$$

$$M_{p2} = 4.17 * 11.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = 47.54 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = i_B * M_{m3}$$

$$M_{p3} = 4.17 * 11.74 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = 55.18 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = i_C * M_{m3}$$

En el caso del torque que se obtiene con la relación iB también puede establecerse que se satisface adecuadamente el valor solicitado.

Relación de transmisión C (iC)

Esta relación de transmisión se ha elegido para circuitos mixtos que tengan una demanda balanceada de la capacidad de arranque y velocidad final.

Aplicando la ecuación (10) y estableciendo que el piñón tenga 12 dientes y la catalina 46 dientes, se tiene que:

$$iC = \frac{46}{12}$$

$$iA = 3.83$$

La relación de transmisión obtenida es de 3.83:1

En este apartado se aplica la ecuación (11) y los torques que se determinó anteriormente para los tres momentos considerados de aporte de torque del motor y se determina el momento en el eje propulsor que se le aplicará al karting.

$$M_{p1} = i_C * M_{m1}$$

$$M_{p1} = 3.83 * 12.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p1} = 47.49 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = i_C * M_{m2}$$

$$M_{p2} = 3.83 * 11.4 \text{ Nm}$$

$$M_{p2} = 43.66 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = 3.83 * 11.74 \text{ Nm}$$

$$M_{p3} = 44.96 \text{ Nm}$$

En el caso del torque que se obtiene con la relación iC también puede establecerse que se satisface adecuadamente el valor requerido.

Implementación y Adaptación

Una vez establecido el dimensionamiento de la transmisión y seleccionado el motor, se procedió a implementar el karting. Para el montaje de componentes se debe procurar respetar el reglamento de las competencias en las que se compite y se debe adecuar los componentes para que el ensamblaje sea adecuado. En la Fig. 5 se presenta el plano técnico del motor con las medidas que se debe considerar para su montaje en el chasis.

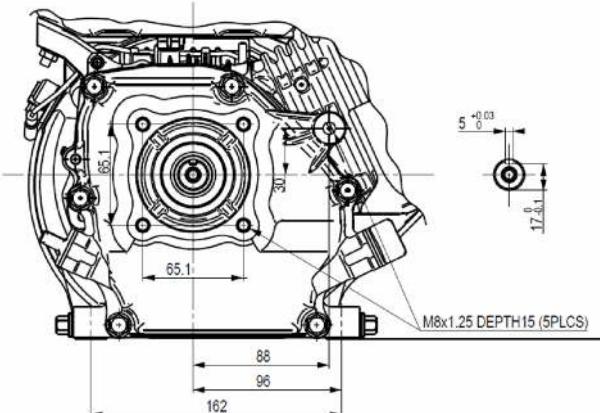


Fig. 5: Plano técnico del motor Honda GX 200

En cuanto a los componentes de la transmisión se mecanizaron las 3 catalinas y los piñones correspondientes a las 3 relaciones de transmisión que se usarán durante las competencias. El material que se usó para su construcción es Nitanyl el cual cumple con la norma DIN ASTM D53455 y posee una resistencia a la tracción de 60 MPa. En la Fig. 6, Fig. 7 y Fig. 8 se aprecia el proceso de mecanización que se siguió para su construcción.

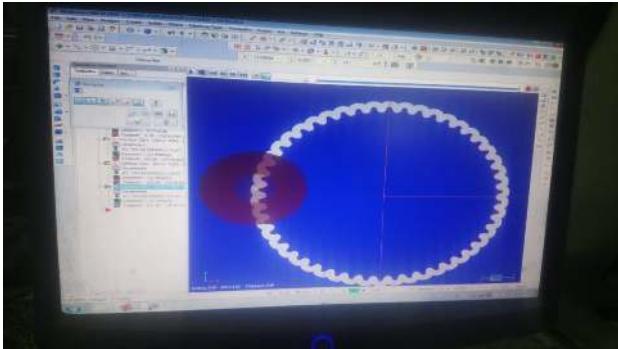


Fig. 6: Diseño de las catalinas.



Fig. 7: Mecanización de la catalina



Fig. 8: Mecanización del porta catalinas.

Con la implementación de una cadena de rodillos ANSI# 50, seleccionada previamente de acuerdo con las características de la transmisión que se implementa, se termina el ensamble del conjunto motor y tren de potencia en el karting y se conecta al eje impulsor, véase la Fig. 9 y Fig. 10.



Fig. 9: Sistema de transmisión instalado.



Fig. 10: Vista frontal de la transmisión.

Pruebas

Una vez finalizado el ensamblado de los elementos auxiliares en el chasis Fig. 11 y Fig. 12 se realizan las calibraciones o set up inicial para las pruebas en pista.



Fig. 11: Vista Frontal del karting



Fig. 12: Vista Lateral del karting.

Uno de los escenarios en los cuales se competirán durante la temporada es el autódromo dos hemisferios en la ciudad de Quito ubicado cerca del monumento de la mitad del Mundo. Para las competencias se usa generalmente un trazado mixto de una distancia de 1300 m. El trazado se muestra en la Fig. 13.

Las pruebas que se realizan consisten en evaluar la efectividad de las relaciones de transmisión diseñadas en el presente trabajo y evaluar los tiempos de vuelta que se obtienen de cada uno de ellos. Esto conllevará a validar cual es la adecuada para la configuración de transmisión para la competencia en este kartódromo. Se ha decidido realizar el cronometraje de 10 vueltas considerando que de acuerdo al reglamento de la copa Novacero [3] el mejor tiempo de calificación se obtiene de 10 vueltas.



Fig. 13: Trazado del kartódromo para la competición.

3. RESULTADOS

Prueba de Relación de Transmisión A (iA)

Las pruebas se realizan con el peso establecido de 116.4 kg, se cronometra 10 vueltas al trazado de la pista con cada una de las relaciones de transmisión diseñadas, se determinará el promedio de vueltas con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados se presentan en la Tabla 6, Tabla 7, y Tabla 8.

Tabla 6. Resultados de la prueba de pista con la relación de transmisión A

Vuelta	Tiempo (s)
V1	76.988
V2	76.985
V3	76.986
V4	76.986
V5	76.987
V6	76.986
V7	76.985
V8	76.984
V9	76.983
V10	76.985
Promedio	76.986
Desv. Estándar	0.001
Intervalo de confianza	0.001

Tabla 7. Resultados de las pruebas de pista con la relación de transmisión B.

Vuelta	Tiempo (s)
V1	74.527
V2	74.524
V3	74.522
V4	74.521
V5	74.525
V6	74.527
V7	74.531
V8	74.533
V9	74.535
V10	75.021
Promedio	74.577
Desv. Estándar	0.156
Intervalo de confianza	0.112

Tabla 8. Resultados de las pruebas de pista con la relación de transmisión C.

Vuelta	Tiempo (s)
V1	72.862
V2	72.859
V3	72.843
V4	72.841
V5	72.832
V6	72.812
V7	72.814
V8	72.818
V9	72.816
V10	72.825
Promedio	72.832
Desv. Estándar	0.018
Intervalo de confianza	0.013

4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados presentados anteriormente, se puede establecer que el motor y la transmisión cumplen adecuadamente con los criterios de selección pues de acuerdo con los datos de las pruebas experimentales, estos componentes del kart son capaces de mover el vehículo y ser competitivos.

En la Tabla 9 se presentan los resultados a considerar en el análisis.

Tabla 9. Tiempo de vuelta finales para cada relación de transmisión.

Relación de transmisión [-]	Tiempo [s]
iA (3.5:1)	76.986 ± 0.001
iB (4.17:1)	74.577 ± 0.112
iC (3.83:1)	72.832 ± 0.013

En el circuito del kartódromo 2 hemisferios de la Fig. 6, existen 3 curvas rápidas, 3 curvas trabadas, y 2 rectas de velocidad, por lo que es un circuito del tipo mixto. La capacidad de arranque y la velocidad final son importantes para lograr buenos resultados en la competición. El motor Honda que se ha implementado es capaz de aportar 4.3 kW de potencia dotándole de la solvencia suficiente para lograr un buen desempeño en el karting

desarrollado pues de acuerdo con los cálculos realizados se necesita 3.99 kW para alcanzar una velocidad máxima de 90 km/h, siendo este el límite de diseño del presente proyecto.

Considerando el torque necesario para mover el karting, en este caso 19.9 Nm, las tres relaciones de transmisión aportan el torque necesario ya que son capaces de aportar torque a partir de los 39.9 Nm a partir de cualquier zona de funcionamiento del motor, y considerando las características de los circuitos que se usan en competencias nacionales, se establece que estos torques son adecuados para este karting principalmente debido a que la capacidad de arranque está asegurada para cualquier tipo de circuito.

