



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL TICOMAN

INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

“Rediseño de los Sistemas y Componentes Mecánicos del Vehículo  
Eléctrico CYCAR”

Que para obtener el título de

**“Ingeniero en Sistemas Automotrices”**

Por Opción Curricular

Presenta:

**Alfonso Trillanes Ruiz**

Asesores

M. en C. Helmut Einer Gunter Heinz Pérez

5 de Diciembre del 2013



Av. Ticoman No. 600  
Col. San José Ticoman  
Delegación Gustavo A. Madero  
México D.F. C.P. 07340  
México



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD TICOMÁN**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: CURRICULAR  
DEBERÁN PRESENTAR: EL C. PASANTE:  
**TRILLANES RUIZ ALFONSO**

**“REDISEÑO DE LOS SISTEMAS Y COMPONENTES MECÁNICOS DEL  
VEHÍCULO ELÉCTRICO CYCAR”**

CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II	ANTECEDENTES
CAPÍTULO III	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
CAPÍTULO IV	ALCANCE
CAPÍTULO V	ESTUDIO DINÁMICO DEL VEHÍCULO CYCAR
CAPÍTULO VI	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR PEDALES
CAPÍTULO VII	REDISEÑO DEL SISTEMA DE FRENADO
CAPÍTULO VIII	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN
CAPÍTULO IX	DISEÑO DEL TABLERO DE INDICACIONES
CAPÍTULO X	PRESUPUESTO
CAPÍTULO XI	PRUEBAS, VALIDACIÓN Y TRABAJO A FUTURO
CAPÍTULO XII	CONCLUSIONES
	GLOSARIO

México, D.F., a 25 de agosto de 2014.

**A S E S O R**

**M. EN C. HELMUT EINAR GUNTER**  
**HEINZ PÉREZ**

**Vo. Bo**

**ING. JOSÉ JAVIER ROCH SOTO**  
**DIRECTOR**



Alfonso Trillanes Ruiz

**Rediseño de los sistemas y  
componentes mecánicos del vehículo  
eléctrico CYCAR T1000**



## Contenido

<b>Resumen</b>		<b>III</b>
<b>Abstract</b>		<b>IV</b>
<b>Objetivos</b>		<b>V</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>3</b>
	<b>2.1 Estado del Arte CYCAR T1000</b>	<b>3</b>
	<b>2.2 Concepto CYCAR</b>	<b>6</b>
	<b>2.3 Ficha Técnica</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>Alcance</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 5</b>	<b>Estudio Dinámico del Vehículo CYCAR</b>	<b>13</b>
	<b>5.1 Introducción</b>	<b>13</b>
	<b>5.2 Geometría y centro de gravedad</b>	<b>13</b>
	<b>5.3 Fuerzas que se oponen al movimiento</b>	<b>17</b>
	<b>5.4 Fuerza de impulsión</b>	<b>20</b>
	<b>5.5 Fuerza de frenado</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 6</b>	<b>Rediseño del sistema de transmisión por pedales</b>	<b>28</b>
	<b>6.1 Justificación</b>	<b>28</b>
	<b>6.2 Cálculos</b>	<b>28</b>
	<b>6.3 Propuesta de diseño</b>	<b>32</b>

	<b>6.4 Interpretación de resultados</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 7</b>	<b>Rediseño del sistema de frenado</b>	<b>41</b>
	<b>7.1 Justificación</b>	<b>41</b>
	<b>7.2 Propuesta de diseño</b>	<b>42</b>
	<b>7.3 Interpretación de resultados</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo 8</b>	<b>Análisis del Sistema de Dirección</b>	<b>46</b>
	<b>8.1 Consideraciones Geométricas</b>	<b>46</b>
	<b>8.2 Cálculo del parámetro “Avance o Trail” del Cycar</b>	<b>50</b>
	<b>8.3 Otros Factores que afectan la estabilidad del Cycar</b>	<b>52</b>
	<b>8.4 Flop Point</b>	<b>54</b>
	<b>8.5 Interpretación de resultados</b>	<b>56</b>
<b>Capítulo 9</b>	<b>Diseño del tablero de indicaciones</b>	<b>57</b>
	<b>9.1 Justificación</b>	<b>57</b>
	<b>9.2 Conceptualización</b>	<b>57</b>
	<b>9.3 Propuesta de diseño</b>	<b>60</b>
	<b>9.4 Interpretación de resultados</b>	<b>63</b>
<b>Capítulo 10</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>64</b>
<b>Capítulo 11</b>	<b>Pruebas, Validación y Trabajo a Futuro</b>	<b>65</b>
<b>Capítulo 12</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>67</b>
<b>Índice</b>		<b>VI</b>

## Resumen

**CYCAR T1000** <sup>1</sup> es un vehículo turístico de tres ruedas, con capacidad para tres pasajeros. Este vehículo de producción nacional es un producto novedoso y de vanguardia tecnológica, ya que cuenta con un sistema de propulsión híbrido, compuesto por un motor eléctrico acoplado en la rueda delantera de dirección y un sistema de propulsión humana, el cual mediante pedales y una transmisión aprovecha la energía producida por el pedaleo de una persona para impulsar las ruedas traseras.

CYCAR T1000 se encuentra actualmente a un nivel de prototipo, en un proceso de identificación de fallas e implementación de mejoras. El trabajo desarrollado a continuación busca abarcar y explicar el proceso de implementación de mejoras en sistemas de funcionamiento principales del vehículo CYCAR T1000.

Teniendo como principal objetivo optimizar la ergonomía y eficiencia de los sistemas de transmisión, frenado e indicación. Comenzando con una introducción y antecedentes del proyecto se busca familiarizar al lector con el concepto del vehículo y su funcionamiento. Posteriormente se describirá el proyecto en cuestión, iniciando con un análisis del comportamiento dinámico del vehículo ante diversas situaciones, el cual permitirá identificar de forma clara los puntos críticos de estos sistemas. Posterior al estudio dinámico se describirá el proceso de mejora de cada sistema, justificando el propósito de dichas mejoras, explicando los cálculos necesarios para cumplir con los objetivos específicos, y realizando propuestas formales de diseño para una posterior implementación y evaluación.

## Abstract

CYCAR T1000 is a tourist tricycle with seating for three passengers. This vehicle is domestic production of a new and cutting-edge technology product, which has a hybrid propulsion system consisting of an electric motor coupled to the front wheel steering system and a human-powered propulsion system, which use pedals and transmission harnesses to transfer the energy produced by pedaling of a person to drive the rear wheels.

CYCAR T1000 is currently at prototype level, with a process of fault identification and implementation of improvements. The work then seeks to encompass and explain the process of improvement in main systems of the vehicle CYCAR T1000. With the main

objective of optimize ergonomics and efficiency of the transmission, braking and indication systems. Beginning with an introduction and background of the project seeks to familiarize the reader with the concept of the vehicle and its operation. Subsequently the project is described in issue, starting with an analysis of the dynamic behavior of the vehicle in various situations, which will clearly identify the critical points of these systems. Post- dynamic study, the process of improving each system is described, justifying the purpose of such improvements, explaining the calculations needed to meet specific objectives, and conducting formal design proposals for further implementation and evaluation.

# Objetivos

## Objetivo General:

Mejorar los factores de **ergonomía**<sup>ii</sup> y seguridad en los sistemas de transmisión y frenado del vehículo eléctrico CYCAR T1000 así como diseñar un tablero que integre las indicaciones, mandos y **Switch de encendido**<sup>iii</sup> del vehículo.

## Objetivos Específicos:

- Calcular la fuerza necesaria para propulsar un automóvil de tres pasajeros con las características del CYCAR T1000.
- Determinar la **relación de transmisión**<sup>iv</sup> necesaria para romper la inercia del CYCAR a partir del pedaleo de una persona.
- Disminuir el esfuerzo físico requerido por el conductor para impulsar el CYCAR mediante el pedaleo
- Mejorar la **maniobrabilidad**<sup>v</sup> del Cycar reubicando el mando de accionamiento de frenos.
- Reducir el **desgaste mecánico**<sup>vi</sup> de los componentes internos del **diferencial**<sup>vii</sup>, reubicando el disco de freno del eje trasero.

Diseñar un tablero que conjunte los elementos de indicación y control, de forma eficiente, requeridos para una mejor operación del CYCAR.

## Introducción

A lo largo de la historia de nuestro país, la industria automotriz ha tenido un gran impacto en la economía nacional. La primera planta ensambladora en México se abrió en 1921 por parte de la marca Buick, seguido por Ford en 1925, y desde aquel entonces hasta ahora hemos logrado observar el gran crecimiento que ha tenido dicha industria, llegando al estado de Aguascalientes en 1982 con el inicio de operaciones de la segunda planta de NISSAN en México, con una inversión conjunta empresa-proveedores de \$1,300 millones de dólares.

La industria automotriz de nuestro país se ha basado únicamente en la manufactura y ensamble de vehículos, así como en el ramo de autopartes, ubicando a México entre los diez principales productores del mundo. Nuestro país cuenta con una industria madura y dinámica que continúa en crecimiento, pero aun así muy pocas compañías han tomado la iniciativa de crecer como diseñadores e innovadores, la industria nacional MECANO Soluciones Tecnológicas S.A. de C.V. liderada por el Ing. Maximiliano Martínez Arteaga ha tomado la iniciativa para diseñar y producir vehículos eléctricos, con diseño, manufactura y una red de proveedores y distribuidores nacionales.

En el año 2006 se puso en marcha el programa **TRINO**<sup>viii</sup> por parte de la empresa MECANO con el objetivo de desarrollar vehículos que ayuden a reducir las emisiones contaminantes, aprovechen energías alternativas y promuevan el ejercicio físico. Buscando brindar un producto nacional de vanguardia al mercado actual.

CYCAR T1000, como un prototipo del proyecto TRINO, es un vehículo eléctrico desarrollado en el 2008 por la empresa MECANO Soluciones Tecnológicas S.A de C.V., con el propósito de emplearlo como un vehículo turístico de 3 pasajeros, que ofrezca recorridos por las avenidas, monumentos, centros culturales y turísticos principales de la ciudad de Aguascalientes. El CYCAR T1000 está inspirado en vehículos similares que han sido desarrollados en países como China, Japón y España

Su concepto se basa en la fusión de una bicicleta y un automóvil eléctrico de baja velocidad. La arquitectura del prototipo es similar a una **Tricibici**<sup>ix</sup>, con un motor eléctrico, **Brushless**<sup>x</sup> (sin escobillas) 48VDC, acoplado en la rueda delantera y dos ruedas traseras propulsadas a partir de una transmisión por pedales.

El objetivo principal de este prototipo es completar un recorrido turístico de 8km. Debido a que dicho recorrido lo llevará a cabo por las calles de Aguascalientes y tendrá una duración aproximada de 80 min, el vehículo deberá satisfacer parámetros de seguridad y ergonomía, para garantizar el **confort**<sup>xi</sup> e integridad de sus ocupantes.

## Introducción

Con este trabajo se busca mejorar la ergonomía y seguridad del CYCAR T1000, rediseñando el sistema de transmisión por pedales, sistema de frenado e implementando mejoras en el sistema de dirección e indicación.

El método empleado para la resolución del proyecto se encuentra desarrollado en este trabajo, comenzando por un análisis dinámico que permitirá identificar los puntos críticos a mejorar en el comportamiento del CYCAR T1000. Posteriormente se propondrán diseños y adaptaciones que busquen mejorar los sistemas principales del vehículo, así como el diseño e integración de un tablero de indicaciones, con el objetivo de agrupar los controles que permitan el funcionamiento del vehículo así como proporcionarle la información necesaria al conductor.

