

INTERNATIONAL ERGONOMICS CONGRESS SEMAC 2011
“Diseño Ergonómico Ecológico de carro vela para viento”
“Ecological Ergonomic Design of wind-driven Car”

MC. Rigoberto Zamora Alarcón¹, MC. Julio César Romero González², Eduardo González Tello³, José Rivera Mendia⁴

¹Ingeniería Mecánica-Industrial

Universidad Autónoma de Baja California-Instituto Tecnológico de Mexicali
Blvd. Benito Juárez S/N
Mexicali, Baja California 21100
mczamora02@yahoo.com.mx

²Ingeniero de manufactura y proyectos
Instituto Tecnológico de Mexicali
Mexicali, Baja California
mc.julio.romero@gmail.com

³Estudiante Ingeniería Mecánica
Universidad Autónoma de Baja California
Blvd. Benito Juárez S/N
Mexicali, Baja California 21100
tello.lalo@hotmail.com

⁴Estudiante Ingeniería Mecánica
Universidad Autónoma de Baja California
Blvd. Benito Juárez S/N
Mexicali, Baja California 21100
diamon_jrm@hotmail.com

Introducción

Diseño de carro apoyado en ergonomía, ecología y diseño mecánico, impulsado por viento.

Se realizó estudio ergonómico a estudiantes de ingeniería, con la finalidad de impulsar opciones de diversión sin afectar al medio ambiente.

Se busca facilitar el desempeño en el manejo y comodidad de piloto del carro impulsado por viento mediante los principios del método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), BRIEF, antropometría y principios de diseño ergonómico para autos.

Objetivo

Diseñar un auto que ergonómicamente sea fácil de operar, que no contamine el medio ambiente, y que su diseño sea resistente, atractivo a la vista y que sea una opción de diversión para la juventud.

Metodología empleada

- Evaluación RULA/BRIEF
- Mediciones antropométricas
- Principios ecológicos y ambientales
- Principios de diseño mecánico automotriz

Resultados

1. Primero y segundo lugar con prototipos en concurso universitario, la prensa describió logros obtenidos

2. Mejora en la operación del auto por adaptación del auto a media estudiantil que deseaba manejarlo
3. Cero emisiones atmosféricas
4. Diseño mecánico automotriz optimo
5. Se logro destacar como opción de diversión para los jóvenes
6. Valor del carro vela al alcance de la gran mayoría, que les gusta divertirse con autos y motos de paseo.

Conclusiones:

- Mejoro la operación el carro vela por apegarse a dimensiones de los conductores
- El manejo fue óptimo ya que el auto se adapto a la media poblacional del estudio antropométrico
- Se comprobó que el costo beneficio de la aplicación de la ergonomía generó mejoras significativas en las condiciones ambientales y de los jóvenes que conducirían dichos carros, (clientes potenciales para adquirirlo)

Abstract

Introduction

Car Design supported in ergonomics, ecology and mechanical design, driven by wind.

Ergonomic study was conducted to engineering students, with the aim of promoting entertainment options without affecting the environment.

It seeks to facilitate the handling performance and driver comfort of wind-driven carriage through the principles of RULA (Rapid Upper Limb Assessment), BRIEF, anthropometric and ergonomic design principles for cars.

Objective:

Designing a car that is ergonomically easy to operate, that does not pollute the environment, and its design is strong, visually appealing and is a fun option for young people.

Methodology

- RULA assessment / BRIEF
- Anthropometric measurements
- Ecological and environmental principles
- Automotive mechanical design principles

Results

1. First and second prototypes in university competition, the press reported on achievements
2. Improvement in operating the car for auto adjustment of the middle student who wanted to handle.
3. Zero air emissions
4. Automotive mechanical design optimal
5. Achievement was noted as an option for fun for youngsters
6. Value of the car sailing within reach of the majority, who like having fun with cars and ride bikes.

Conclusions:

- improves operation ensures the car stick to the dimensions of the conductors
- The management was optimal as the car was adapted to the population mean anthropometric
- It was found that the cost benefit of the application of ergonomics led to significant improvements in environmental conditions and young people who lead these cars, (potential customers to get it)

1. Introducción

Diseño de carro apoyado en ergonomía, ecología y diseño mecánico, impulsado por viento.