Del análisis de la Tabla 9, se puede establecer que, justamente para el circuito dos hemisferios considerado de tipo mixto, la relación de transmisión que mejor desempeño tiene es la tipo C, relación que se ha considerado como un valor intermedio de las tres que se ha seleccionado para este karting. El tiempo de vuelta a este circuito de 1300 m se da en 72.832 ± 0.013 s, logrando que el karting pueda ser competitivo en condiciones de pista. En cuanto a las otras 2 relaciones, se puede validar que la tipo A que tiene mayor capacidad velocidad final da los peores resultados con 76.986 ± 0.112 s debido a la penalización en las zonas trabadas del circuito en donde la capacidad de arranque es fundamental. La relación tipo B obtiene 74.577 ± 0.112 s, el resultado en comparación con la tipo A es evidente, debido a la capacidad de arranque que puede alcanzar solventando la penalización por la velocidad final que sufre en las zonas rápidas, convirtiéndose en una alternativa con respecto a la tipo C, relación que sin duda resulta ser la mejor elección para este circuito.

El desarrollo de mejores prototipos es importante para el equipo de trabajo, ya que en competencia mientras mejores puedan ser los tiempos de vuelta el asegurar buenas posiciones en la parrilla será fundamental. Este desarrollo solo se podrá conseguir si se intervienen también en el diseño de los demás componentes del kart. A partir de la aplicación de la dinámica vehicular la cual para el presente proyecto fue fundamental para la selección del motor y la relación de transmisión, también es clave para el diseño del chasis y la carrocería, ya que mediante optimización de los diseños se puede disminuir el peso del vehículo

impactando directamente en los resultados de la fuerza de tracción F_x para la selección del motor.

De igual manera el mejoramiento de los perfiles aerodinámicos en el karting también puede afectar el resultado de F_x por lo que se plantea además para futuros proyectos realizar nuevas implementaciones centrándose en apartados como el peso, el diseño y la aerodinámica del vehículo.

Finalmente es importante considerar el que esta investigación puede adentrarse además a la selección de motores eléctricos en lugar de motores de combustión interna ya que el principio de selección al basarse en la determinación de la fuerza de tracción F_x , puede aplicarse perfectamente los motores eléctricos y enfocar el desarrollo de estos prototipos a contribuir en la investigación del mejoramiento del rendimiento de vehículos eléctricos, y sus baterías

5. CONCLUSIÓN

Luego de aplicar el estudio con la ecuación fundamental para el movimiento de vehículos (2), se establece que para el karting de peso 116.4 kg, la fuerza de empuje necesaria para moverlo a una velocidad máxima de 90 km/h y una pendiente máxima de 3%, es de 159.58 N.

El estudio analítico desvela que para alcanzar los parámetros técnicos con los que se desea dotar al karting que en este caso el límite de diseño es alcanzar los 90 km/h, la potencia necesaria a aplicar es de 3.99 kW, esto permitió seleccionar y validar la potencia del motor Honda GX200 el cual aporta 4.3 kW a 3600 rpm y permite alcanzar las prestaciones establecidas.

En cuanto al torque necesario, a través de la ecuación (9) y con los neumáticos disponibles cuyo radio dinámico es de 0.12 m se ha calculado que al karting se le debe aportar como mínimo un torque de 19.9 Nm, torque que se consigue a través de las relaciones de transmisión debido a que el motor aporta un torque máximo de 12.4 Nm a 3600 rpm, en ralentí aporta 11.74 Nm a 1400 rpm y a máxima potencia se consigue 11.4 Nm a 3600 rpm.

La particularidad de los circuitos de competición tales como el kartódromo dos hemisferios de la ciudad de Quito, así como el torque solicitado luego de la fase de cálculo (19.9 Nm) ha determinado que

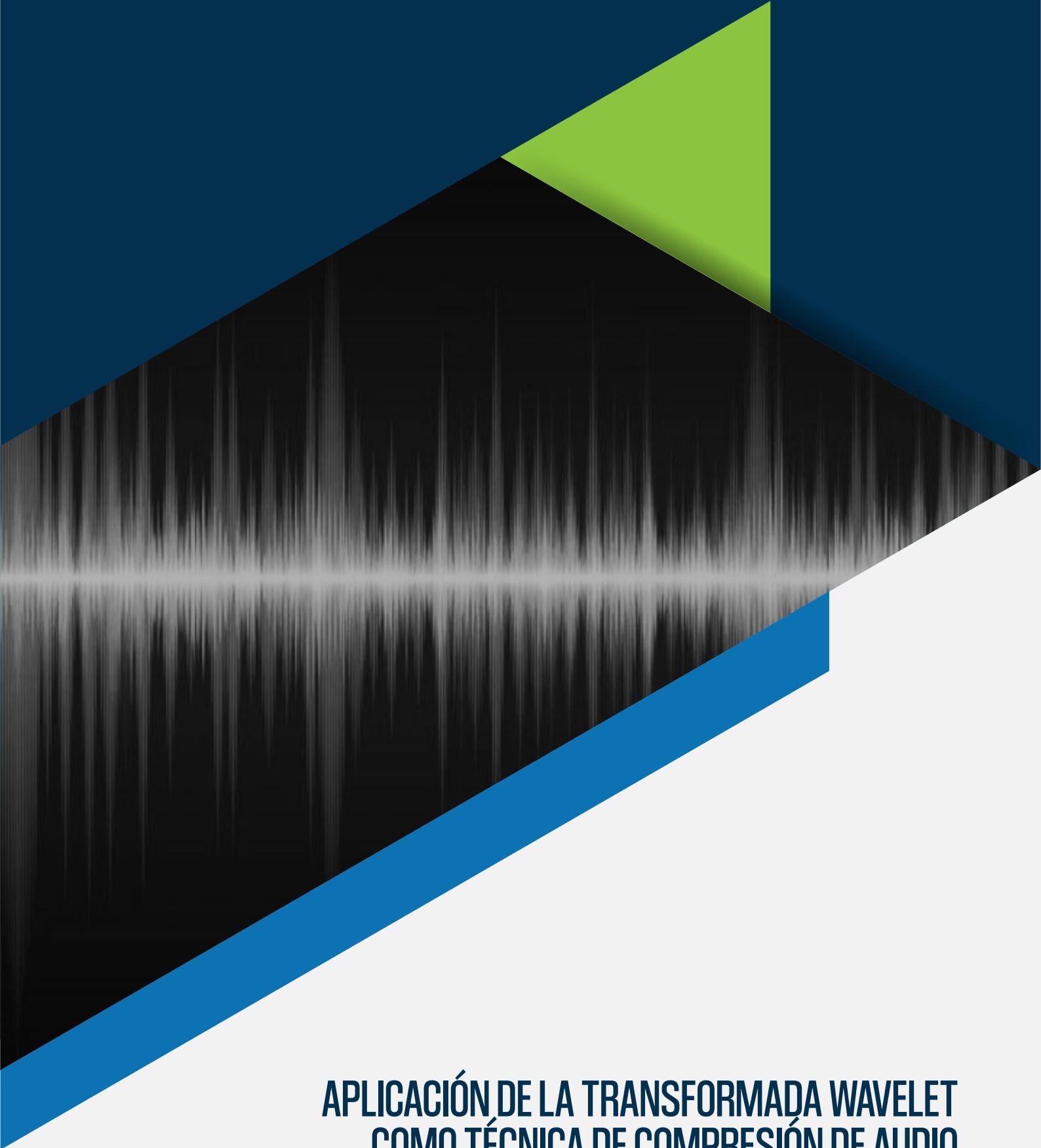
luego de una investigación documental se establezcan 3 relaciones de transmisión: A (3.5:1) ideal para circuitos de velocidad, B (4.17:1) establecida para circuitos trabados y C (3.83) para circuitos equilibrados o mixtos. Cualquiera de las tres puede asegurar el funcionamiento del kart ya que en la peor condición pueden aportar par a partir de los 39.9 Nm.

La realización de pruebas validó las selecciones realizadas en este estudio, ejecutadas en el autódromo 2 hemisferios se demuestra que para este circuito mixto el mejor tiempo de vuelta se consigue con la relación de transmisión tipo C, establecida como una relación intermedia de las tres seleccionadas, alcanzando un tiempo de vuelta de 72.832 ± 0.013 s, tiempo que le permite al karting ser competitivo bajo las condiciones de diseño establecidas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Karting | Federation Internationale de l'Automobile". <https://www.fia.com/es/events/karting/season-2019/karting> (consultado dic. 06, 2020).
- [2] A. Copa Maseda, *Los Secretos del Karting. Manual para la puesta a punto del chasis.*, Primera. España, 2014.
- [3] Novacero, "Reglamento técnico Copa Interuniversitaria NOVACERO". 2019.
- [4] E. A. Cervantes Panchi, "Implementación y adaptación de un motor a gasolina de 125 cc al sistema de transmisión del Go Kart de la Carrera de Ingeniería Automotriz". Quito, 2017.
- [5] S. A. Diego, "Diseño y análisis de un chasis de kart de competición.", Universidad Carlos III de Madrid, 2014.
- [6] R. Anadón Ochavo y D. Pabón Mansilla, "Diseño de un kart de pista.", Universidad Politécnica de Catalunya, 2012.
- [7] F. Aparicio Izquierdo, C. Vera Álvarez, y V. Díaz López, *Teoria de Los Vehiculos Automoviles*, Segunda. Madrid, 2001.
- [8] M. Cascajosa, *Ingeniería de vehículos: Sistemas y cálculos*, Segunda., vol. 76, núm. 3. México: Alfaomega, 2005.
- [9] P. Luque, D. Álvarez, y C. Vera, *Ingeniería del automóvil. Sistemas y comportamiento dinámico: sistemas y ...* - ALVAREZ MANTARAS, DANIEL, LUQUE RODRÍGUEZ, PABLO, VERA, CARLOS - Google Libros, Primera. Paraninfo, 2008.