En los siguientes capítulos, con propósito de abreviar el nombre del vehículo en cuestión, se podrá hacer referencia a él también como Cycar.

## Capítulo 2

### Antecedentes

Dado las condiciones de confidencialidad del proyecto, la información documentada en este capítulo, es solo la que se puede compartir públicamente.

#### 2.1 Estado del arte CYCAR T1000

El proyecto CYCAR, nace en Mecano, como un vehículo de transporte de personas para recorridos cortos y a baja velocidad. Justificado por la necesidad de movilidad en centros urbanos de manera segura y sin afectación a la infraestructura urbana y con tendencia ecológica. El proyecto Cycar tiene como objetivo incrementar los márgenes de utilidad, diversificando el mercado de la empresa y utilizando la infraestructura existente.

Con meses de investigación y planeación, la empresa MECANO SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A. de C.V. decide comenzar con el proyecto, inspirados en vehículos similares, ya existentes en el mercado en otras partes del mundo. Conceptos como Twike, Myergs NGM, Sam, Aptera, Trixi, entre otros.



Ilustración 1. 1 Twike Mobile

El Twike diseñado por la empresa alemana Mobile es un vehículo híbrido que funciona a pedales y electricidad. La velocidad máxima que puede alcanzar usando solamente la batería es de 85 km/h, con una autonomía de 120 Km. Cuando se acaba la carga puede continuar su camino, gracias a los pedales, además con esto se va recargando la batería.

El interior tiene espacio para dos pasajeros, el vehículo es controlado por un **joystick**<sup>xii</sup> que incorpora controles para acelerar y frenar.

En caso de que no se quiera o no se pueda pedalear, el Twike tiene la opción de funcionar con gasolina.

## Antecedentes



Ilustración 1.2 Myers NMG

Myers NMG (**No More Gas** <sup>xiii</sup>) desarrollado por Myers Motors un auto eléctrico para una sola persona con un diseño futurista, este pequeño automóvil puede alcanzar velocidades hasta de 120 km/h, con una autonomía hasta de 48 km.

Su batería se recarga en un 100 % con tan sólo 3 horas de carga conectado a cualquier toma corriente común.



Ilustración 1.3 SAM

SAM vehículo eléctrico desarrollado en Suiza con capacidad para dos personas, cuenta con tres ruedas, dos delanteras y una posterior. Con poco más de 500 Kg de peso, puede alcanzar velocidades de hasta 85 km/h, logrando acelerar de 0 a 50 km/h en 7 segundos.

La carga completa de sus baterías toma aproximadamente seis horas y es suficiente para darle autonomía de unos 50 a 70 km.



Ilustración 1. 4 Aptera

La empresa estadounidense Aptera desarrolló su vehículo eléctrico homologado. El Aptera contiene un par de motores, un motor diésel y un motor eléctrico. Con poco más de 400 kg de peso el Aptera puede adquirir velocidades hasta de 120 km/h.

Con un consumo de 1 litro de diésel logra tener una autonomía hasta de 100 km con una velocidad media de 89 km/h. el vehículo se puede recargar con un toma corriente común y su tiempo de carga es de aproximadamente 6 horas.



Ilustración 1.5 Trixi

Trixi, es un vehículo híbrido desarrollado en China y utilizado en diferentes países de Europa y América latina, el cual combina un motor eléctrico más una transmisión por pedales, la velocidad máxima es de 20km/h, está fabricado en fibra de vidrio y aleaciones metálicas de bajo peso. Utiliza **baterías de ion-litio** <sup>xiv</sup> para su funcionamiento generando una autonomía de 22km, con una recarga al 100% y a una velocidad promedio de 10km/h.

## Antecedentes

De igual manera en la Ciudad de México se investiga y desarrollan vehículos similares, en centros de investigación del IPN y la UNAM, como por ejemplo el VET (Vehículo Eléctrico de Turismo), un vehículo eléctrico que se desarrolla en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) de la UNAM, que entre los requisitos que se manifiestan, se solicitan los siguientes:

- Tiene que competir a la velocidad promedio de los vehículos en la ciudad.
- Periodos largos de trabajo.
- Fácil mantenimiento.
- Tiempos cortos de manufactura.
- Bajos costos.



Ilustración 1.6 VET (CDMIT)

Además de los prototipos desarrollados en el CINEVESTAV, vehículos híbridos, automóviles de celdas de hidrogeno, y automóviles eléctricos, que apuestan por el desarrollo de energías limpias que no dependan al 100% de combustibles fósiles.

## 2.2 Concepto CYCAR

Tomando como base las ideas y conceptos planteados en los vehículos ya mencionados, y buscando cumplir los siguientes objetivos:

- Vehículo Urbano Atractivo a la vista
- Fomentar el uso de energías alternativas
- Fomentar el ejercicio físico y recreativo
- Diseñar y Fabricar un vehículo turístico nacional
- Fabricar un automóvil publicitario

Nace el concepto de CYCAR T1000. El cual toma su nombre de la unión de "Cycle" (Del sustantivo en inglés Paseo en bicicleta) "Car" Vagón o coche, la "T" corresponde a adjetivo de turístico y el numero "1000" hace referencia al motor de 1000W que lo impulsa.

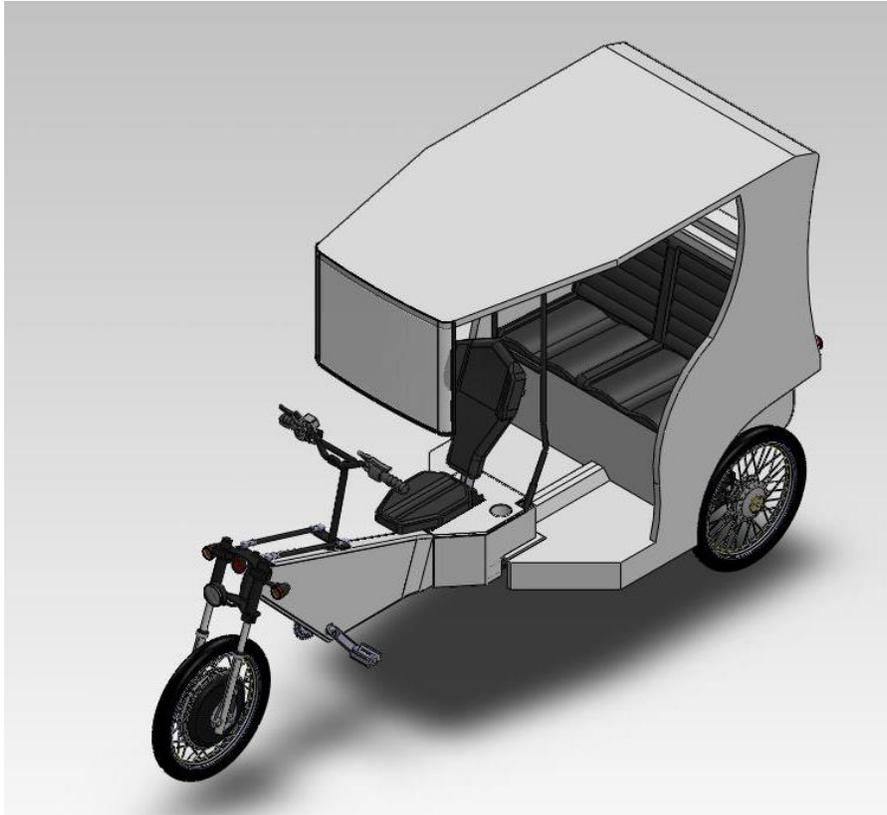


Ilustración 2.1 CYCAR T1000 Diseño propiedad de MECANO SOLTEC S.A. de C.V.



Ilustración 2.2 Render del CYCAR T1000

## 2.3 Ficha Técnica

<b>FICHA TECNICA TRICICLO CYCAR T1000</b>		
<b>Generales</b>		
Nombre del Prototipo:	Cycar T 1000	
Modelo:	2012	
Velocidad máxima "Km/hr"	30	
Largo "mm" "m"	3050	3.05
Ancho "mm" "m"	1015	1.015
Altura	1850	1.85
Distancia Entre Ejes	2500	2.5
Radio de Giro "mm" "m"	2500	2.5
Peso vehicular "Kg"	205	
Capacidad de Carga "Kg"	250	
No. De Pasajeros	3	
<b>Tren Motriz</b>		
<b>Motor</b>		
Tipo	Eléctrico	
Alimentación	48 VCC	
Potencia	1000 W	
Inversor de Giro	Sí	
<b>Transmisión</b>		
Tipo	pedaleo con descarrilador mecánico de 7 cambios	
Elemento de Transmisión	Cadena	
Relación de cambios "Descarrilador Mecánico Manual"	1°	1.16
	2°	1
	3°	0.91
	4°	0.83
	5°	0.75
	6°	0.66
	7°	0.58
	Diferencial	2
Tracción	Trasera	

<b>Chasis</b>		
Tipo	Estructura tubular de acero	
Peso Estructura "Kg"	150	
<b>Suspensión</b>		
Delantera	Horquilla de Cartucho Hidráulica	
Trasera	Brazo tirante	
	Elementos Amortiguartes	Resortes Helicoidales y Amortiguadores Hidráulicos
Ruedas	Diámetro Rin "in"	18
	Aspecto "in"	2.7
	Rw "mm"	298.45
<b>Frenos</b>		
Delantero	De disco hidráulico en la rueda	
Trasero	De disco hidráulico en el eje	
Bomba	Mono cilíndrica	
Accionamiento	Palanca manual	
<b>Dirección</b>		
Tipo	Manillar con pipa de dirección	
Lanzamiento	21.45°	
Avance	48 mm	
Distancia Entre Ejes	2448.34 mm	
<b>Carrocería</b>		
Carrocería de fibra de vidrio		
Espejos Retrovisores	2	
Asiento delantero	1 Persona	7 Posiciones
Asiento Trasero	2 Personas	Fijo
<b>Sistema de Energía</b>		
Banco de baterías principal	48 vcc Plomo-Acido	33 A
Autonomía en modo combinado	25 min	
Cargador Electrónico	110 VAC	25 A
Tiempo de carga de batería	9 Hrs	
Batería para luces y accesorios	12 vcc	7 A
<b>Sistema eléctrico</b>		
	Cantidad "Piezas"	Alimentación
Faro de luz frontal halógena	1	12 vcc
luces de freno	2	12 vcc
intermitente y direccional	4	12 vcc
Claxon	1	12 vcc

Tabla 2. 1 Ficha Técnica CYCAR T1000

## Capítulo 3

### Planteamiento del Problema

Este proyecto se enfoca únicamente a los sistemas mecánicos del vehículo, los sistemas eléctricos y electrónicos no serán tratados en este proyecto.

Es de suma importancia resaltar que a pesar de estar en etapa de prototipo, el CYCAR T1000 se planea producir en serie, lo que implica que para cualquier modificación o implementación, es necesario considerar el diseño del proceso de producción, costo del mismo y logística de proveedores de productos y servicios.