Se realizó estudio ergonómico a estudiantes de ingeniería, con la finalidad de impulsar opciones de diversión sin afectar al medio ambiente.

Se busco facilitar el desempeño en el manejo y comodidad de piloto del carro impulsado por viento mediante los principios del método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), BRIEF, antropometría y principios de diseño ergonómico para autos.

Las dimensiones y ángulos del carro vela que obtuvo el primer lugar no fue motivo de estudio por ergonomía ya que los clientes estuvieron satisfechos. Sin embargo el auto vela que obtuvo el segundo lugar se analizara para su rediseño, ya que los clientes manifestaron cierta incomodidad en asiento y en el manejo del volante

2. Objetivo

Diseñar un auto que ergonómicamente sea fácil de operar, que no contamine el medio ambiente, y que su diseño sea resistente, atractivo a la vista y que sea una opción de diversión para la juventud.

3. Metodología empleada

3.1 Evaluación RULA/BRIEF

Tabla 1. Evaluación por medio del Método Rula lado derecho

Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)
1	Flexión 0° - 10°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del cuello (Tabla 9)
1	Cuello rotado
1	Inclinación lateral
Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)
2	Flexionado 0° - 20°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del tronco (Tabla 11)
1	Inclinación lateral del tronco
Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)
1	Sentado, con pies y piernas bien apoyados
Puntuación Global Grupo B 3	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
2	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y es estatica o repetitiva
Puntuación Global Grupo D 6	



Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)
3	Flexión 45° - 90°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del brazo (Tabla 2)
1	Brazos abducidos
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)
2	Flexión < 60° o > 100°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del antebrazo (Tabla 4)
1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)
1	Desviada radial o cubitalmente
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)
1	Pronación o supinación en rango medio
Puntuación Global Grupo A 5	
Puntos	Postura
1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida	
Puntos	Posición (Tabla 15)
2	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y es estatica o repetitiva
Puntuación Global Grupo C 8	

Tabla 2. Evaluación por medio del Método Rula lado izquierdo

Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)		Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)
4	Flexión > 90°		1	Flexión 0° - 10°
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del brazo (Tabla 2)		Puntos	Posiciones que modifican puntuación del cuello (Tabla 9)
1	Brazos abducidos		1	Cuello rotado
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)		1	Inclinación lateral
2	Flexión < 60° o > 100°		Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del antebrazo (Tabla 4)		2	Flexionado 0° - 20°
1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo		Puntos	Posiciones que modifican puntuación del tronco (Tabla 11)
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)		1	Torsión del tronco
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°		Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)	1	Sentado, con pies y piernas bien apoyados	
1	Desviada radial o cubitalmente	Puntuación Global Grupo B 3		
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)	Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida		
1	Pronación o supinación en rango medio	Puntos	Postura	
Puntuación Global Grupo A 7		1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)	
Puntos	Postura	Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida		
1	Estática, si se mantiene postura > 1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)	Puntos	Posición (Tabla 15)	
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida		2	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y es estática o repetitiva	
Puntos	Posición (Tabla 15)	Puntuación Global Grupo D 6		
2	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y es estática o repetitiva			
Puntuación Global Grupo C 10				

3.2 Mediciones antropométricas de diseñadores del carro vela



Fig. 1 Importancia de la antropometría para el diseño del auto vela

Algunas de las medidas antropométricas de los alumnos que manejaron el carro vela en etapa de prueba se muestran en la Tabla 3, en la figura 1 se muestran algunas fotografías de las mediciones antropométricas de los alumnos (Nebel 2006)

Tabla 3. Algunas mediciones antropométricas de de alumnos que probaron el carro vela

Descripción de Medición (Cm)	Hombre	
	Promedio	Desviación
Peso (Kg)	74.5	6.1
1. Estatura	172.6	2.3
5. Altura cadera al suelo	101.2	0.3
6. Altura Rodilla al suelo	51.7	1.4
7. Altura dedos de la mano al suelo (brazo hacia arriba mano abierta)	223.2	0.3
8. Altura codo al suelo (brazo extendido hacia arriba)	176.0	0.5
9. Extensión brazo doblado, antebrazo pegado a cuerpo	39.1	1.1
11. Extensión hacia el frente (tomado desde espalda)	71.5	1.8
12. Extensión ambos brazos	176.8	1.8
13. Ancho hombro a hombro	47.2	0.8
14. Ancho codo a codo	47.2	1.8
15. Ancho pecho-espalda	23.8	0.6
16. Altura sentados	86.5	1.3
17. extensión de piernas sentado	108.2	1.6
18. Calzado	29.3	0.6