- [10] CIK/FIA, "Karting Technical Regulations". Paris, France, 2020.
- [11] T. D. Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", *Fundam. Veh. Dyn.*, 1992, doi: 10.4271/r-114.
- [12] H. Kindler y H. Kynast, *Matemática aplicada para la técnica del automóvil*, Octava. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 1986.



APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET COMO TÉCNICA DE COMPRESIÓN DE AUDIO

APPLICATION OF THE WAVELET TRANSFORM AS AN AUDIO COMPRESSION TECHNIQUE

APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET COMO TÉCNICA DE COMPRESIÓN DE AUDIO

APPLICATION OF THE WAVELET TRANSFORM AS AN AUDIO COMPRESSION TECHNIQUE

Sani Domínguez Jenny Edith¹, Tustón Torres Irene², Fiallos Velasco Cristian Guillermo³.

¹IST Carlos Cisneros, Ecuador, Ecuador, jesad16@hotmail.com

² IST Carlos Cisneros, Ecuador, Ecuador, ire_nett@hotmail.com

² IST Carlos Cisneros, Ecuador, Ecuador, crisfibmw@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evidenciar la aplicación de la transformada wavelet como una técnica de compresión de audio. A través de la aplicación del método cuantitativo se revisa la información bibliográfica referente al uso de las transformadas en el procesamiento y análisis de señales. Con el uso de MATLAB se visualiza el comportamiento de la señal al aplicar los algoritmos de compresión a una muestra de audio, mediante el análisis de los diferentes comportamientos de la señal se presenta tanto el espectro de frecuencias temporales de audio, así como las señales de voz en donde se determina las características de la señal al aplicar la transformada directa de coseno, transformada inversa de coseno y la transformada wavelet.

Palabras clave: transformada wavelet, transformada de coseno, compresión de audio, análisis frecuencial, algoritmos de compresión.

ABSTRACT

The present research aims to demonstrate the application of the wavelet transform as an audio compression technique. Through the application of the synthetic analytical method, the bibliographic information regarding the use of transforms in signal processing and analysis is reviewed. With the use of MATLAB they allow to visualize the errors when applying the compression algorithms to an audio sample. By analyzing different signal behaviors, both the temporal frequency spectrum of the audio, as well as the voice signals, are displayed.

Keywords: *wavelet transform, cosine transform, audio compression, frequency analysis, compression algorithms.*

DCT (Discrete cosine transform); DWT (Discrete wavelet transform)

1. INTRODUCCIÓN

La aparición de nuevas aplicaciones digitales de audio ha hecho que cada vez sea necesario, aplicar nuevas técnicas para poder enviar la información tanto en redes de área local, inalámbricas como en internet. Las principales limitaciones a tomar en cuenta serían el ancho de banda además de la capacidad de almacenamiento limitada. Ante estas limitantes surge la necesidad de comprimir la información, cuya función es reducir al mínimo el número de bits necesarios para mantener una calidad aceptable de la señal original.

Los estándares actuales de compresión de audio están basados en la transformada discreta de coseno y la transformada wavelet. [1][2]

La compresión de señales de audio reduce la información de datos para almacenar y/o transmitir una señal de audio. La reducción de memoria es realizada, reduciendo información redundante e irrelevante contenida en la señal para lo cual se puede utilizar un esquema de codificación eficiente y de baja complejidad basado en la transformada de coseno discreta (DCT). [3]

La transformada wavelet es utilizada para la codificación de voz en tiempo real, además en los sistemas eléctricos de potencia. [4] [5] Adicional a las aplicaciones de voz y audio la transformada wavelet es muy utilizada para la compresión de imágenes. [6] Un estudio reciente muestra la utilización de la transformada de paquetes wavelet para la tele operación. [7] [8]

Para determinar que algoritmo es la más eficaz en términos de una representación comprimida de la señal de audio se realizó un estudio comparativo de la compresión de audio utilizando varias técnicas de como la Transformada de Coseno Discreta, la Transformada de Onda, la Transformación de Paquete de Onda (W.P.T) y la Transformación de Paquete de Coseno obteniendo un análisis de la relación de compresión para cada una de las técnicas basado en las medidas de rendimiento como: la relación señal / ruido (SNR), el error cuadrático medio normalizado (NRMSE), la energía de señal retenida (RSE). [9]

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Se aplica el método cuantitativo ya que mediante varias estrategias se procesa información que permitirá obtener datos numéricos para el análisis de los principales algoritmos de compresión con sus respectivas características. Se utiliza como medio de verificación y prueba la simulación mediante el software MATLAB aplicando a una señal de audio las técnicas de la transformada de coseno y la transformada wavelet para visualizar los parámetros y errores de la señal.

A. Algoritmos de compresión mediante transformadas

En el procesamiento de señales se pueden encontrar diferentes tipos de señales estacionarias y no estacionarias. Las primeras son localizadas en el tiempo ya que su frecuencia no varía, en este tipo de ondas se puede recurrir a la Transformada de Fourier (FT). En el caso de señales con comportamiento no-estacionario, es decir, cuya frecuencia varía en el tiempo, al aplicar la transformada de Fourier resulta imposible realizar el cambio al dominio del tiempo porque no permite determinar en qué momento se presenta un cambio en la frecuencia.

En este sentido han surgido conceptos como son la Transformada Corta de Fourier (STFT), la Transformada de Coseno discreta (DCT) y la Transformada Wavelet (WT) que permiten un análisis en tiempo-frecuencia.

1) Transformada Discreta de coseno - DCT

La Transformada discreta de coseno, transforma los datos en dominio de la frecuencia, de modo que pueden ser representados por un conjunto de coeficientes. El beneficio de la DCT es que, la energía de los datos reales se puede concentrar en sólo pocos componentes de baja frecuencia, dependiendo de la correlación presente en los datos. La ecuación (1) representa la transformada de coseno discreta de la secuencia de dimensión-1 de longitud N.

$$c(u) = a(u) \sum_{n=0}^{N-1} \cos \left[\frac{\pi u}{2N} (2n+1) \right] x(n) \quad (1)$$

Donde:
 $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$

$x(n)$ es la secuencia discreta de la señal
 $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ es el número de elementos de la función $x(n)$

$c(u)$ son los coeficientes de la transformada de coseno y;

$$a(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{para } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{para } u \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

La transformada inversa del coseno (IDCT) está representada por la ecuación:

$$x(n) = \sum_{u=0}^{N-1} a(u) \cos \left[\frac{\pi u}{2N} (2n+1) \right] c(u) \quad (3)$$

2) Transformada Wavelet

A diferencia de Fourier, en donde las funciones base son senos y cosenos de duración infinita, en el análisis Wavelet la base son funciones localizadas en frecuencia (dilatación) y en tiempo (traslación).

El término traslación está relacionado con la localización de la ventana a medida que ésta se desplaza a través de la señal. En el caso de la transformada wavelet se tiene un parámetro de "escala" el que se define como:

$$\text{Escala} = \frac{1}{\text{Frecuencia}} \quad (4)$$

Una Wavelet es una "pequeña onda" de duración limitada, es decir, su energía está concentrada en el tiempo alrededor de un punto, lo que proporciona una adecuada herramienta para el análisis de fenómenos transitorios, no estacionarios, variables en el tiempo y aquellos que presenten discontinuidades.

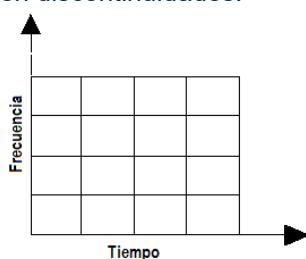


Figura 1. Transformada rápida de Fourier

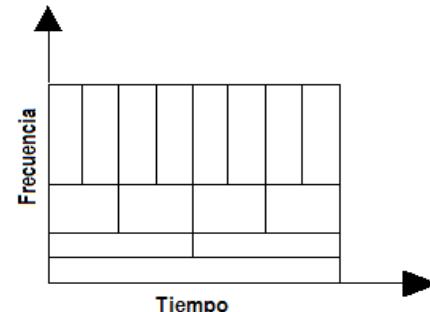


Figura 2. Análisis wavelet

3) La transformada Wavelet continua (CWT)

La transformada Wavelet continua fue desarrollada como una técnica alternativa a la STFT como una manera de superar el problema de resolución del intento de obtener una descripción tiempo-frecuencia de la señal.