Debido a que no se tendrá influencia sobre la propulsión mediante el motor eléctrico, se considerará la situación, ausencia total de esta propulsión, para todos los análisis dinámicos y modelos matemáticos, buscando así, modificar el sistema de transmisión por pedales, aumentando las posibilidades de concluir el recorrido establecido, aún a pesar de la ausencia de la propulsión asistida. Tarea que con el diseño original de transmisión por pedales resulta prácticamente imposible, ya que demandaría un esfuerzo físico muy alto y prolongado por parte del conductor, por lo tanto la condición de ergonomía resulta desfavorable para éste.

Como propuesta a ésta problemática, se pretende dar solución aumentando la relación de transmisión por pedaleo, partiendo del siguiente análisis teórico.

Tomando como base los valores de torque y potencia que un ciclista promedio puede imprimir al pedalear, se busca obtener la fuerza capaz de mover al prototipo, calculándola a partir de la masa de este mismo y las fuerzas que se oponen al movimiento traslatorio. Ya que se ha establecido que el prototipo pretende ser un vehículo turístico, la velocidad de operación oscilará en el rango de 16 a 18km/h, por lo tanto las fuerzas aerodinámicas que producen una oposición al movimiento, podrán ser consideradas como despreciables.

La ergonomía del pedaleo no es la única problemática a la cual se le busca dar solución. También, se ha encontrado contraproducente la ubicación del mando de accionamiento de frenos, debido a que el diseño original implica que el operador separe su mano derecha una distancia considerable del manillar, para poder accionar los frenos, lo cual es peligroso, debido a que durante la situación de frenado, existe un mayor riesgo de pérdida de control debido a la inestabilidad. También conlleva a retrasar la reacción para frenar ante una situación de emergencia.

El prototipo CYCAR se encuentra equipado con un sistema de frenado hidráulico, dispuesto de la siguiente forma; en la parte delantera un disco de freno acoplado a la rueda de dirección, y en la parte trasera un disco acoplado a la carcasa del diferencial. La ubicación del disco trasera ha provocado un desgaste mecánico prematuro en los engranes internos del diferencial, reduciendo la vida útil de este elemento.

Para poder solucionar esta situación, es necesario reubicar el freno trasero, para que así la fuerza de frenado sea traducida directamente a las ruedas y no al diferencial.

Debido a la disposición de triciclo, es de suma importancia determinar la estabilidad de éste para garantizar la seguridad y confort de los pasajeros, así como el cumplimiento a la regulación vial. Por lo cual se estudiarán los sistemas de suspensión y dirección. Se determinarán fallas o puntos críticos y se generarán las propuestas adecuadas para darles solución. Posteriormente si son aceptadas y autorizadas por la empresa se realizarán las modificaciones correspondientes.

Como el Cycar cuenta con la disposición tradicional de, una rueda delantera de dirección y dos traseras de propulsión, el estudio necesario para comprender la estructura del sistema de dirección y el comportamiento de éste, es necesario analizarlo del mismo modo que se analizaría el de una motocicleta, o en su defecto una bicicleta.

Conducir el Cycar resulta ser un tanto complicado, ya que debido al pedaleo, el accionamiento de todos los demás mandos se realiza con las manos; dirección, aceleración, frenado, encendido de luz principal y direccionales, claxon. Por lo tanto es importante contar con un tablero de indicaciones que proporcione al conductor la información necesaria para facilitar la operación del vehículo.

Con el diseño del tablero se busca albergar el sistema de indicación, así como albergar el switch de encendido.

## Capítulo 4

### Alcance

El proyecto Cycar se plantea un alcance bastante ambicioso, el cual consiste en convertirse en uno de los principales servicios de turismo en el centro de Aguascalientes, compitiendo con servicios similares como el turibus colonial, el cual ya se encuentra establecido y prestando servicio desde hace más de 5 años. Aunque el Cycar no podrá competir directamente con él, debido a la obvia diferencia de capacidades, el Cycar se enfoca a turistas que gusten de un recorrido más personalizado y detallado.



**Ilustración 4.1 Turibus Colonial en la ciudad de Aguascalientes.**

El alcance de este trabajo en específico es poder llevar al CYCAR T1000 a un nivel de funcionamiento y prestaciones óptimas, con un diseño completamente establecido, capaz de producirse en serie y ofrecer un servicio turístico de calidad, así como comercializarse como producto terminado.



**Ilustración 4.2 Prototipo CYCAR T1000.**

## Capítulo 5

### Estudio Dinámico del Vehículo CYCAR

#### 5.1 Introducción

Este capítulo se enfoca en determinar, mediante un análisis de la dinámica del CYCAR, datos de gran importancia, requeridos para el estudio y rediseño de los sistemas involucrados en este trabajo.

Datos como la geometría básica del Cycar, ubicación del **centro de gravedad**<sup>xv</sup>, fuerza mínima para romper la **inercia**<sup>xvi</sup> en condiciones de terreno plano y pendiente, así como la fuerza de frenado mínima con la cual se debe contar.

Con este análisis se puede determinar la relación de transmisión mínima requerida para mejorar la ergonomía del sistema de transmisión por pedales. Al igual que se puede determinar si se cuenta con la capacidad de frenado necesaria.

#### 5.2. Geometría y Centro de gravedad

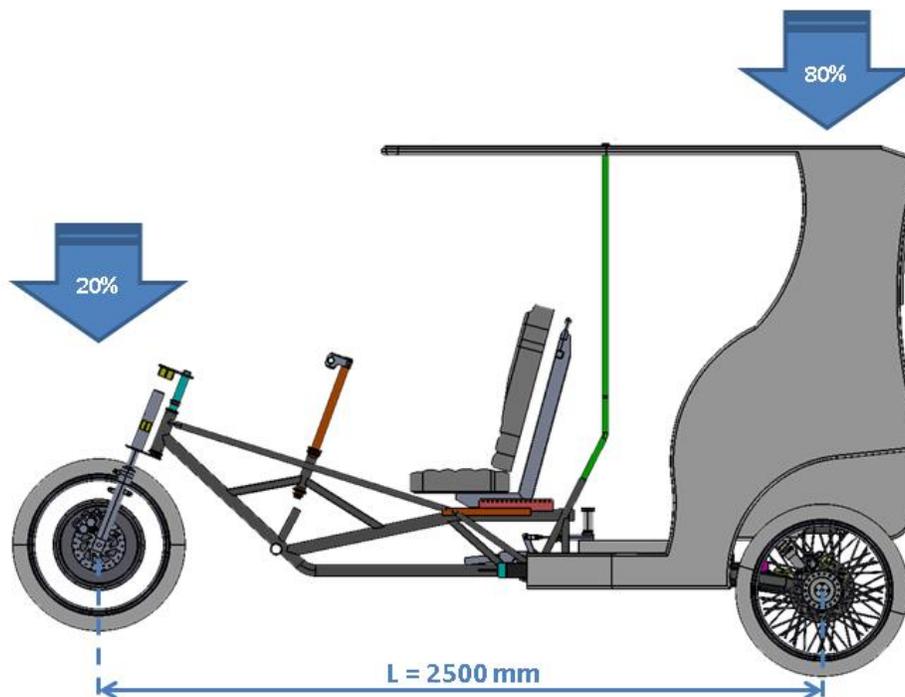


Ilustración 5. 1 Distribución de peso y  $L$ <sup>xvii</sup> distancia entre ejes del CYCAR.

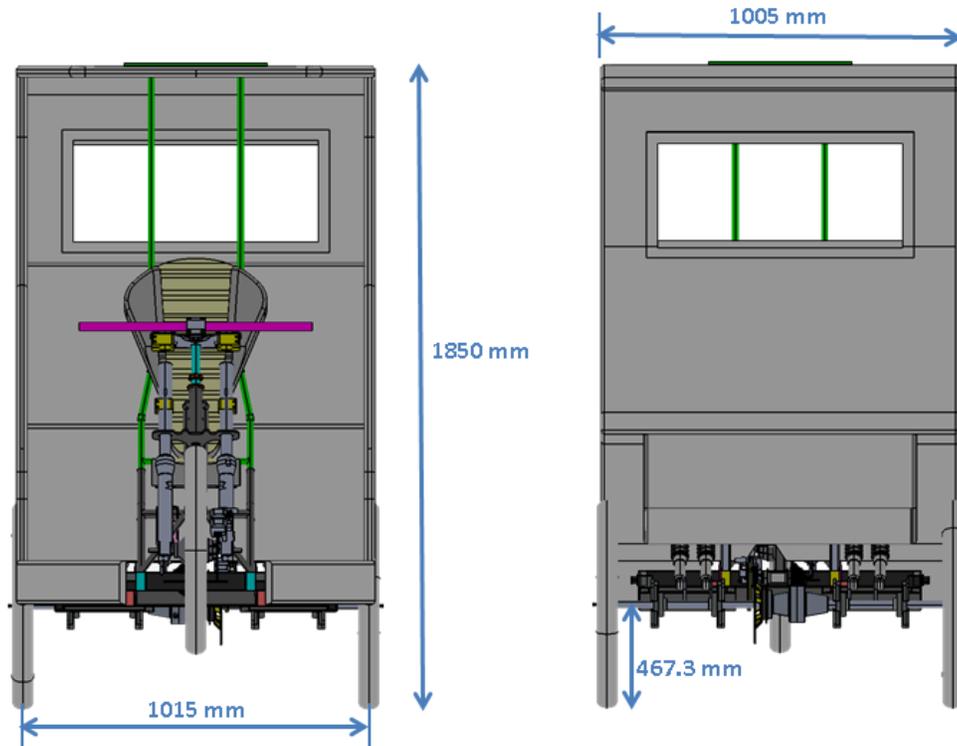


Ilustración 5.2 Distancia entre vías, altura total, altura del pavimento al piso del vehículo, ancho total.

### Cálculo del centro de gravedad

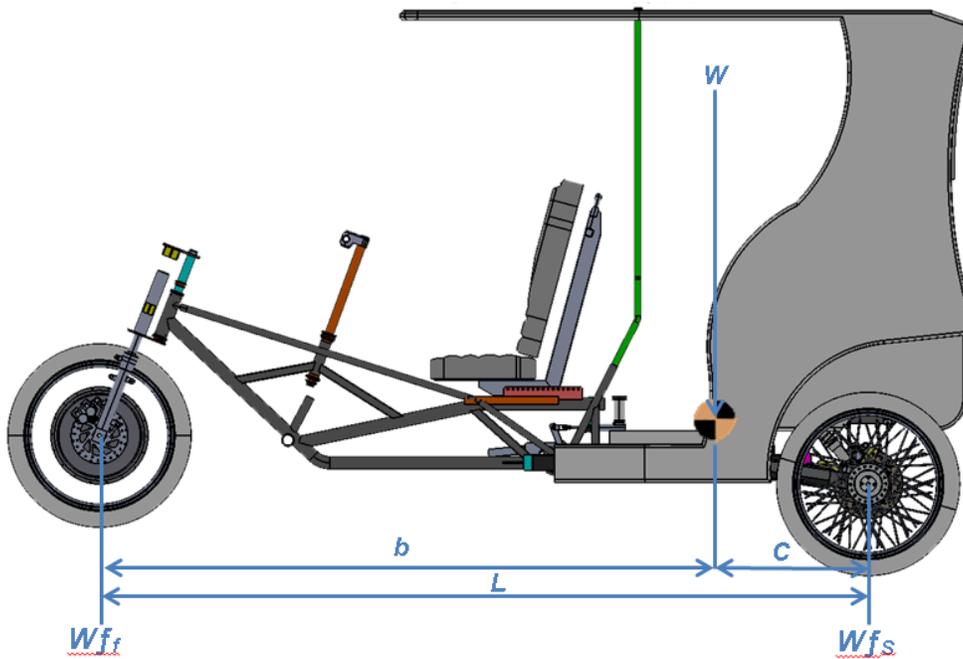


Ilustración 5.3 Variables implicadas en el cálculo del centro de gravedad

Datos

$$m^{18} = 205 \text{ kg} \quad W^{19} = mg^{20} = (205 \text{ kg}) (9.81 \text{ m/s}^2) = 2011.5 \text{ N}^{21} \quad L = 2500 \text{ mm}$$