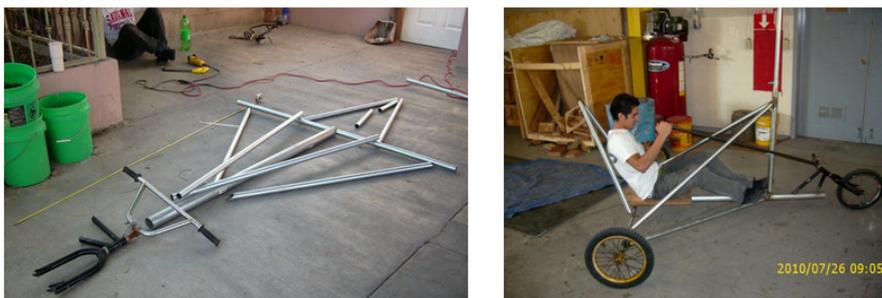


Figura 2. Determinación de los elementos a ensamblar acordes a antropometría

3.3 Principios de diseño mecánico automotriz enfocado en la ergonomía

Las etapas del diseño ergonómico se basaron en el modelo de plan ergonómico Galer (1987).

1. Identificación del problema. Donde se evaluó el impacto que el programa ergonómico puede tener en el proceso de diseño, desarrollo y fabricación del mismo.
2. Caracterización de las necesidades del usuario. Se deben ofrecer cualidades en el producto que no encuentre en otros similares, de tal forma que sea competitivo para atraer al consumidor. En este caso nos basamos en las tendencias del mercado juvenil, así como en las preferencias por el tipo de recreación que permita la convivencia pacífica entre los individuos.
3. Aportación de criterios de diseño. Técnicas que permitieron su fabricación, tales como las antropometrías, psicológicas, por mencionar algunas. Permitirá poseer datos de las características de las tareas que realizarán con el auto vela. Repercutiendo en la comodidad, eficiencia y satisfacción del usuario con fin principal
4. Evaluación del producto. Debido a que se asumieron una serie de suposiciones y condiciones previas al diseño del producto a ser empleado, es necesario evaluar los distintos aspectos de resistencia, seguridad, durabilidad, confort. Se sigue recabando información de los distintos prototipos para mejorar futuras versiones.