La transformada Wavelet continua se define como:

$$C(\tau, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \Psi_{\tau,s}(t) d(t) \quad (5)$$

Donde:

$$\Psi_{\tau,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \Psi \left(\frac{t-\tau}{s} \right) \quad (6)$$

Como se observa en la ecuación 6, la señal transformada es una función de dos variables, τ y s que son los parámetros de traslación y escala respectivamente. $\Psi_{\tau,s}(t)$ es la función de transformación que se le denomina "wavelet madre". Existen funciones con diferentes regiones de actuación que se usan en el proceso de transformación y que provienen de una función principal o wavelet madre; es decir, la wavelet madre es un prototipo para generar las otras funciones ventanas. La figura 3 muestra las funciones wavelets madre más usadas en la práctica.

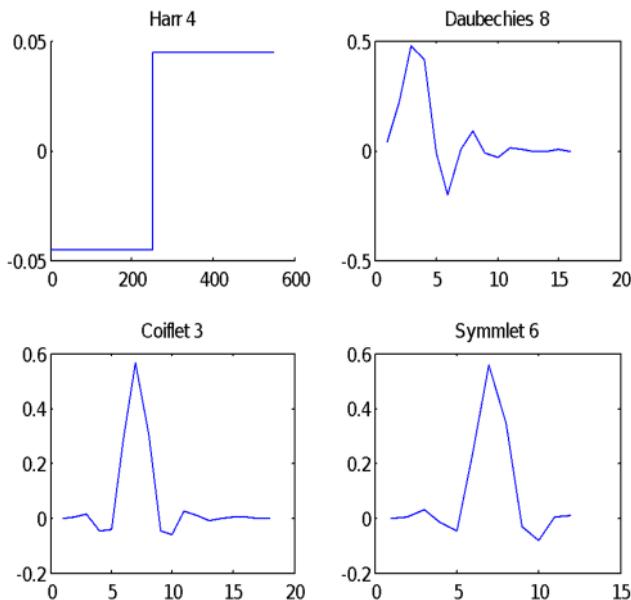


Figura 3. Wavelets madre

4) Transformada Wavelet discreta (DWT)

Sea la señal $x(n)$ una función discreta. En este caso la transformada Wavelet de esta señal viene dada por:

$$C[i, k] = \sum_{n \in Z} x[n] \Psi_{j,k}[n] \quad (7)$$

Donde $\Psi_{j,k}[n]$ es una wavelet discreta definida como:

$$\Psi_{j,k}[n] = 2^{-j/2} \Psi[2^{-j} n - k] \quad (8)$$

Los parámetros τ y s están definidos según la escala diádica (escalas y posiciones en potencias de 2), de manera que $\tau = 2^j$, $s = 2^j k$

La transformada inversa se define como:

$$x[n] = \sum_{j \in Z} \sum_{k \in Z} C[j, k] \Psi_{j,k}[n] \quad (9)$$

Una manera de implementar la DWT es utilizando filtros, lo que lleva a la transformada rápida de wavelets; una caja a la que entra una señal y de la que salen coeficientes.

El proceso básico se muestra en la Figura 4:

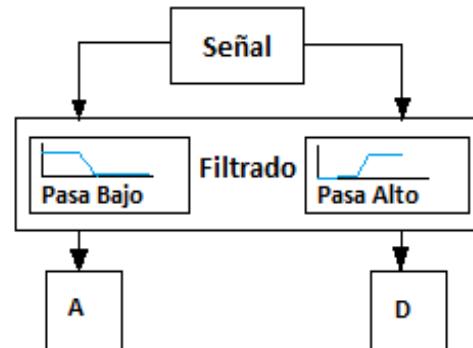
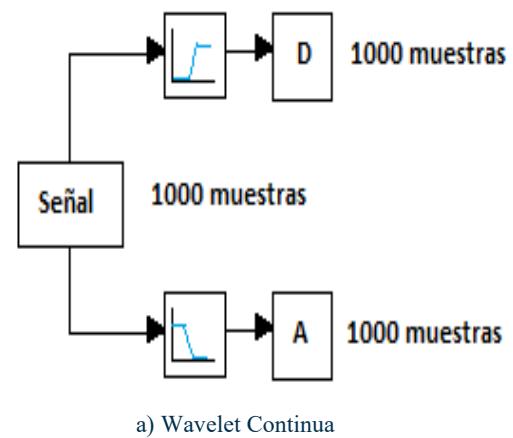
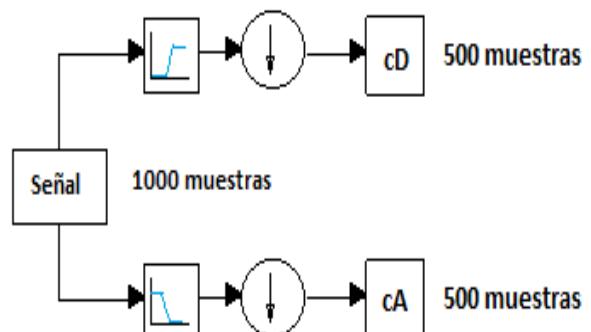


Figura 4. Proceso de descomposición

Las figuras 5(a) y 5(b) muestran el proceso para obtener la transformada wavelet continua y la transformada wavelet discreta.



a) Wavelet Continua

b) Wavelet Discrete
Figura 5. Transformada wavelet

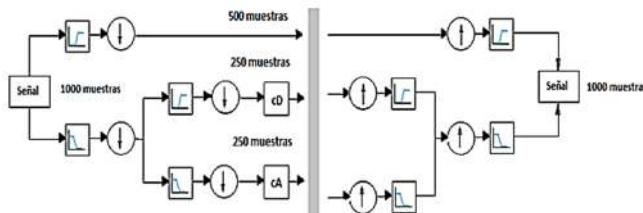


Figura 6. Descomposición y reconstrucción de la señal

Para muchas señales la información más importante se encuentra en las señales bajas mientras que en las altas frecuencias se encuentran los detalles o matices de la señal como se observa en la Figura 7.

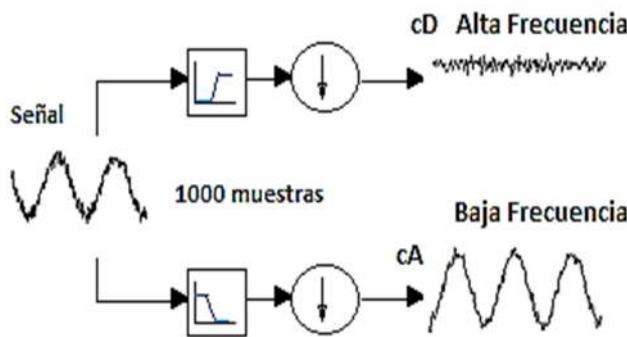


Figura 7. Descomposición de frecuencias

En la Figura 6 se muestra el proceso de descomposición y reconstrucción de la señal:

El proceso de descomposición puede ser iterado (multinivel), ver Figura 8:

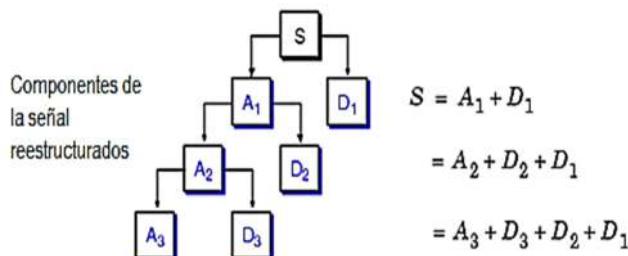


Figura 8. Proceso de descomposición multinivel

5) Transformada de Paquetes Wavelet WPT

La transformada de paquetes Wavelet o su término en inglés (wavelet packet transform-WPT) es una simple generalización de la transformada Wavelet discreta. Matemáticamente hablando, la forma fundamental de ondas se muestra en las ecuaciones (10) y (11).

$$\Psi(t) = \sqrt{2} \sum_{n \in \mathbb{Z}} g(n) \phi(2t - n) \quad (10)$$

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_{n \in \mathbb{Z}} h(n) \phi(2t - n) \quad (11)$$

Donde $g(n)$ y $h(n)$ denotan filtros paso alto y paso bajo respectivamente, que en conjunto constituyen un par de filtros de cuadratura conjugadas.

A diferencia del análisis de wavelets, la de paquete se descompone como se muestra en la figura 9:

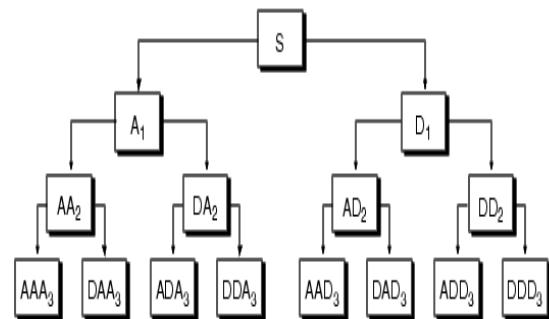


Figura 9. Descomposición multinivel mediante transformada de paquetes wavelet

3. RESULTADOS

En la figura 10. Se presenta la señal cellos.wav en el dominio del tiempo a partir de esta se aplican los algoritmos de compresión mencionados en el apartado 1.