Obtención de la **coordenada X** <sup>22</sup>

% En Pesos

$$80\% = Wf_f^{23} = 164 \text{ kg} (9.81 \text{ m/s}^2) = 1608.84 \text{ N}$$

$$20\% = Wr_s^{24} = 41 \text{ kg} (9.81 \text{ m/s}^2) = 402.21 \text{ N}$$

$$b^{25} = (L)(Wf_f) / W = (2500)(1608.84) / 2011.5 = 1999.5 \text{ mm}$$

$$c^{26} = (L)(Wr_s) / W = (2500)(402.21) / 2011.5 = 499.88 \text{ mm}$$

La coordenada en X del CG<sup>27</sup> es: 1999.5 mm

Obtención de la coordenada Z

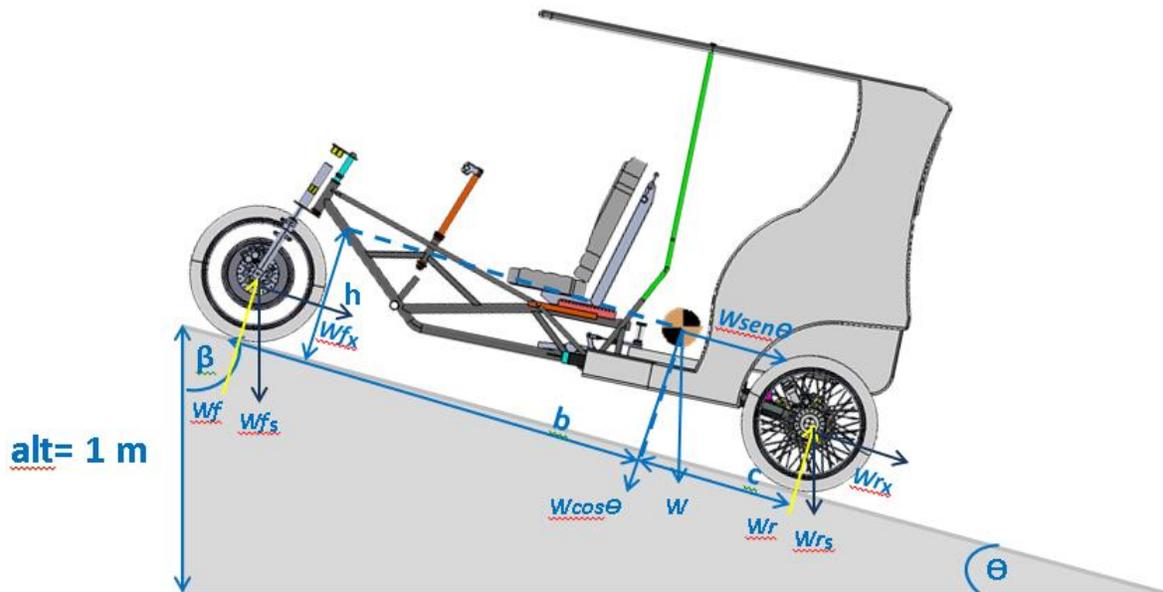


Ilustración 5.4 Distribución y descomposición de fuerzas en una condición de pendiente teórica

## Estudio Dinámico del Vehículo CYCAR

$$\text{Sen} = \frac{h}{L} = \frac{1000\text{mm}}{2500\text{mm}} = 23.57^\circ$$

$$\beta^{29} = 90 - \theta^{30} = 66.43^\circ$$

$$W \cos\theta = (2011.5 \text{ N}) \cos (23.57^\circ) = 1843.68 \text{ N}$$

$$W \sin\theta = (2011.5 \text{ N}) \sin (23.57^\circ) = 804.33 \text{ N}$$

$$Wf_x^{31} = Wf_s \sin\theta = 402.21 \sin (23.57) = 160.83 \text{ N}$$

$$Wf_j^{32} = Wf_s \cos\theta = 402.21 \cos (23.57) = 368.65 \text{ N}$$

$$Wrx^{33} = Wrs \sin\theta = 1608.84 \sin (23.57) = 643.32 \text{ N}$$

$$Wr_i^{34} = Wrs \cos\theta = 1608.84 \cos (23.57) = 1474.61 \text{ N}$$

Tamaño de las llantas

$$R_w = \frac{(2.75 * 2) + 18}{2} = 11.75 \text{ in} = 298.45 \text{ mm}$$

$$h^{35} = R_w^{36} + (Wf/mg)(L-c)\cot\theta$$

$$h = 298.45 + [(368.65 / 2011.5) (2500)] - (499.88) \cot(23.57) = 202.86 \text{ mm}$$

La coordenada en Z del CG es: 202.86 mm

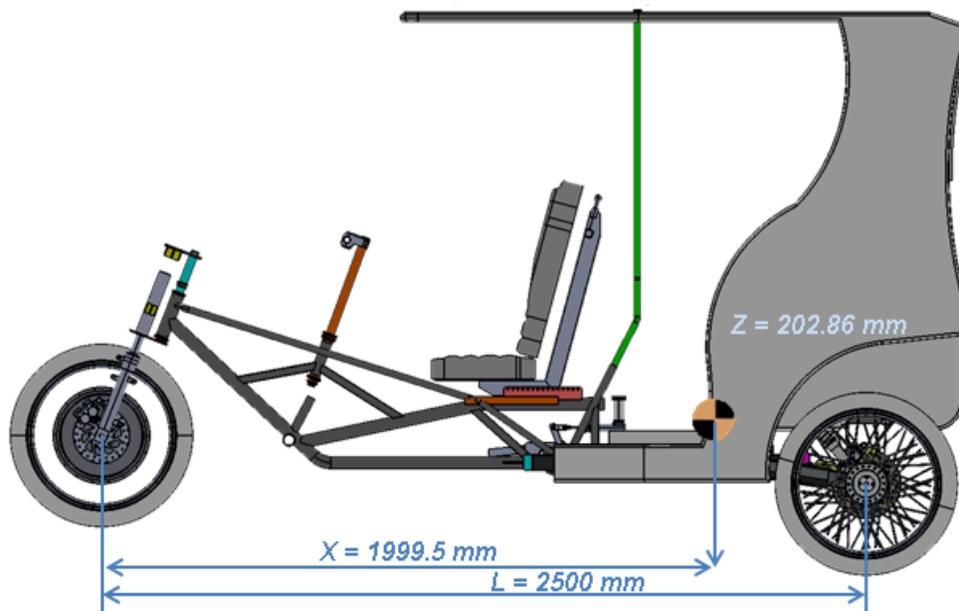


Ilustración 5.5 Coordenadas X y Z del CG, debido a que el vehículo es simétrico la componente en Y será igual a cero.

### 5.3 Fuerzas que se oponen al movimiento

Estas fuerzas hacen aumentar la fuerza resistente al desplazamiento y por lo tanto la fuerza de propulsión deberá aumentar para ser capaz de desplazar al automóvil.

La sumatoria de fuerzas que se oponen al movimiento del automóvil, se pueden determinar mediante:

- Resistencia de rodadura
- Resistencia a la pendiente
- Resistencia al avance
- Resistencia por la inercia
- Resistencia generada por los rozamientos mecánicos

#### Resistencia de Rodadura [ $R_r$ ]<sup>37</sup>

La resistencia de rodadura está en función de las condiciones del terreno, la presión de inflado del neumático, las condiciones del mismo, la velocidad del vehículo; etc.

Las diferentes condiciones del terreno dan lugar a un **coeficiente de fricción**<sup>38</sup> que se conoce como coeficiente de rodadura, la siguiente tabla muestra algunas de las condiciones más comunes y sus coeficientes.

Condiciones del Terreno	Coeficiente de Rodadura ( $\mu_r$ )
Cemento	0.0125
Empedrado Seco	0.015
Carretera Asfaltada	0.02 – 0.03
Terreno natural Duro	0.08
Terreno de Consistencia Media	0.110
Terreno Arenoso	0.15 – 0.30

Tabla 5. 1 coeficientes de rodadura de neumáticos en diferentes superficies.

Si se define  $W_e$ <sup>39</sup> como el peso total del vehículo, y  $\mu_r$ <sup>40</sup> como el coeficiente de rodadura, la resistencia puede determinarse a partir de la siguiente ecuación:

$$R_r = \mu_r * W_e \quad -1$$

Con los siguientes datos podremos calcular la resistencia a la rodadura presente en la operación del CYCAR.

Masa CYCAR T1000 = 250kg

**Percentil**<sup>41</sup> de masa de un pasajero: 85kg

$\mu_r$  [Carretera Asfaltada] = 0.02

Determinación de la Fuerza de Rodadura con un ocupante [solo conductor]:

$$R_r = \mu_r * We = (0.02) * (85kg + 205 kg)(9.81 m/s^2) = 56.89 N$$

Determinación de la Fuerza de Rodadura con pasajeros [considerando dos pasajeros más el conductor]

$$R_r = \mu_r * We = (0.02) * ((85kg*3) + 205 kg)(9.81 m/s^2) = 90.252 N$$

$$\underline{R_r = 90.252 N}$$

Con estos resultados se puede interpretar que la fuerza a la rodadura está claramente en función de la carga soportada por el CYCAR T1000, por lo tanto se producirá una resistencia mucho mayor con tres pasajeros que solo con el conductor.

Dado el análisis que se está realizando la fuerza que nos interesa es la generada a partir de tres pasajeros, considerando las peores condiciones para la propulsión del vehículo.

Resistencia al Avance **DRAG**<sup>42</sup> [**D**<sup>43</sup>]

La resistencia al avance [D], es una fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo a través de un fluido, en este caso es la generada por el CYCAR al desplazarse a través del aire. Para fines prácticos en estudios de aerodinámica del automóvil, esta fuerza opositora al movimiento suele ser despreciada en situaciones donde la velocidad, del auto en estudio, no supera los 90 km/hr. Dado que el CYCAR T1000 no se aproxima, en ningún momento, a este límite de velocidad, esta fuerza se puede considerar nula.

Resistencia de Inercia [**Ri**<sup>44</sup>]

La resistencia de inercia [Ri], se manifiesta solamente en el transcurso de las variaciones de velocidad y tiende siempre a oponerse a estas variaciones, además viene determinada por la energía absorbida por el vehículo para producir el incremento de velocidad, por lo tanto también se puede considerar nula.

Resistencia a la pendiente [ $R_p$  <sup>45</sup>]

La resistencia a la pendiente se presenta cuando un automóvil se desplaza por una pendiente. Para estudiar el efecto de esta fuerza sobre el vehículo es necesario descomponerla en dos componentes: lo normal hacia la superficie y una paralela a esta misma, como se puede observar en la siguiente figura.