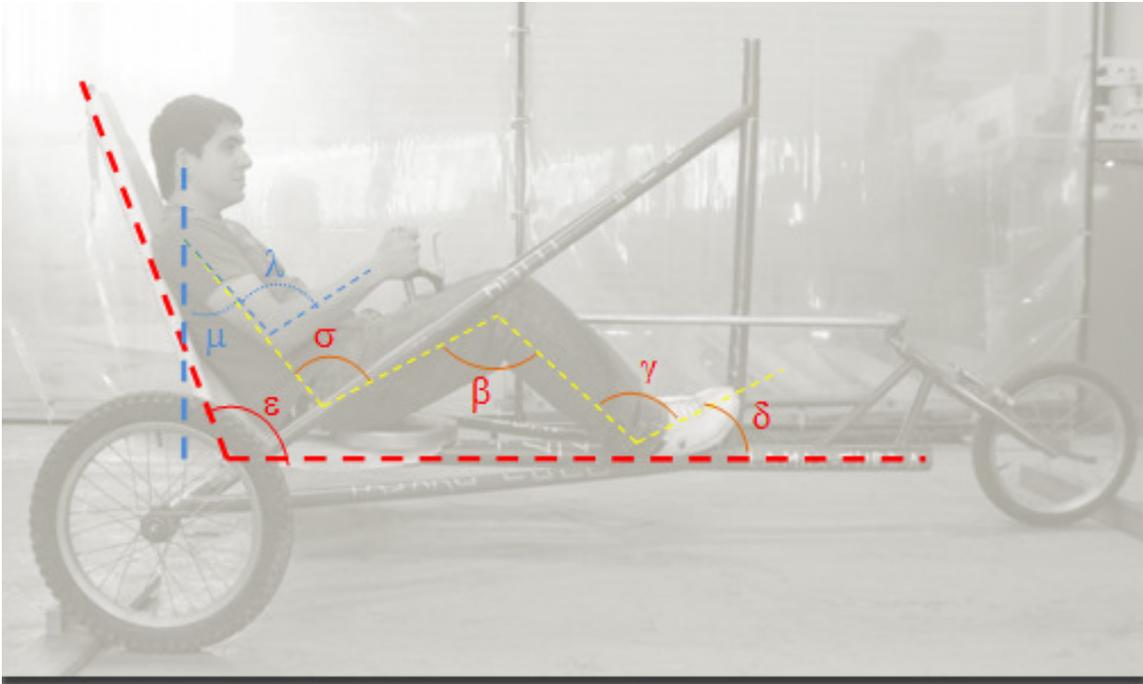


Figura 4. Ángulos entre miembros que pueden dar una postura satisfactoria cuando maneja Rebiffé (1983) Kroemer (2001)

Tabla 5. Ángulos entre miembros que pueden dar una postura satisfactoria tomada de alumnos que diseñaron y que probaron el carro vela

Nombre Alumno	ϵ	σ Max. 120°	β	γ	δ Max. 38°
González Reyna Leonardo	115	115	110	110	30
Rivera Mendía José	115	110	102	100	35
Raso Quevedo Edgar	115	110	110	100	30
Gonzalez Tellez	115	125	118	93	40
Ramirez Jimenez Victor A.	115	120	90	90	45
Recomendación	Cumple	No	Cumple	Cumple	No

Tabla 6. Ángulos entre miembros para manejar Rebiffé (1983)

Nombre Alumno	μ izq	μ nor Max. 45°	μ der Max. 45°	λ izq Max. 120°	λ nor	λ der Max. 120°
González Reyna Leonardo	45	35	77	150	90	120
Rivera Mendía José	35	45	108	145	87	145
Raso Quevedo Edgar	33	30	110	145	92	145
Gonzalez Tellez	32	55	85	142	115	145
Ramirez Jimenez Victor A.	32	45	70	150	115	138
Recomendación	Cumple	No	No	No	Cumple	No

Análisis de esfuerzos considerando únicamente lo recomendado por la MIL-HDBK 759 tomando la aplicación de 120° a 180°

$\mu_{izq} + 90^\circ$	$\mu_{nor} + 90^\circ$	$\mu_{der} + 90^\circ$
135	125	167
125	135	198
123	120	200
122	145	175
122	135	160

Tabla 7. Esfuerzos alcanzados en el volante de carro transformando la tabla de MIL-HDBK 759

Posición de Brazo en Volante	Jalar 100%	Empujar 89%	Arriba 43%	Abajo 46%	Dentro 39%	Fuera 28%
$\mu_{izq} + 90^\circ$	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
$\mu_{nor} + 90^\circ$	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
$\mu_{der} + 90^\circ$	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto

A pesar de que el volante es complicado de manejar, se percibe que los resultados son favorables si se deja el volante en el centro del carro vela

4. Resultados

1. A petición de los alumnos se presentaron a concurso 2 de los 5 modelos, los cuales lograron posicionarse en los primeros dos lugares del concurso.
2. Los resultados aquí mostrados en el trabajo representan las condiciones del modelo que logro obtener el segundo lugar, se busco obtener una mejor por lo que se opto por rediseñar lo que fuera necesario.
3. En las condiciones dimensionales del vehículo vela, se logro cumplir con ellas todas apegadas a diseño combinadas con ergonomía (tabla 4)
4. En lo correspondiente gar descrito en este trabajo se denoto que no cumple favorablemente en su dirección (volante), como se pudo constatar en lo comparativo angular (tabla 5).
5. En lo antropométrico se cumplió el diseño del auto por apego a media estudiantil que deseaba manejarlo
6. Análisis de Resultados por Método Rula aplicando las mejoras propuestas