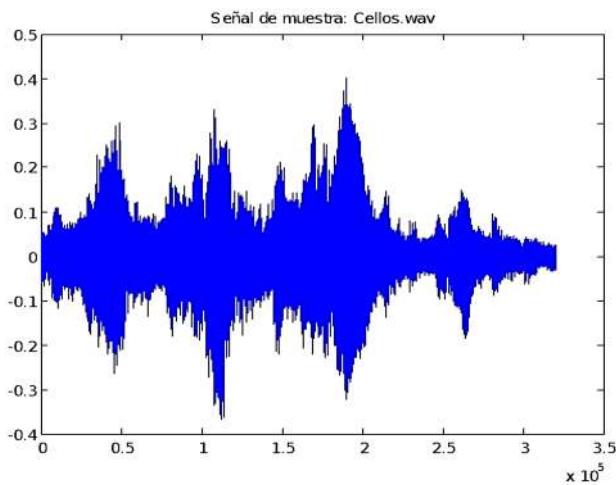


Figura 10. Señal de muestra. wav

En la figura 11 se muestra la señal recuperada mediante la transformada del coseno. Con este este tipo de transformada se verifico que existe una mayor tasa de error al recuperar la señal como se puede verificar en la figura 12

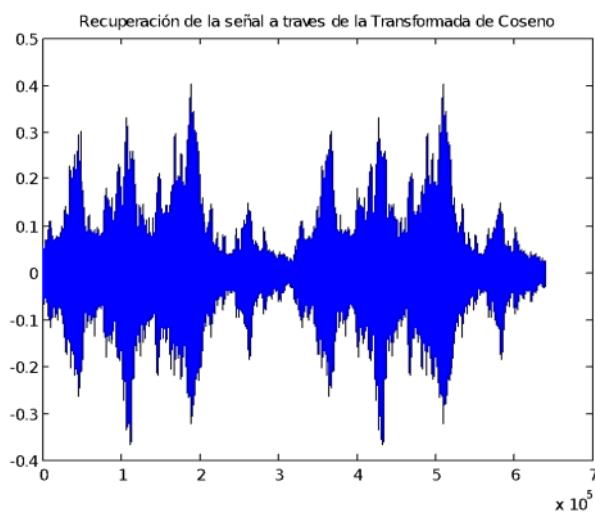


Figura 11. Señal con transformación coseno

La Figura 12 muestra la señal error que se produce respecto a la señal original al trabajar con la transformada de coseno.

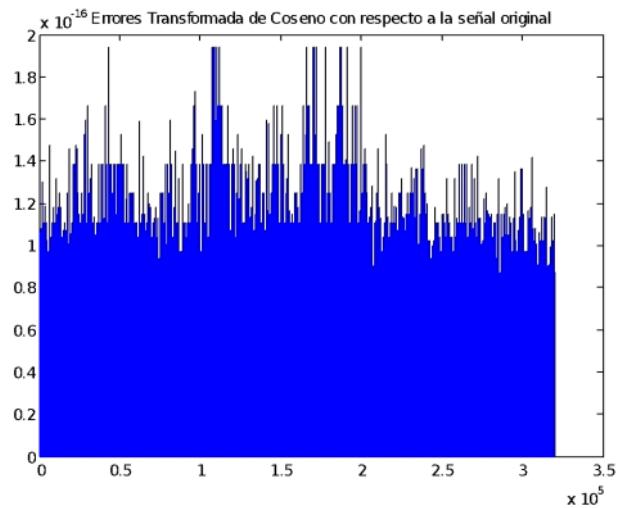


Figura 12. Señal de error mediante la transformada de coseno

La figura 13 muestra a la señal recuperada mediante la transformada wavelet discreta utilizando una función madre haar y en la figura 14 se muestra la gráfica de la tasa de error al realizar la comparación entre la señal original y la señal recuperada con la función madre haar

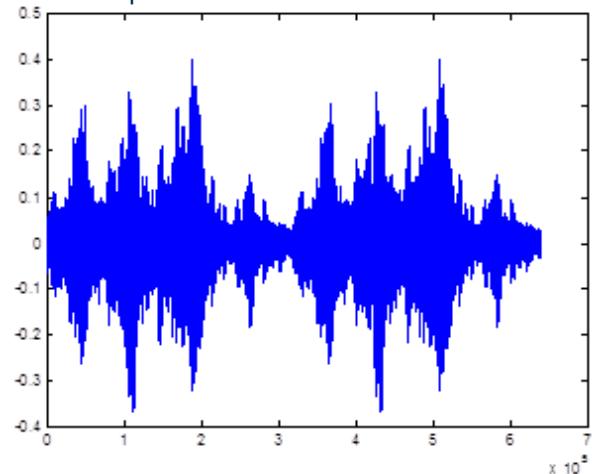


Figura 13. Señal con transformada wavelet

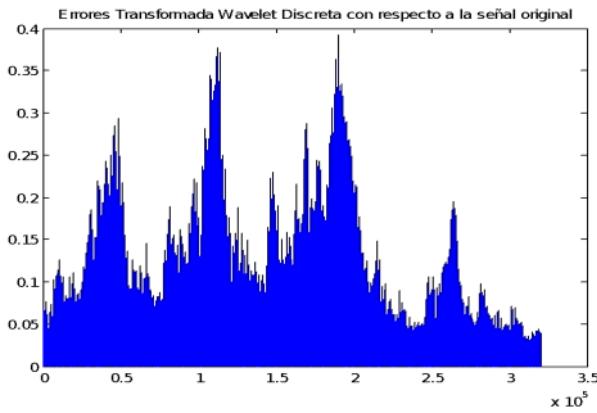


Figura 14. Errores mediante la transformada wavelet

En la Figura 15 se muestra a la señal recuperada mediante la transformada de paquetes wavelet utilizando una señal madre daubechies (db4), con su respectiva relación gráfica entre la señal original y la señal recuperada en la figura 16.