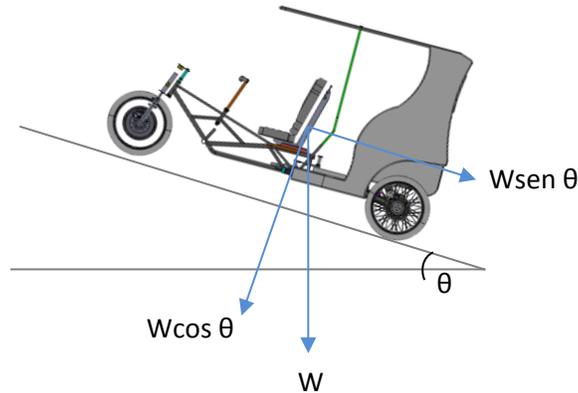


Ilustración 5. 6 Componentes de la resistencia a la pendiente

Si consideramos las características del terreno que deberá recorrer el CYCAR T1000 podremos determinar el ángulo de la pendiente.

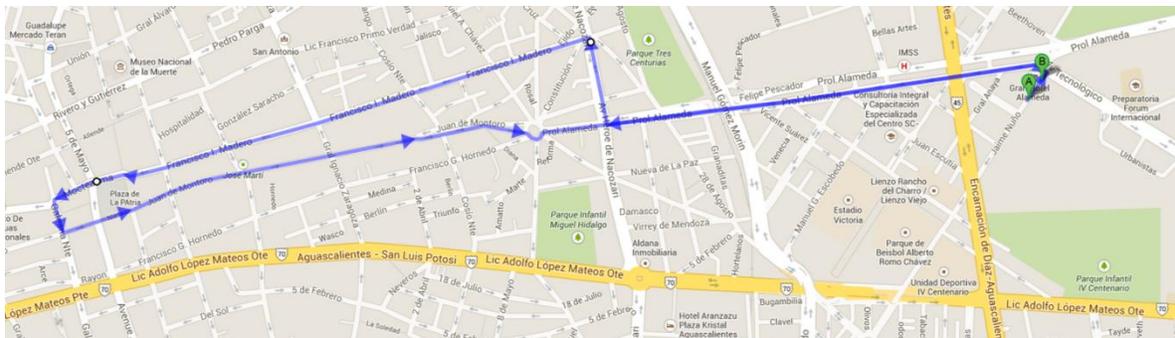


Ilustración 5. 7 Recorrido Total, del circuito para el CYCAR T1000 (8km)

Después de consultar y recabar datos del terreno se determinó que la pendiente más crítica del recorrido cuenta con una inclinación de 4°, para cálculos posteriores se considerará una pendiente de 4.5° como rango de seguridad, que garantizara los resultados deseados.

Por lo tanto la resistencia a la pendiente se obtendrá de la siguiente forma:

$$R_p = (\text{Peso conjunto pasajeros-Cycar}) * (\text{sen de } 4.5)$$

$$R_p = [ ((85\text{kg} * 3) + 205\text{kg}) * (9.81\text{m/s}^2) ] * \text{sen } (4.5^\circ)$$

$$R_p = 354.05 \text{ N}$$

## 5.4 Fuerza de impulsión

El vehículo CYCAR genera su propulsión a partir de un motor eléctrico acoplado en la rueda delantera, y un sistema de pedaleo con transmisión, que por medio de cadenas, transfiere el impulso al eje trasero. Como ya se ha mencionado previamente, en este trabajo solo se estudiarán los sistemas mecánicos, y con el objetivo de satisfacer la necesidad de mejorar la ergonomía del sistema de transmisión, la influencia del motor eléctrico, con el cual cuenta el Cycar, se despreciará.

Debido a la consideración anterior, el Cycar se puede definir como un Vehículo de Tracción Humana, que como su nombre lo dice es impulsado exclusivamente por la fuerza muscular humana. El Cycar también cuenta con un sistema de transmisión que le permite convertir la velocidad y el par a través de relaciones de transmisión. Este sistema de transmisión recoge la energía del conductor por medio de un sistema de Platos, bielas y pedales, el cual convierte el movimiento recíproco de las piernas en el movimiento de rotación utilizado para mover la cadena de transmisión, que a su vez mueve las ruedas traseras.

La transmisión de cadena trabaja de acuerdo con el principio de engranaje, aunque carece de un nombre formal, es comúnmente conocido como platos de estrellas, **sprockets**<sup>46</sup>, o simplemente estrella. En este sistema, el engrane tiene lugar entre los dientes de la estrella y los eslabones de la cadena. El sistema que le permite al Cycar cambiar la relación de transmisión consiste en un Desviador y un Cambiador de velocidades.

El Desviador es un cambio de marcha de bicicleta externo. En una bicicleta común, este mecanismo permite elegir el tamaño de **piñón**<sup>47</sup>, entre varios acoplados a la rueda, en el caso particular del Cycar, este juego de estrellas o piñones se encuentra acoplado en un eje individual previo al eje de las ruedas traseras, comunicados entre sí por una cadena y dos sprockets que conservan la misma relación de transmisión. El cambiador de velocidad con el cual está equipado el Cycar se trata de un cambiador pulsador, situado en el manillar, de modo que puede ser accionado con una simple presión del pulgar.

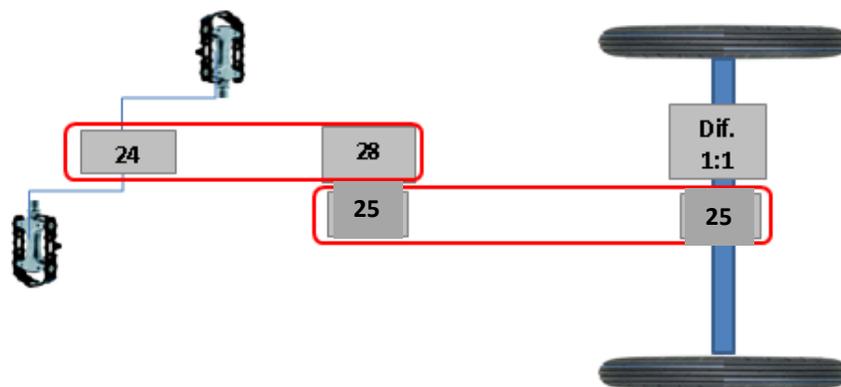


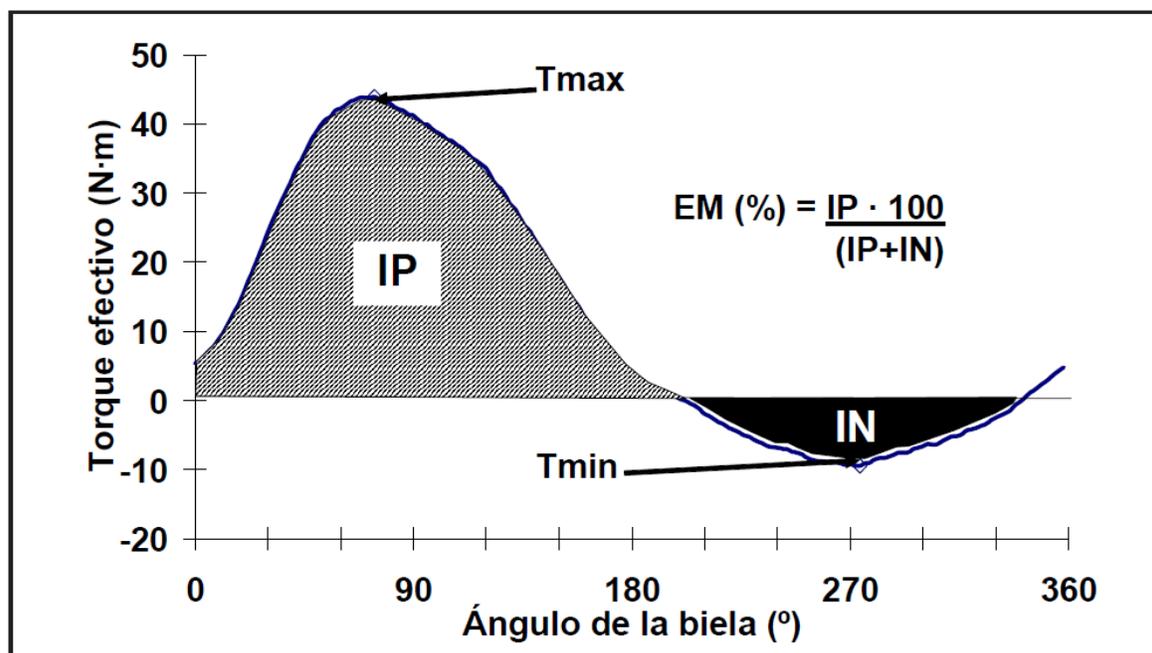
Ilustración 5. 8 Diagrama del sistema de transmisión del CYCAR T1000

Para poder determinar la fuerza impulsora que se obtendrá empleando el sistema de transmisión del Cycar a partir del pedaleo, es necesario primero conocer la fuerza que el conductor es capaz de proporcionar al sistema y de la cual parte todo el análisis de éste capítulo.

Tomando como referencia los resultados obtenidos en un estudio de Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo, llevado a cabo en colaboración entre la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deportiva del Instituto de Biomedicina y el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León, España, se obtuvo la información necesaria para este análisis. Información como Potencia de Pedaleo (**PP**<sup>48</sup>), Torque Máximo (**Tmax**<sup>49</sup>), Torque Mínimo (**Tmin**<sup>50</sup>), Impulso Positivo (**IP**<sup>51</sup>), Impulso Negativo (**IN**<sup>52</sup>), y Eficiencia Mecánica (**EM**<sup>53</sup>) correspondientes a ciclistas de diferente nivel competitivo, profesionales y no profesionales.

Es importante resaltar, que el estudio mencionado, tiene como objetivo identificar variables cinéticas empleadas en competencias deportivas, a diferencia del objetivo específico de este trabajo, que busca mejorar la ergonomía del sistema de propulsión por pedales del Cycar. Sin embargo en sus resultados podemos tabular los datos obtenidos en el rango de desempeño de nuestro interés.

A continuación se presenta una gráfica que plasma las variables cinemáticas analizadas.



Grafica 5.1 Variables cinéticas analizadas: Torque Máximo (Tmax), Torque Mínimo (Tmin), Impulso Positivo (IP), Impulso Negativo (IN), y Eficiencia Mecánica (EM)

La siguiente tabla representa los datos obtenidos en el estudio a diferentes Potencias de Pedaleo, (200, 250 y 300 W) en comparación entre Ciclistas profesionales y no profesionales.