Tabla 8. Análisis de la mejora evaluada por medio del Método Rula

Puntos	Posiciones del brazo (Tabla 1)	
1	Extensión 20° a flexión 20°	
Puntos	Posiciones del antebrazo (Tabla 3)	
1	Flexión 60° - 100°	
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del antebrazo (Tabla 4)	
1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo	
Puntos	Posiciones de la muñeca (Tabla 5)	
2	Flexionada o extendida entre 0° - 15°	
Puntos	Posiciones que modifican puntuación de la muñeca (Tabla 6)	
1	Desviada radial o cubitalmente	
Puntos	Posición Giro de la muñeca (Tabla 7)	
1	Pronación o supinación en rango medio	
Puntuación Global Grupo A 3		
Puntos	Postura	
1	Estática, si se mantiene postura >1 minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)	
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida		
Puntos	Posición (Tabla 15)	
1	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y se levanta intermitentemente	
Puntuación Global Grupo C 5		
Puntos	Posiciones del cuello (Tabla 8)	
1	Flexión 0° - 10°	
Puntos	Posiciones que modifican puntuación del cuello (Tabla 9)	
1	Cuello rotado	
1	Inclinación lateral	
Puntos	Posiciones del tronco (Tabla 10)	
1	Sentado, bien apoyado y con angulo tronco - caderas > 90°	
2	Flexionado 0° - 20°	
Puntos	Posición de las Piernas (Tabla 12)	
1	Sentado, con pies y piernas bien apoyados	
Puntuación Global Grupo B 2		
Puntos	Postura	
1	Estática, si se mantiene postura >1minuto seguido repetitivo (si se repite > 4 veces/minuto)	
Puntuación para actividad muscular y fuerza ejercida		
Puntos	Posición (Tabla15)	
1	Si la carga o fuerza esta entre de 2 - 10 Kg. y se levanta intermitentemente	
Puntuación Global Grupo D 4		

Tabla 9. Análisis de la mejora evaluada por medio del Método Rula

Puntuación	Antes de la mejora		Después de la mejora		Resultados Propuestos	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Global A	5	7	3	3	40%	57%
Global B	3	3	2	2	33%	33%
Global C	8	10	5	5	38%	50%
Global D	6	6	4	4	33%	33%
Final	7	7	5	5	29%	29%

El resultado no es muy significativo pero se mejorara en las siguientes versiones, sobre todo en el manejo de la vela y el asiento

- El logro significativo se tiene en Cero emisiones atmosféricas, no perceptibles ruidos en su operación y manejo
- Primero y segundo lugar con prototipos en concurso universitario, la prensa describió logros obtenidos
- Se logro destacar como opción de diversión para los jóvenes, los cuales buscaban un entretenimiento que pueden emplear en cualquier parte sin molestar a su entorno en ruido o emisiones contaminantes
- Valor del carro vela al alcance de la gran mayoría, que les gusta divertirse con autos y motos de paseo.

5. Conclusiones:

1. Mejoro la operación el carro vela por apegarse a dimensiones de los conductores, al diseño ergonómico y automatiz
2. El manejo fue óptimo ya que el auto se adapto a la media poblacional del estudio antropométrico
3. Se comprobó que el costo beneficio de la aplicación de la ergonomía generó mejoras significativas en las condiciones ambientales y de los jóvenes que conducirían dichos carros, (clientes potenciales para adquirirlo)

6. REFERENCIAS

Niebel/Frievelds (2006) Ingeniería Industrial, Métodos, *Estándares y Diseño del Trabajo*, 11ª Edición. (ed. Alfaomega)

Álvaro Page/García/Moraga/Tortosa/Verde (2000) *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*, Ed. Instituto de Biomecánica de Valencia

Ergonomía 3 Diseño de puestos de Trabajo, Ed. Alfaomega

Aguayo, González Francisco (2003) Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la ingeniería concurrente, ed. Ra-Ma

Ley Federal del Trabajo y Leyes de Seguridad Social 2009 Tax Editores unidos, S.A de C.V. Mexico, D.F.

Kroemer /Kroemer / Kroemer -Elbert (2001) *Ergonomics How to Design for ease and efficiency*, Ed. Prentice Hall International Series in industrial & Systems Engineering

Zandin, Kjell B. (2001) Manual del Ingeniero Industrial , ed. McGraw-Hill

Mondelo, Pedro R, Gregori, Enrique, Blasco, Joan, Barran, Pedro (2004)