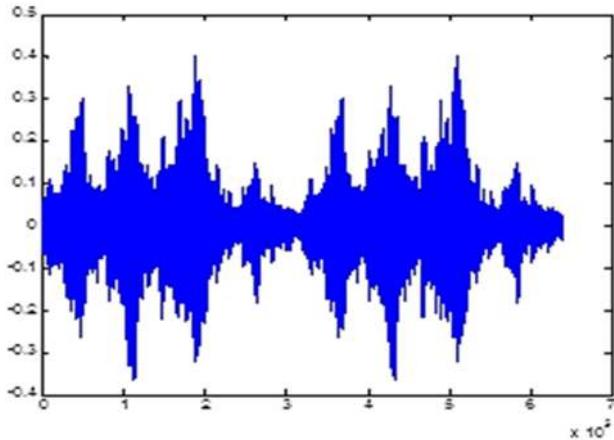


Figura 15. Señal con transformada de paquetes wavelet

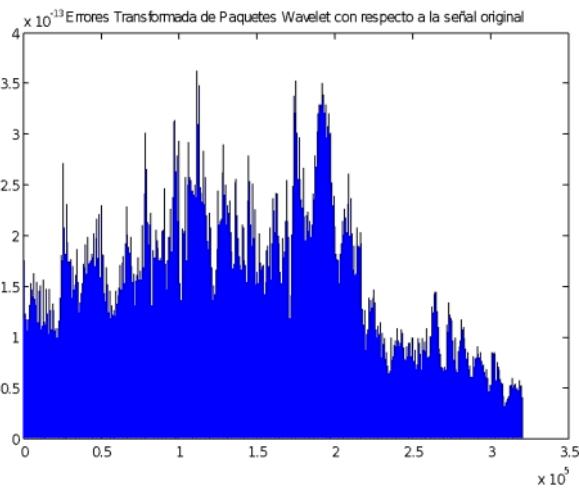


Figura 16. Señal de error mediante la transformada de paquetes wavelet

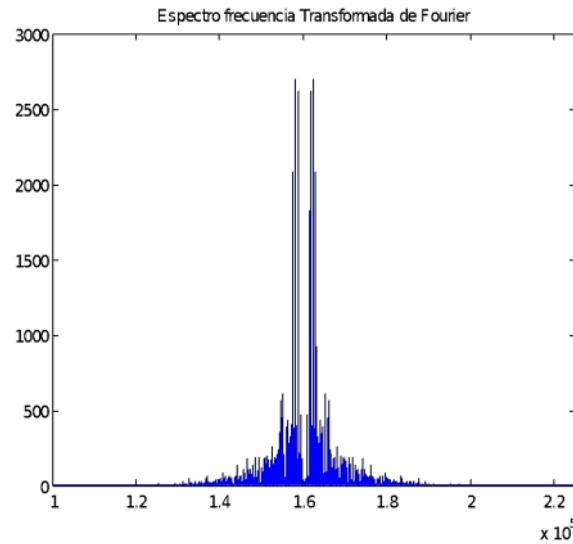


Figura 17. Espectro de frecuencia de la transformada de fourier

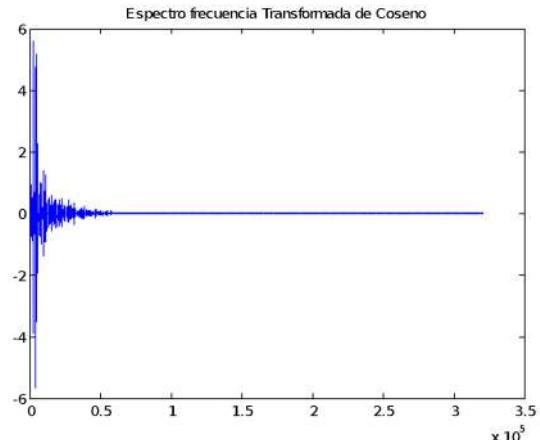


Figura 18. Espectro de frecuencia de la transformada de coseno

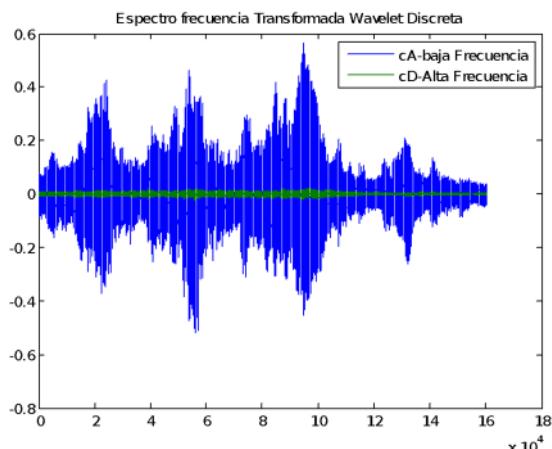


Figura 19. Espectro de frecuencia de la transformada wavelet discreta

En este algoritmo se presenta una disminución de la cantidad de información en el audio ya que realiza una anulación de los valores de los coeficientes wavelet anterior a la reconstrucción.

4. CONCLUSIONES

La codificación de voz es un tipo de codificación con pérdida, lo que significa que la señal de salida no es exactamente igual a la señal de entrada. La codificación de audio, sin embargo, necesita mayor exactitud para reconstruir la señal original.

La naturaleza y los requerimientos de las señales que actualmente se manejan no permite que se las trate únicamente como señales estacionarias, si se desea manipular varios parámetros de la señal se requiere técnicas que manejen señales no estacionarias que hacen posible una mejor codificación con menos margen de error como se puede verificar en las figuras 12, 14 y 16 demostrando que en este análisis el mejor algoritmo es el de la transformada wavelet.

Para un análisis de las señales en el dominio frecuencia-tiempo es útil la transformada wavelet como se muestra en la figura 19 ya que dicho análisis no puede ser posible en la transformada de Fourier como se muestra en la figura 17.

En la transformada discreta de coseno (figura 18) la energía de los datos reales se puede

concentrar en sólo pocos componentes de baja frecuencia es por esta razón que es la compresión que más errores presenta.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Patil, A. Gupta, A. Varma, and S. Salil, "Audio Compression Using DCT and DWT Techniques," vol. 2, no. 5, pp. 1712–1719, 2014.
- [2] H. Amhia and R. Kumar, "A New Approach of Speech Compression by Using DWT & DCT," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 3, no. 7, pp. 10762–10765, 2014, doi: 10.15662/ijareee.2014.0307066.
- [3] D. Zainab and G. Loay, "Audio Compression Based on Discrete Cosine Transform , Run Length and High Order Shift Encoding," vol. 4, no. 1, pp. 45–51, 2014.
- [4] H. Elaydi and M. B. Tanboura, "KEYWORDS:"
- [5] N. Singh, M. Kaur, and R. Kaur, "An Enhanced Low Bit Rate Audio Codec Using Discrete Wavelet Transform," vol. 3, no. 4, pp. 2222–2228, 2013.
- [6] P. Faundez and A. Fuentes, "*Wavelet* Procesamiento Digital de Señales Acústicas utilizando Wavelets., " *Consult. el*, vol. 16, 2000.
- [7] V. Aggarwal and M. Patterh, "ECG Compression using Wavelet Packet, Cosine Packet and Wave Atom Transforms., " *Int. J. Electron. Eng. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 259–268, 2009, [Online]. Available: [://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijer&volume=1&issue=3&article=009&type=pdf](http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijer&volume=1&issue=3&article=009&type=pdf).
- [8] A. Kuzu, E. A. Baran, S. Bogosyan, M. Gokasan, and A. Sabanovic, "Wavelet packet transform-based compression for teleoperation," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part I J. Syst. Control Eng.*, vol. 229, no. 7, pp. 639–651, 2015, doi: 10.1177/0959651815575438.
- [9] R. Mohammad and M. Vijaya Kumar, "Audio Compression using Multiple Transformation Techniques," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 86, no. 13, pp. 9–14, 2014, doi: 10.5120/15043-34



**ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE
VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA.**

**ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST
GASES THROUGH THE STATIC TEST.**

ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA.

ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST GASES THROUGH THE STATIC TEST.

Zhigui Loja Carlos Alfredo¹, Jiménez Negrón Nader Agustín², Espinoza Castillo Erick Fernando³.

¹ Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, czhigui@institutos.gob.ec¹

² Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, njimenez@institutos.gob.ec²

³ Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, erickespinoza_1997@hotmail.com³

RESUMEN

En las principales ciudades del Ecuador ya están operando los centros de Revisión Técnica Vehicular, pero esto no ocurre a nivel nacional, como es el caso de la Ciudad de Zaruma, provincia de el Oro, donde los transportistas de servicio público desconocen del proceso y que parámetros se revisan, uno de estos es el cumplimiento de las emisiones de gases contaminantes, además la Agencia Nacional de Transito dispuso plazos para que los Gobiernos Autónomos Descentralizados realicen la Revisión Técnica, por tal motivo el presente artículo tiene como objetivo analizar las emisiones de los motores a gasolina, para esto se utiliza la Norma INEN 2203 y la Norma INEN 2204. Las respectivas pruebas se realizaron a una altura de 1250 msnm, en la ciudad de Zaruma. Los vehículos a los que se les ejecutó las mediciones, pertenecen a la cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", los cuales fueron sometidos a pruebas estáticas. Se concluye que a medida que el parque vehicular es más antiguo, las emisiones de HC y CO son altas, mientras la flota vehicular es más actual sus valores disminuyen. Además, el 77.59 % de la flota vehicular, cumple con la Norma INEN 2204 y de los vehículos no aprobados el 78% corresponde a los HC y el 22 % le corresponde al CO.

Palabras clave: Emisiones; Motor encendido por chispa, Análisis de gases, INEN 2203, INEN 2204

ABSTRACT

Vehicle Technical Review centers are already operating in the main cities of Ecuador, but this does not happen at the national level, as is the case in the City of Zaruma, province of El Oro, where public service carriers are unaware of the process and what parameters are reviewed, one of these is compliance with polluting gas emissions, also the National Transit Agency established deadlines for the Decentralized Autonomous Governments to carry out the Technical Review, for this reason, this article aims to analyze the emissions of gasoline engines, for this the INEN 2203 Standard and the INEN 2204 Standard are used. The respective tests were carried out at a height of 1250 msnm, in the city of Zaruma. The vehicles on which the measurements were carried out belong to the taxi cooperative "Zaruma Urcu", which were subjected to static tests. It is concluded that as the vehicle fleet is older, the emissions of HC and CO are high, while the vehicle fleet is more current its values decrease. In addition, 77.59% of the vehicle fleet complies with the INEN 2204 Standard and of the unapproved vehicles, 78% correspond to HC and 22% correspond to CO.

Keywords: Emissions, Spark ignition engine, Gas analysis, INEN 2203, INEN 2204.

Recibido: (dejar en blanco) Aceptado: (dejar en blanco)

Received: Accepted:

1. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna funcionan transformando la energía química del combustible a energía calorífica y esta a su vez en energía mecánica (movimiento) utilizada para suministrar potencia a una maquina o equipo. Esta energía es aprovechada para beneficio al poner en movimiento el automóvil, y también se generan productos dañinos a la atmósfera [1]. Debido a los cambios que ocurren durante el proceso de combustión, es difícil obtener una combustión perfecta, por esto se generan otros componentes como monóxido de carbono, hidrocarburos no combustionados, óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan de forma dañina con el medio ambiente [2].

Los principales contaminantes emitidos por los motores de combustión interna son hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM). Cada una de estas emisiones tiene un impacto significativo en la salud humana y el medio ambiente, por eso se han promulgado estrictas regulaciones de emisiones en todo el mundo [3].

Una característica importante del parque vehicular es la antigüedad de los mismos, esto debido a que los vehículos más antiguos son en general más contaminantes por la tecnología que utilizan [4]. Sin embargo existen otros factores que influyen directamente en la generación de emisiones contaminantes tales como; el estado de las vías, la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo [5].

Estudios de análisis de gases se han desarrollado en la ciudad de Quito, donde esta implementando la Revisión Técnica Vehicular, donde investigaron el comportamiento de los gases contaminantes generados por un vehículo nissan sentra en prueba estática, y pruebas dinámicas según el protocolo ASM y el IM 240, y las comparaciones respectivas entre cada una de las pruebas y su factor de emisión, donde concluyen que el sistema de inyección del vehículo trabaja de forma incorrecta en la prueba estática, con un factor lambda que oscila entre 1.18 y 1.79 lo que afecta la operación normal del motor por exceso de aire en la mezcla; mientras que en el sistema de prueba dinámica se acerca a la condición del factor lambda 1,

parámetro ideal para la formación de la mezcla estequiométrica [6].