		PROFESIONALES (n= 11)		NO PROFESIONALES (n= 23)	
		Media±EEM	Rango	Media±EEM	Rango
200 W	FP (rpm)	91.44 ± 0.35	89.30 – 92.66	91.30 ± 0.14	90.61 – 93.48
	Tmax (N·m)	44.53 ± 0.96	39.53 – 50.99	47.61 ± 0.66*	41.59 – 54.71
	Tmin (N·m)	-10.43 ± 0.67	-13.60 – -6.37	-12.23 ± 0.58*	-19.51 – -8.28
	IP (N·s)	47.52 ± 0.58	43.25 – 50.17	49.58 ± 0.48*	44.53 – 54.25
	IN (N·s)	-10.54 ± 0.60	-13.15 – -6.64	-12.15 ± 0.49*	-17.20 – -8.75
	EM (%)	81.97 ± 0.73	79.23 – 86.68	80.46 ± 0.49	75.87 – 85.14
250 W	FP (rpm)	91.20 ± 0.34	89.72 – 92.98	91.17 ± 0.09	90.21 – 92.11
	Tmax (N·m)	51.20 ± 1.23#	45.89 – 58.77	54.03 ± 0.78*#	46.97 – 62.98
	Tmin (N·m)	-9.05 ± 0.63#	-11.28 – -5.79	-11.08 ± 0.53*#	-16.11 – -6.84
	IP (N·s)	55.06 ± 0.53#	52.87 – 57.62	57.01 ± 0.47*#	53.01 – 62.11
	IN (N·s)	-8.64 ± 0.59#	-11.18 – -6.06	-10.58 ± 0.46*#	-15.42 – -6.16
	EM (%)	86.54 ± 0.71#	83.20 – 89.91	84.48 ± 0.47*#	80.11 – 89.72
300 W	FP (rpm)	91.10 ± 0.31	89.32 – 92.9	91.24 ± 0.14	89.89 – 92.66
	Tmax (N·m)	57.15 ± 1.33#	52.18 – 66.94	58.73 ± 0.82#	53.48 – 68.33
	Tmin (N·m)	-7.68 ± 0.64#	-10.09 – -3.99	-9.06 ± 0.52#	-14.28 – -4.9
	IP (N·s)	63.07 ± 0.66#	59.68 – 66.66	63.83 ± 0.52#	58.71 – 69.05
	IN (N·s)	-6.37 ± 0.69#	-10.62 – -3.65	-8.40 ± 0.51*#	-13.61 – -3.77
	EM (%)	90.94 ± 0.84#	86.09 – 94.81	88.53 ± 0.53*#	83.53 – 94.17

Tabla 5.2 FP= frecuencia de pedaleo o cadencia; Tmax= Torque máximo; Tmin= Torque mínimo; IP= Impulso positivo; IN= Impulso negativo; EM= Eficiencia mecánica; El rango indica los ángulos del tobillo derecho para cada variable.

Considerando la condición de pedaleo del CYCAR, calificada como “demasiado dura”, como consecuencia de la sumatoria de las fuerzas que se oponen al movimiento del mismo, se establece que la potencia de pedaleo necesaria para impulsarlo es de 300 W o mayor, por lo que se tomarán los datos obtenidos en este rango de potencia. Debido a que no es costeable contratar a ciclistas profesionales para operar El CYCAR T1000, se tomarán los resultados para los ciclistas no profesionales.

El Primer punto crítico a determinar es el torque que se puede desarrollar en cada una de las relaciones de la transmisión del Cycar. Para lo cual se tomara de la tabla anterior los datos de Torque máximo y Frecuencia de Pedaleo desarrollados por un ciclista no profesional a una potencia de pedaleo de 300W.

	<b>EM (%)</b>	86.54 ± 0.71#	83.20 – 89.91	84.48 ± 0.4/*#	80.11 – 89.72
<b>300 W</b>	<b>FP (rpm)</b>	91.10 ± 0.31	89.32 – 92.9	91.24 ± 0.14	89.89 – 92.66
	<b>Tmax (N·m)</b>	57.15 ± 1.33#	52.18 – 66.94	58.73 ± 0.82#	53.48 – 68.33
	<b>Tmin (N·m)</b>	-7.68 ± 0.64#	-10.09 – -3.99	-9.06 ± 0.52#	-14.28 – -4.9
	<b>IP (N·s)</b>	63.07 ± 0.66#	59.68 – 66.66	63.83 ± 0.52#	58.71 – 69.05
	<b>IN (N·s)</b>	-6.37 ± 0.69#	-10.62 – -3.65	-8.40 ± 0.51*#	-13.61 – -3.77
	<b>EM (%)</b>	90.94 ± 0.84#	86.09 – 94.81	88.53 ± 0.53*#	83.53 – 94.17

Tabla 5.3 Torque máximo de un ciclista no profesional a una potencia de pedaleo de 300W.

Mediante las siguientes ecuaciones podremos realizar una gráfica que muestre, de forma aproximada, el comportamiento de la potencia desarrollada por un ciclista en relación a su frecuencia de pedaleo [FP<sup>54</sup>] o **cadencia**<sup>55</sup>, la cual se mide en revoluciones por minuto (RPM's).

$$P1 = PP/FP = (300 \text{ W}) / (91.24) = 3.288$$

$$P2 = PP/FP^2 = (300 \text{ W}) / (91.24^2) = 0.036$$

$$P3 = PP/FP^3 = (300 \text{ W}) / (91.24^3) = 3.9497 \times 10^{-4}$$

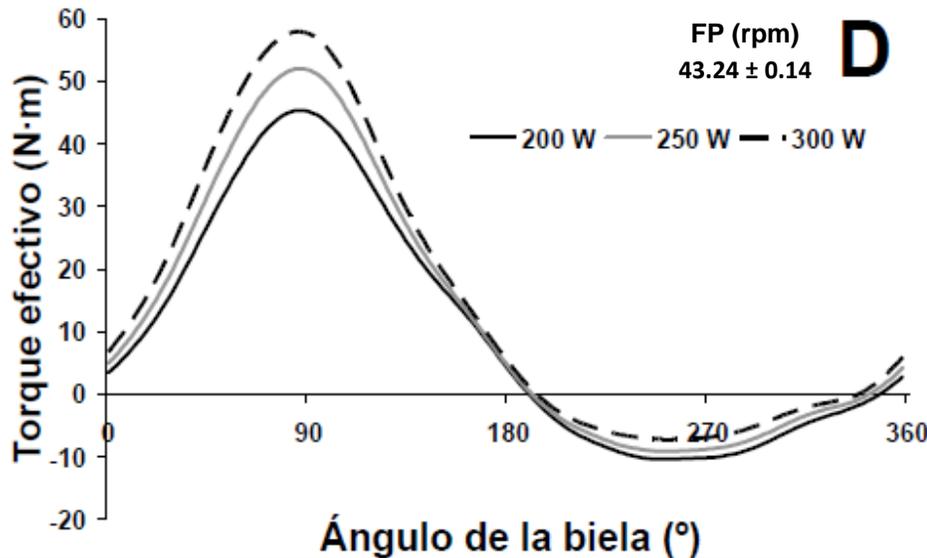
$$Pe @ \text{RPM} = P1Fe + P2Fe^2 + P3Fe^3$$

Siendo **Fe**<sup>56</sup> la potencia en Watts equivalente en cada escala de RPM's Pe la potencia producida por el ciclista a diferentes cadencias, hasta llegar a la cadencia máxima de 91.24 RPM's.



Grafica 5.2 Potencia desarrollada por un ciclista no profesional

Como se muestra en la figura 5.8 la relación de transmisión que se tiene con la configuración más óptima, para generar mayor torque, se tiene una relación de 1.16: 1. Con este dato se puede calcular el toque máximo con el que se contará en las ruedas traseras para impulsar el CYCAR.



Gráfica 5.3: El torque máximo desarrollado por los ciclistas se obtuvo siempre en un ángulo de la biela de 90° y una cadencia de 43 RPM's

$$T\omega = Tc * \eta_T$$

$$T\omega = 58.73\text{Nm} * 1.16 = \underline{68.1268\text{NM}}$$

Dónde:

$T\omega$ <sup>54</sup> = Torque en las Ruedas Traseras

$Tc$ <sup>55</sup> = Torque que imprime el conductor

$\eta_T$ <sup>56</sup> = Relación de Transmisión

Para poder relacionar la fuerza impulsora y las fuerzas que se oponen al movimiento es necesario saber el torque mínimo que se requiere para romper la inercia, tanto en condiciones de terreno plano, como en pendiente.

Torque mínimo requerido para romper la inercia en terreno plano

$$T\omega = R_r * R_w$$

$$T\omega = 90.252 \text{ N} * 0.29845 \text{ m} = \underline{26.935 \text{ Nm}}$$

Dónde:

$R_r$  = Resistencia de rodadura

$R_w$  = Radio de las ruedas traseras

Torque mínimo requerido para romper la inercia en situación de pendiente

$$T\omega = (R_r + R_p) * R_w$$

$$T\omega = (26.935 \text{ N} + 354.05 \text{ N}) * 0.29845 \text{ m} = \underline{113.705 \text{ Nm}}$$

Dónde:

$R_r$  = Resistencia de rodadura

$R_w$  = Radio de las ruedas traseras

La fuerza de impulsión en un vehículo debe de superar a la sumatoria de las fuerzas que se oponen a su movimiento. Por lo tanto está claro que el CYCAR T100 no cuenta con la fuerza de impulsión necesaria. Esto no quiere decir que sea imposible hacerlo, solo que para lograr romper la inercia en esta circunstancia, el conductor debe esforzarse demasiado, superando los rango de potencia y torque obtenidos en el estudio de referencia.

## 5.5 Fuerza de frenado <sup>57</sup>

Determinar el comportamiento del sistema de frenado es muy importante, ya que es el principal sistema de seguridad del vehículo. Para evaluar las características de frenado que posee el CYCAR se deben determinar los siguientes valores fundamentales: Fuerza de Frenado ( $F_f$  <sup>58</sup>), Tiempo de Frenado ( $T_f$  <sup>59</sup>) y Eficacia de Frenado ( $\eta_f$  <sup>60</sup>).

Fuerza de Frenado [ $F_f$ ]

La fuerza de frenado se puede obtener a partir de la ecuación fundamental de frenado.

$$a = \frac{F_f + (mg * \text{sen}\theta) + mg\mu_r + (0.5 * \rho * C_x * A_f * V^2)}{m}$$

Dónde:

$F_f$ : Fuerza de Frenado

$\mu_r$ : Coeficiente de Resistencia de Rodadura

$\theta$ : Rampa (positiva en ascenso y negativa en descenso)

$C_x$ : Coeficiente aerodinámico de avance

$A_f$ : área frontal del vehículo

$V$ : Velocidad de avance

Se puede simplificar la ecuación de la siguiente forma:

$$a = \frac{Ff + (Rp) + Rr + (D)}{m}$$

Dónde:

Rp: Resistencia por Pendiente

Rr: Resistencia de Rodadura

D: Drag o Resistencia al Avance

Despejando la fuerza de frenado, la ecuación queda de la siguiente forma.

$$Ff = (m * a) - Rp + Rr + D$$

Ya se ha determinado previamente que la resistencia al avance puede ser despreciada debido a las velocidades en las que opera el CYCAR. La resistencia a la pendiente puede considerarse positiva o negativa, según sea el caso, para este estudio se tomara como positiva debido a que la situación más crítica de frenado es cuando se va cuesta abajo.

Recordando la fórmula física de la **deceleración** <sup>61</sup>

$$a = \frac{V_i - V_f}{t}$$

El valor de la velocidad máxima cuesta abajo y el tiempo de frenado del CYCAR, se pudo obtener mediante pruebas de campo, donde se desactivo el motor eléctrico, se agregó el lastre necesario para simular el peso de los dos pasajeros y con la configuración de máxima velocidad de transmisión, se llevó acabo la prueba de frenado en 3 ocasiones y se promediaron los resultados. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Velocidad máxima promedio = 23 Km/hr o 6.38 m/s

Tiempo de frenado promedio = 3.5 seg.