Se han realizado investigaciones donde han determinado la relación entre la calidad de la gasolina que se expende en el Ecuador y el grado de las emisiones contaminantes producidas por el mismo vehículo de prueba, a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar, donde establecieron que con una gasolina de 92 octanos se obtiene una mejor combustión y una menor emisión de gases contaminantes [3].

El método de ensayo de la prueba estática, se describe en la sección cinco, Método de Ensayo de la norma NTE INEN 2203:2000 [7], con el vehículo de prueba en ralentí y a una revolución constante de 2500, a una temperatura del aceite del motor constante de 94 °C, el proceso de medición se repite en tres pruebas para obtener valores promedio de las emisiones.

En la Ciudad de Zaruma, provincia de El Oro se realiza las inspecciones vehiculares denominadas revisiones visuales, pero según Resolución N.- 030-ANT-DIR-2019 [8], se establece plazos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados para implementar la revisión técnica vehicular, una de las pruebas que deben aprobar es la de emisiones contaminantes generadas por los motores a gasolina, por este motivo los socios de la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", indican su preocupación al no conocer el procedimiento de la revisión de gases y cuantos vehículos de su cooperativa aprobarían la revisión.

El presente trabajo se plantea determinar el porcentaje de vehículos que cumplen la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204: Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina [9], en la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu" y además establecer el o los gases contaminantes que predominan para no aprobar la Norma NTE INEN 2204, mediante la prueba estática, y utilizando equipos que cumplen los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 2349: Revisión técnica vehicular. Procedimientos [10].

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación de campo es de carácter descriptivo experimental, limitándose a medir los

niveles de emisiones de gases contaminantes, generados por los vehículos de propiedad de la Cooperativa de taxis Zaruma "Urcu", ubicada en la ciudad de Zaruma que está a 1250 msnm, a una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa del 70%. [11].

Las pruebas estáticas se realizaron con un analizador de gases marca Brain-Bee AGS-688 que cumple las características técnicas requeridas en la Norma INEN 2349:2003 y permite medir el monóxido de carbón (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), hidrocarburos (HC) y el valor lambda.

Las pruebas se realizan en base a la norma NTE INEN 2203:2000, se efectuaron a una velocidad de giro del motor de ralenti, y posteriormente a 2500 revoluciones por minuto. Para cada prueba, el motor del vehículo debe estar a temperatura de funcionamiento y la transmisión del mismo debe encontrarse en neutro.

El tiempo de medición es aproximadamente 30 segundos en cada prueba, para asegurarse de que el vehículo esté estable. La medición estática de gases se realizó para cuatro parámetros que son hidrocarburos no combustionados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V).



Fig.1: Mediciones de gases de escape.

Los resultados se analizaron bajo la norma NTE INEN 2204 sobre los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a gasolina, evaluando los gases CO y HC.

A través de la entrevista con los dueños o conductores de los taxis de la cooperativa, para obtener información sobre la ¿Marca y modelo del taxi?; ¿Año de la fabricación del vehículo?; ¿tipo de combustible empleado? De esta última pregunta el 100% del parque vehicular emplea combustible "EXTRA", y los modelos de vehículos oscila entre 2008 al 2020.

El método de recopilación de datos primarios y secundarios, es de forma cualitativa y cuantitativa, considerando variables independientes; como, modelo, marca de taxi y tipo de combustible; y como variable dependiente el porcentaje de vehículos que cumplen Norma INEN 2204.

3. RESULTADOS

Se realizó las pruebas basándose en el proceso de la norma INEN 2203, a los vehículos de la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", con el objetivo de determinar si el 100% de vehículos de la cooperativa de taxis "Zaruma Urcu" cumplen los límites permitidos de emisiones según la Norma INEN 2204.

En la figura 2 se muestra el porcentaje del parque vehicular de la cooperativa de taxis por año, de estos datos se obtiene que la edad promedio del parque vehicular, es de seis años; que se considera un parque automotor nuevo, esto implica que los vehículos tienen incorporados tecnologías de innovación en su seguridad y optimizan el uso de combustible, lo que significa, que son más amigables con el medio ambiente. [12].

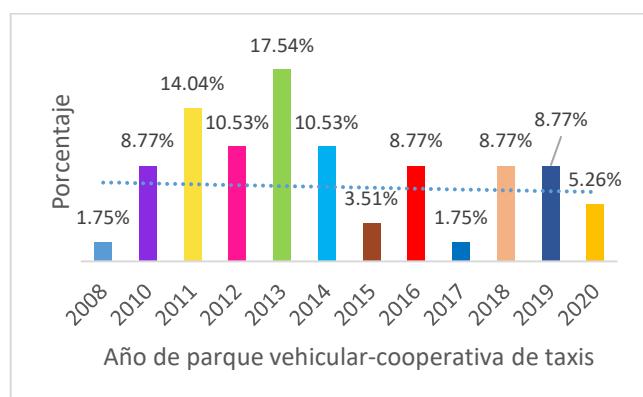


Fig.2: Porcentaje del parque vehicular de la cooperativa por año

CUMPLIMIENTO DE LAS EMISIONES DE LOS GASES DE ESCAPE SEGÚN NORMA INEN 2204

En la figura 3, se indica el porcentaje de vehículos que aprueban y No aprueban según la Norma NTE INEN 2204. dando como resultado que aprueban 77,59 % y reprueban el 22,41%.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DE LOS HC EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE CUMPLEN LA NORMA INEN 2204.

Del porcentaje de vehículos que cumplen las emisiones según la Norma INEN 2204 referente a Hidrocarburos no combustionados HC, se indica en la figura 4 el promedio por año de estas emisiones de la flota de vehículos, de estas mediciones se observa que el valor más alto es de 137 ppm, que les corresponden a los vehículos del año 2008, y a medida que los vehículos son más actuales la tendencia es reducir esos valores.

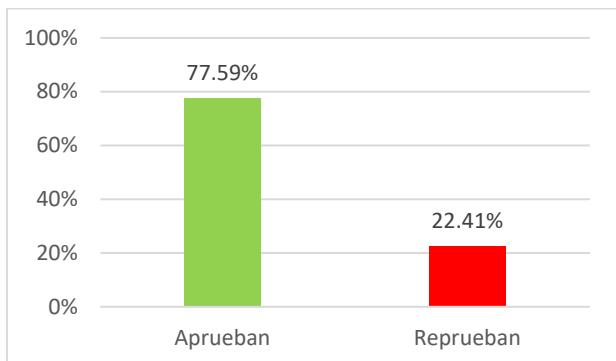


Fig.3: Porcentaje de vehículos que aprobaron y reprobaron

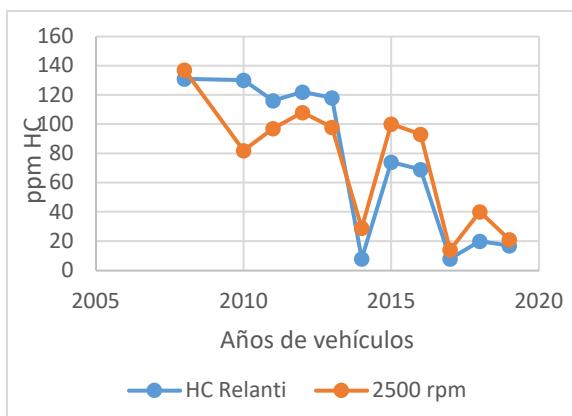


Fig.4: Variación de los HC en vehículos aprobados en función del año

RESULTADO DE LAS EMISIONES DE LOS HC EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN CON LA NORMA INEN 2204

En la figura 5 se muestra la tendencia del HC en vehículos que no aprueban la norma NTE INEN 2204, en función del año, se evidencia que los automóviles más antiguos presentan valores altos en condiciones de ralentí y 2500rpm, de 400 a 249 ppm, respectivamente; y en el rango de vehículos desde el 2010 al 2014, estos valores van disminuyendo.

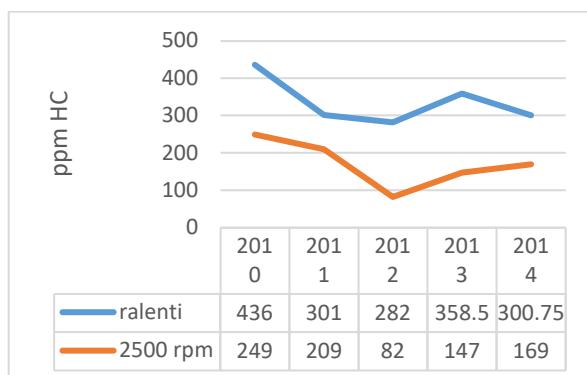


Fig.5: Variación de los HC en vehículos no aprobados en función del año.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DEL CO EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE CUMPLEN LA NORMA INEN 2204

Del porcentaje de vehículos que cumplen las emisiones según la Norma INEN 2204 referente a Monóxido De Carbono CO, se indica en la figura 6 el promedio por año de estas emisiones de la flota de vehículos, del total de aprobados en condiciones de CO a ralentí y 2500 rpm, donde los modelos más antiguos están en valores de 0.47% y los más actuales en valores promedio de 0.02 % de CO, aunque los valores más altos de CO (0,52 %) corresponden a los vehículos del año 2013.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DEL CO EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN LA NORMA INEN 2204

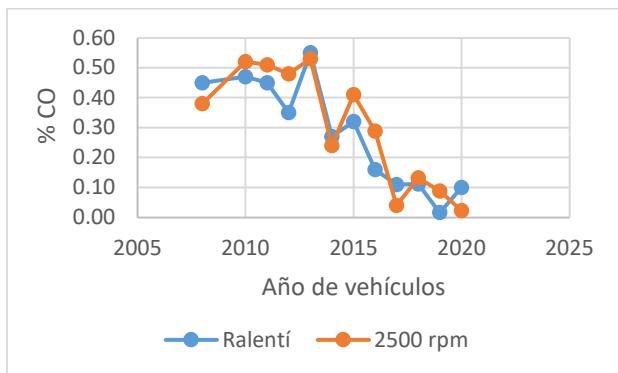


Fig.6: Variación del porcentaje de CO en vehículos aprobados en función del año.

En la figura 7 se muestra la tendencia del CO en vehículos que no aprueban la norma NTE INEN 2204, en función del año, el límite que establece la Norma es del 1% en volumen y se observa que los vehículos del año 2010 son los que poseen porcentaje se reduce según el año del vehículo.

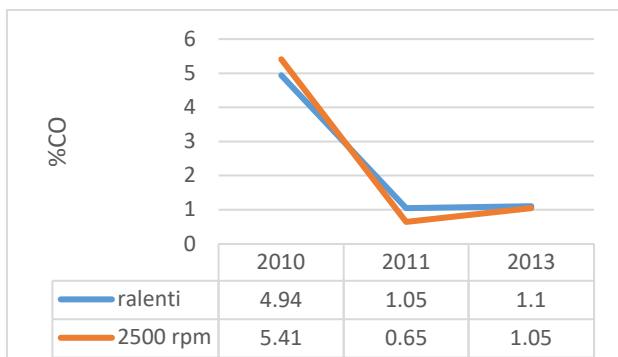


Fig.7 Variación del porcentaje de CO en vehículos no aprobados en función del año

De las mediciones realizadas se obtienen el porcentaje de gases que predominan en el incumplimiento de las emisiones según la Norma INEN 2204, dando como resultado que el mayor porcentaje se encuentra en los Hidrocarburos no combustionados HC %.

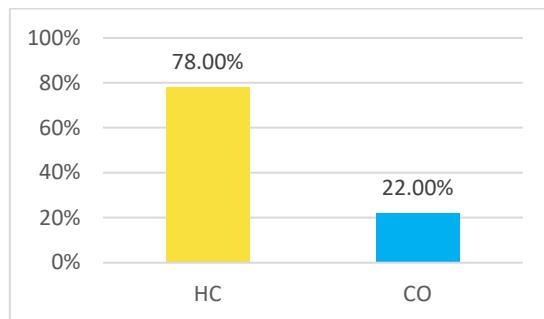


Fig.8: Porcentaje de gases contaminantes en los vehículos no aprobados.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los valores medidos de la variación de las emisiones de HC y CO en vehículos aprobados y no aprobados en función de su año de fabricación, se obtiene que a medida que el parque vehicular es más nuevo los valores de emisiones son menores, a esta conclusión también se llegó en el estudio realizado por la Universidad Técnica de Ambato [13] donde indican que mientras el vehículo sea más actual o nuevo las emisiones de CO serán mucho menor, así también los hidrocarburos no combustionados (HC) disminuyen a medida que el año de los vehículos incrementa. Esto también se complementa con la realizada por [14], que las concentraciones promedio de emisiones de CO, HC y NO para los vehículos de gasolina agregados son inversamente proporcionales a los años del modelo.

Así también en el estudio de [15], sobre emisiones contaminantes sobre una Cooperativa de taxis, realizada en la Ciudad de Huaquillas ubicada a 11 msnm, muestra que el 48% reprueba por HC y en CO reprobaban el 52 %; mientras en la ciudad de Zaruma ubicada a 1250 msnm, se evidencia que el porcentaje de reprobados en HC es de 78% y 22% de vehículos reprobados en CO, es decir hay un aumento del 30% en cuanto a emisiones de HC y una reducción de emisiones de CO en un 30%.

Al comparar las mediciones realizadas en [6], con respecto a la prueba estática concluyen que el mayor gas contaminante es el HC, prueba realizada en Quito a un altura de 2810 msnm.

Al comparar la investigación realizada con [6] se evidencia el comportamiento del gas HC con respecto a la altura, puesto que en las ciudades de Zaruma y Quito este gas posee mayor porcentaje, pero si se compara con la ciudad de Huaquillas el gas que mayor porcentaje es el CO. El gas HC se genera cuando no todo el combustible se quema dentro de la cámara de combustión, esto es provocado por una deficiencia en el sistema de encendido y se puede relacionar, con unas de siguientes fallas, cuando no se coloca la bujía recomendada por el fabricante, hasta que el sistema de inyección no está corrigiendo el ángulo de avance al encendido en función de la altura que se encuentre el vehículo, si bien existen investigaciones realizadas sobre el comportamiento de los gases de escape en función de la altura, pero es necesario considerar en una investigación futura si el sistema de inyección está realizando el ajuste del avance correcto en función de la altura.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos exponen que la edad del parque automotor influyen en los parámetros de gases contaminantes es decir, vehículos desde el 2010 al 2014 evidencia niveles de HC altos así como del 2010 al 2013 en CO; mientras los modelos de vehículos más actuales de la cooperativa sus valores de emisiones contaminantes decrecen de forma considerable; y de forma general, la cooperativa al tener un parque vehicular en promedio de seis años muestran valores de 77.59% de aprobados, contra un 22.41% de vehículos reprobados.

Del parque vehicular aprobado se concluye que, a medida que los modelos son más actuales los valores disminuyen en HC de 17 ppm de las 200 permitidas y en CO valores promedio de 0.02 % del 1 % permitido, estos datos dependen también del mantenimiento preventivo y correctivo realizado a las unidades.

De las mediciones realizadas el gas de escape que domina es el HC es por ello que para trabajos futuros es necesario establecer que sistema de la inyección electrónica de los motores provocan este aumento en las emisiones, para establecer un procedimiento de diagnóstico y con ello preparar a los vehículos para que cumplan con la Norma INEN 2204.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. González Velasco, *Energías renovables*, México: Reverté, 2009.
- [2] O. Özener, L. Yüksek, A. T. Ergenç y M. Özkan, «Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics,» *Fuel*, vol. 115, pp. 875-883, 2012.
- [3] L. E. Tipanluisa , A. P. Remache, C. R. Ayabaca y S. W. Rein, «Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades,» *Información Tecnológica* , vol. 28, nº 1, pp. 3-12, 2017.
- [4] A. Pareja, M. Hinojosa y M. Luján, «Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, año 2008,» *Acta Nova*, vol. 5, nº 3, pp. 344-374, 2012.
- [5] J. F. Antamba Guasguia, G. G. Reyes Campaña y M. E. Granja Paredes, «Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina,» *Enfoque UTE*, vol. 7, nº 3, pp. 110-119, 2016.
- [6] J. Rocha Hoyos, D. Zambrano, Á. Portilla, G. Erazo, G. Torres y E. Llanes Cedeño, «Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas,» *Revista Ciencia UNEMI*, vol. 11, nº 28, pp. 97-108, 2018.
- [7] Servicio Ecuatoriano de Normalización., «NTE INEN 2203:2000. Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en

condiciones de marcha mínima o "ralenti". Prueba estática.,» INEN, Quito, 2000.

- [8] Agencia Nacional de Transito, «Expedir el procedimiento para la aplicación del régimen técnico de transición de revisión técnica vehicular,» Quito, 2019.
- [9] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 2204:2002. Límites permitidos de emisiones producidos por fuentes móviles terrestres a Gasolina,» INEN, Quito, 2002.
- [10] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 2349:2003. Revisión técnica vehicular. Procedimientos,» INEN, Quito, 2003.
- [11] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «Boletín meteorológico de la Provincia de el Oro,» 2014.
- [12] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, «Un parque automotor nuevo trae más beneficios,» Grupo el Comercio C.A, 2016.
- [13] C. S. Nuñez Pérez, «Estudio de emisiones de Gases en Vehículos a Gasolina,» Ambato, 2018.
- [14] G. Hui, Q.-u. Zhang, Y. Shi, D.-h. Wang, S.-y. Ding y S.-s. Yan, «Characterization of on-road CO, HC and NO emissions for petrol vehicle fleet in China city,» *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, vol. 7, pp. 532-541, 2006.
- [15] V. A. V. Oviedo, «Estudio de los vehículos que cumplen con la Norma INEN 2204,» Machala, 2019.



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS



Av. La Paz y México / itscarloscisneros@hotmail.com / RIOBAMBA - ECUADOR
www.istcarloscisneros.edu.ec