Considerando que la velocidad es cero, alto total del vehículo, el cálculo de la deceleración es el siguiente:

$$a = \frac{0 \frac{m}{s} - 6.38 \frac{m}{s}}{3.5 \text{ seg}} = -1.822 \frac{m}{s^2} = 0.18 \text{ g}$$

Con este último dato podemos obtener la fuerza de frenado.

$$Ff = \left(460 \text{ kg} * 1.822 \frac{m}{s^2}\right) + 314.8 \text{ N} + 100.307 \text{ N}$$

$$\underline{Ff = 1253.227 \text{ N}}$$

### Eficiencia de Frenado [ $\eta_f$ ]

La eficiencia de frenado de un vehículo se mide de forma porcentual, en función del peso que gravita sobre las ruedas y la fuerza de frenado aplicada por el sistema de frenos.

$$\eta_f = (F_f \text{ en cada llanta} / \text{Peso}) * 100\%$$

$$\eta_f = [(1253.227 \text{ N} * 3) / (460 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2)] * 100\%$$

$$\eta_f = 83.31\%$$

En realidad, lo que indirectamente da a conocer la eficiencia de frenado de un vehículo es el grado de la deceleración que se produce en él al frenar. Como dato aproximado, en vehículos de turismo con sistemas convencionales suele tener valores próximos al 70% mientras en sistemas **ABS**<sup>62</sup> puede alcanzar entre 80 y 90%.

### Rediseño del Sistema de Transmisión por Pedales

#### 6.1 Justificación

El propósito de rediseñar el sistema de transmisión por pedales es mejorar la ergonomía del sistema, ya que con el diseño original resulta muy difícil, y demanda de un gran esfuerzo físico, romper la inercia e impulsar el vehículo solo con el pedaleo. Además en el capítulo anterior, se demostró que no se cuenta con la relación de transmisión necesaria para romper la inercia si se pretendiera hacerlo en una pendiente de  $4.5^\circ$ , condición incluida en la ruta del Cycar. Por lo tanto el objetivo principal del rediseño del sistema es aumentar la relación de transmisión, para garantizar que el Cycar sea capaz de superar estas pruebas, y además, se logre con un esfuerzo físico mucho menor del conductor.

#### 6.2 Cálculos

Para lograr el objetivo del rediseño es importante primero conocer el actual, saber sus características principales de rendimiento, tales como Torque máximo y Velocidad máxima en cada una de sus velocidades.

En la ilustración 5.8 se muestra un diagrama del sistema de transmisión original, este diagrama muestra la configuración con mayor torque, sin embargo, el Cycar cuenta con 21 velocidades.

Estas 21 diferentes relaciones de transmisión son similares a las que se encontrarían en una bicicleta de montaña común. Se logran con un juego de platos delanteros, conocidos en inglés como Cranck Set, y con un juego de cambios traseros, o Free Wheel, de 7 velocidades.



Ilustración 6.1: Cranck Set de 3 platos y Free Wheel de 7 velocidades

Cranck Set		Free Wheel	
	Numero de dientes		Numero de dientes
1	24	1	14
2	34	2	16
3	42	3	18
		4	20
		5	22
		6	24
		7	28

Tabla 6.1 Numero de dientes de cada Sprocket del conjunto de velocidades del Cycar

A continuación se mostraran las dos configuraciones de velocidades más importantes, la de mayor torque y la de mayor velocidad.

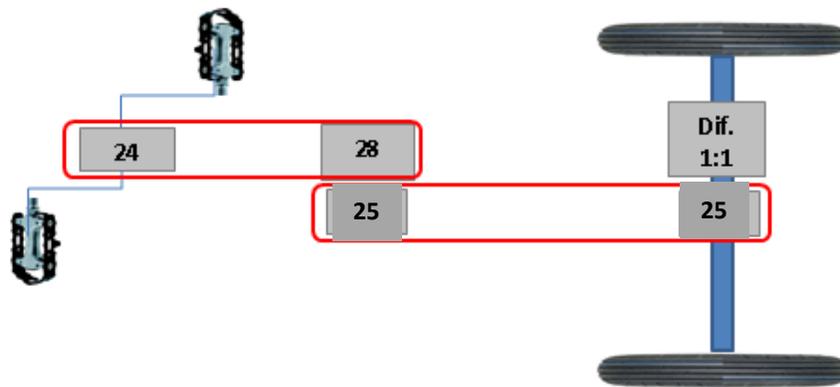


Ilustración 6.2: Configuración de mayor torque.

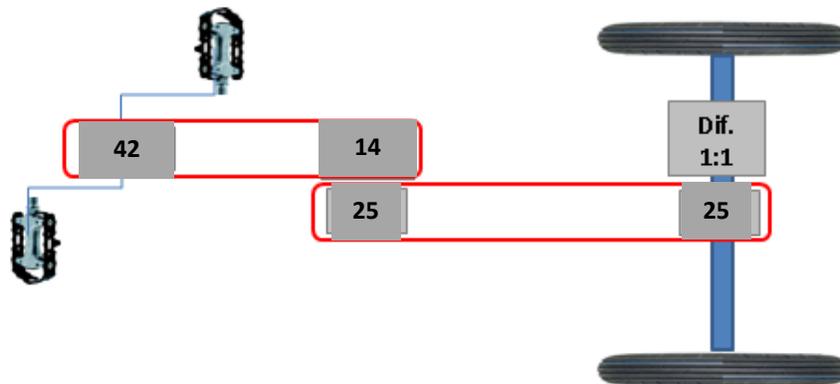


Ilustración 6.3: Configuración de mayor velocidad.

## Rediseño del Sistema de Transmisión por Pedales

Recordando el valor de torque [ $T\omega$ ], obtenido en el capítulo anterior con la configuración de mayor torque, solo falta obtener el de velocidad [ $Vx$ <sup>63</sup>] con la configuración de mayor velocidad, el cual se obtendrá con la siguiente formula.

$$T\omega = 68.1268 \text{ NM}$$

Velocidad [ $Vx$ ]

$$\text{Velocidad } [Vx] = \frac{Rw * FP}{\eta_T * \eta_D}$$

Dónde:

$Rw$  = Radio de la rueda

$FP$ : Frecuencia de Pedaleo o Cadencia

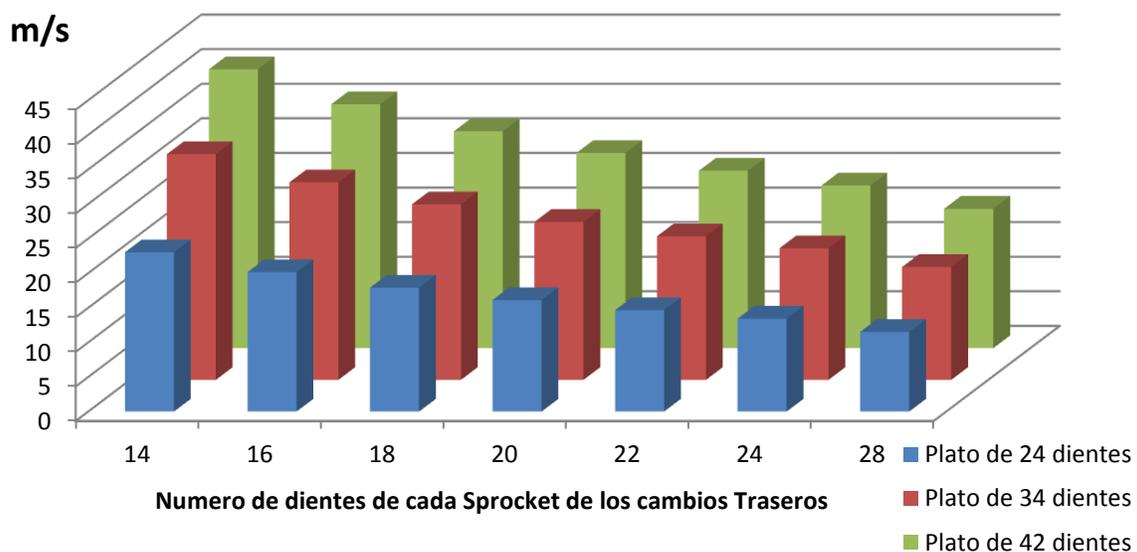
$\eta_T$ : Relación de Transmisión

$\eta_D$ <sup>64</sup>: Relación de diferencial

$$\text{Velocidad } [Vx] = \frac{(0.2984) * (45)}{(0.333) * (1)}$$

$$\text{Velocidad } [Vx] = 40.32 \text{ m/s} = 144 \text{ km/hr}$$

### Velocidad máxima en cada una de las 21 velocidades $Vx$



Gráfica 6.1: Velocidad máxima alcanzada en cada relación de transmisión.

\*Es importante recordar que lo que impulsa al vehículo es el pedaleo de una persona, el cual no es constante, es un movimiento progresivo que incluso, en ciertas posiciones, el impulso resulta ser negativo, a diferencia de un motor, que proporciona un impulso positivo constante. Por lo tanto el valor de velocidad obtenido no es válido, sin embargo nos será útil para relacionar, en valor de porcentaje, la velocidad que se podría alcanzar con un nuevo diseño.

Distancia Cubierta por cada vuelta completa de los pedales [**Dx** <sup>64</sup>]

Un parámetro que si se puede conocer con certeza es la distancia cubierta por cada vuelta de los pedales. Este dato también se debe calcular para cada relación de velocidades que se tenga. A continuación se muestra el cálculo con la relación que nos permite obtener el valor de la distancia máxima cubierta por cada vuelta de los pedales del Cycar.

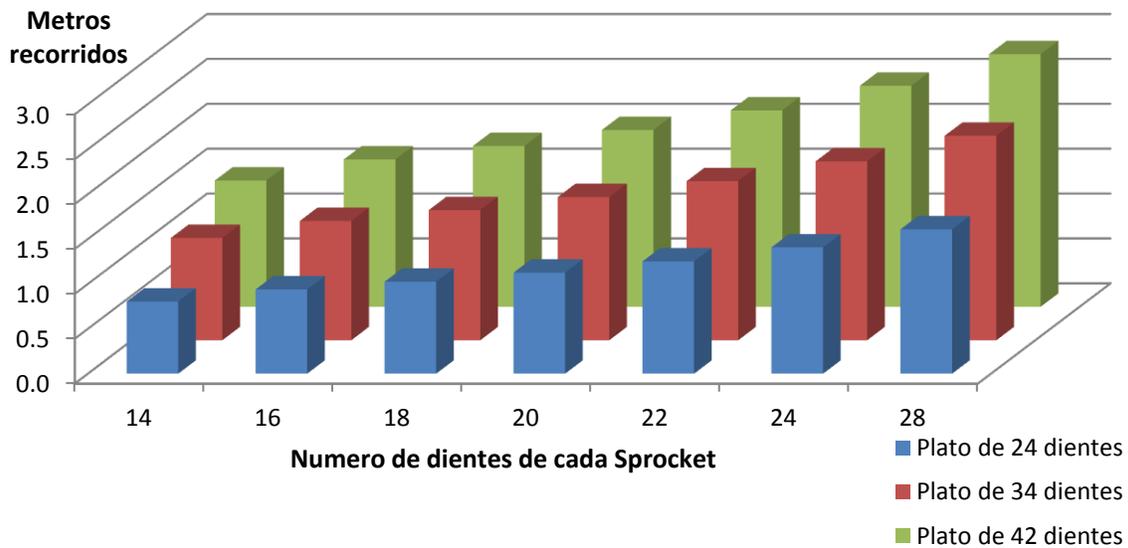
Dx: Distancia cubierta por cada vuelta completa de los pedales

$$Dx = \text{Diámetro de la rueda impulsora} \left( \frac{N.º \text{ de dientes del plato delantero}}{N.º \text{ de dientes del sprocket trasero}} \right) (\pi)$$

$$Dx = (0.29845 \text{ m}) \left( \frac{42}{14} \right) (\pi)$$

Dx = 2.81 metros.

### Dx en cada una de las 21 velocidades



Gráfica 6.2: Distancia Cubierta por cada vuelta completa de los pedales, en cada una de las 21 velocidades.

### 6.3 Propuesta de Diseño

La siguiente propuesta de diseño, se basa en el empleo de componentes comunes de bicicletas, ya que busca ajustarse al material y presupuesto disponible. La mayoría del material empleado en esta propuesta ya se encuentra en el Stock actual de la empresa Mecano.

Partiendo de la premisa de que el principal objetivo es aumentar la relación de transmisión, se busca sustituir o agregar elemento que permitan una mayor multiplicación del torque. Esto se lograría con una diferencia mucho mayor entre el números de dientes de los cambios traseros y delanteros, pero debido a que nos limita las dimensiones de los materiales disponibles, así como la carrocería que los cubre, se optó por agregar más de los mismos elementos, en una configuración que nos permita una mayor relación de transmisión. A continuación se muestra un diagrama de la propuesta nueva.

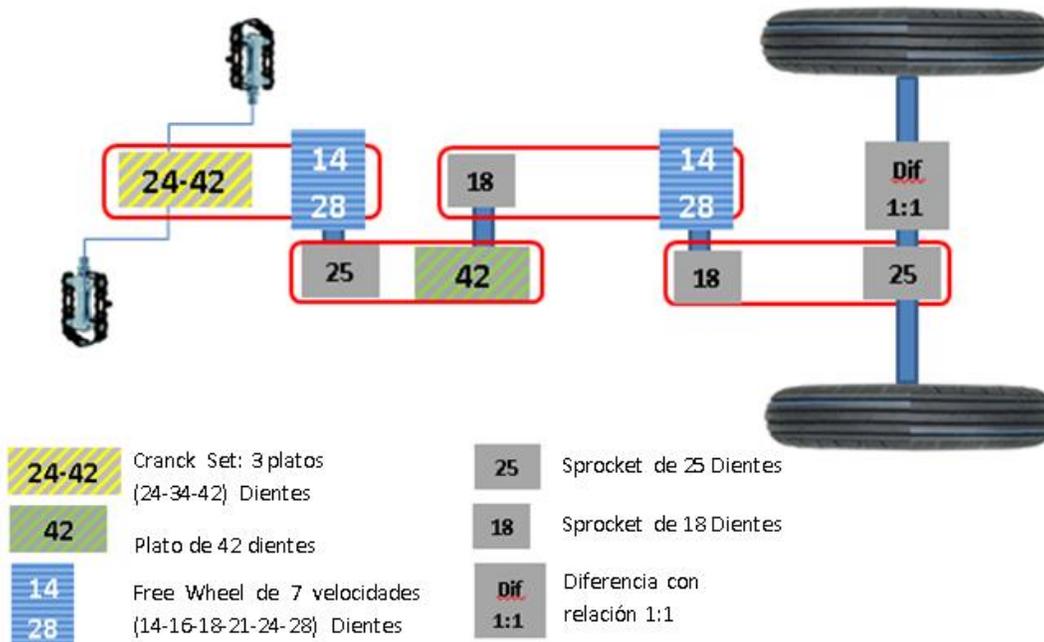


Ilustración 6.4 Diagrama representativo de la propuesta de diseño.

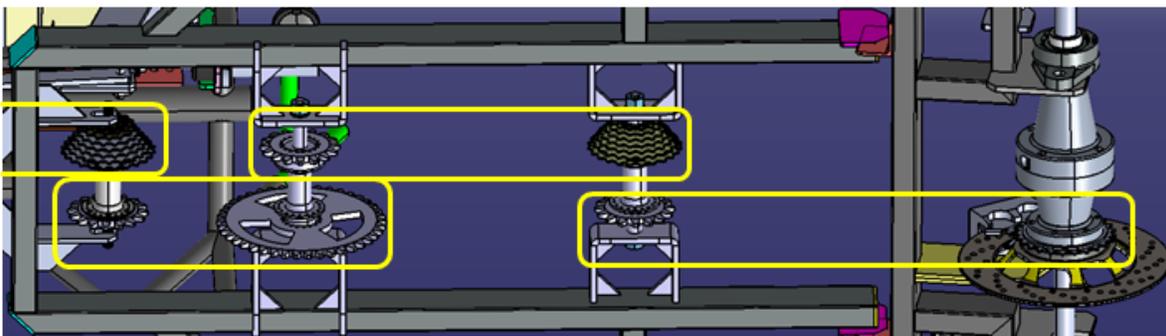


Ilustración 6.5 Diagrama en CAD de la propuesta de diseño.

\*Nota: Aunque se esté empleando un Free Wheel extra, este no será capaz de cambiar de velocidades, el propósito de su uso es el emplear el material con el que ya se cuenta en stock y proporcionar un rango de ajuste del sistema. El Cycar seguirá contando con 21 velocidades.

Este diseño consiste en emplear una masa de bicicleta trasera como eje entre los distintos Sprockets, esta masa fue modificada para poder fijar los elementos de transmisión, acoplando uno de cada lado, los cuales a su vez fueron maquinados para su ensamble y alineación adecuada.

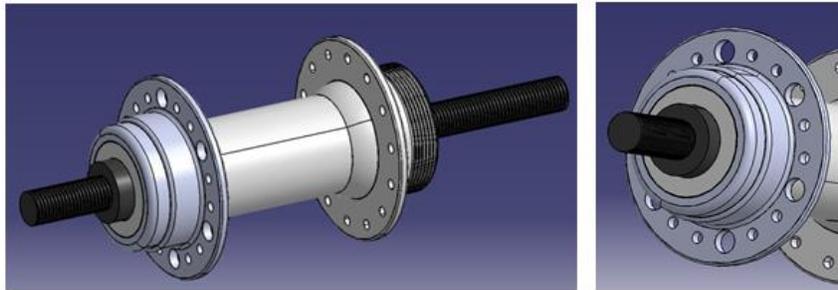


Ilustración 6.6 Maquinado de las masas de bicicleta para su adaptación en el rediseño de la transmisión.

La modificación incluyó dos Juegos de masas o ejes, cada una con dos elementos de transmisión acoplados a los lados, los cuales se buscó que estuvieran alineados con los ya existentes en el Cycar. Los Sprockets de 25 Dientes, uno acoplado al diferencial y el otro a la masa con los cambios traseros.

La alineación es punto clave en este sistema, ya que si no existe una correcta alineación entre los elementos de transmisión de fuerza, la cadena que los une y transmite el movimiento, puede desacoplarse fácilmente, perdiendo así toda fuerza de transmisión. Para lograr esta alineación se diseñaron soporte y espaciadores únicos para cada masa o eje, teniendo así como resultado dos ensambles principales, que agregándolos al sistema sin necesidad de modificar los elementos ya instalados, nos ayuden a aumentar la relación de transmisión.

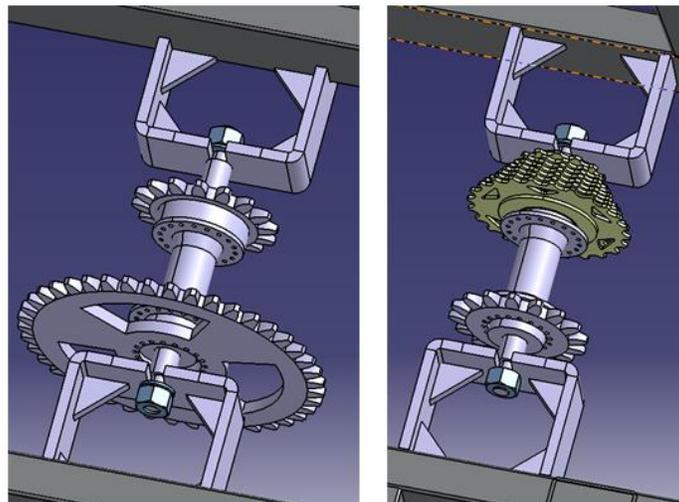


Ilustración 6.7 Principales ensambles agregados al diseño de la transmisión.

## Rediseño del Sistema de Transmisión por Pedales

El siguiente paso es Colocar cada uno de estos ensambles a las distancias correctas, tanto entre ellos como con los demás elementos del sistema. Para saber la distancia correcta para montar cada uno de estos ensambles se tomaron en consideración dos situaciones principales para cada uno de ellos.

En el caso del primero la consideración fue la misma cadena y el hecho de que aunque se puede disponer del número de eslabones deseados, estos al final sumarán cierta distancia, la cual hay que conocer para lograr mantener siempre una buena tensión en la cadena.



**Ilustración 6.8** La distancia entre los ejes de dos engranes unidos por una cadena y sus diámetros determinará el largo de la cadena.

Calculo del número de eslabones y la longitud de la cadena.

Para determinar el número de eslabones de la cadena se puede emplear la siguiente ecuación.

$$Ne = 2C + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4C\pi^2}$$

Dónde:

**Ne**<sup>65</sup>: Numero de eslabones de la cadena.

**C**<sup>66</sup>: Distancia entre centros de los ejes propuesta expresada en pasos.

**Z<sub>2</sub>**<sup>67</sup> y **Z<sub>1</sub>**<sup>68</sup>: El número de dientes del sprocket mayor y menor respectivamente.

$$C = 200 / 2.3812 = 83.9912$$

$$Ne = 2(83.9912) + \frac{42+25}{2} + \frac{(42-25)^2}{4(83.9912)\pi^2}$$

$$Ne = 201.5694$$

Para calcular la longitud de la cadena se debe partir del hecho de que un paso equivale al largo de un eslabón, como se observa en la siguiente ilustración, por lo que una estimación acertada de la longitud de la cadena será multiplicar el número de eslabones por su longitud que corresponde a la del paso de la cadena.

Longitud de la cadena [Lc]

$$L_c = N_e * P$$

$$L_c = (201.5694) * (2.3812)$$

$$\underline{L_c = 479.977 \text{ mm}}$$

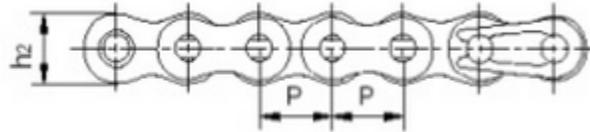


Ilustración 6.9 Diagrama gráfico del paso de una cadena.

Cuando se conoce la distancia entre centros y se requiere calcular el número de eslabones de la cadena, simplemente se divide la distancia entre centros por el paso y se obtiene C en paso.

Cuando se propone la distancia entre centros, es necesario corregir y recalculer esta distancia para obtener un valor más preciso. Para determinar la distancia entre centros se emplea la siguiente ecuación.

Distancia entre Centros [C]

$$C = \frac{P}{8} \left[ 2N_e - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2N_e - Z_2 - Z_1)^2 - \frac{\pi}{3.88} (Z_2 - Z_1)^2} \right]$$

$$C = \frac{2.3812}{8} \left[ 2(201.5694) - 42 - 25 + \sqrt{(2[201.5694] - 42 - 25)^2 - \frac{\pi}{3.88} (42 - 25)^2} \right]$$

$$\underline{C = 200.01 \text{ mm}}$$

Para calcular la distancia entre centros real, se debe tener en cuenta el pandeo de la cadena en el lado flojo, el cual puede estar en alrededor de los 45°.

Distancia real entre centros real [C r]

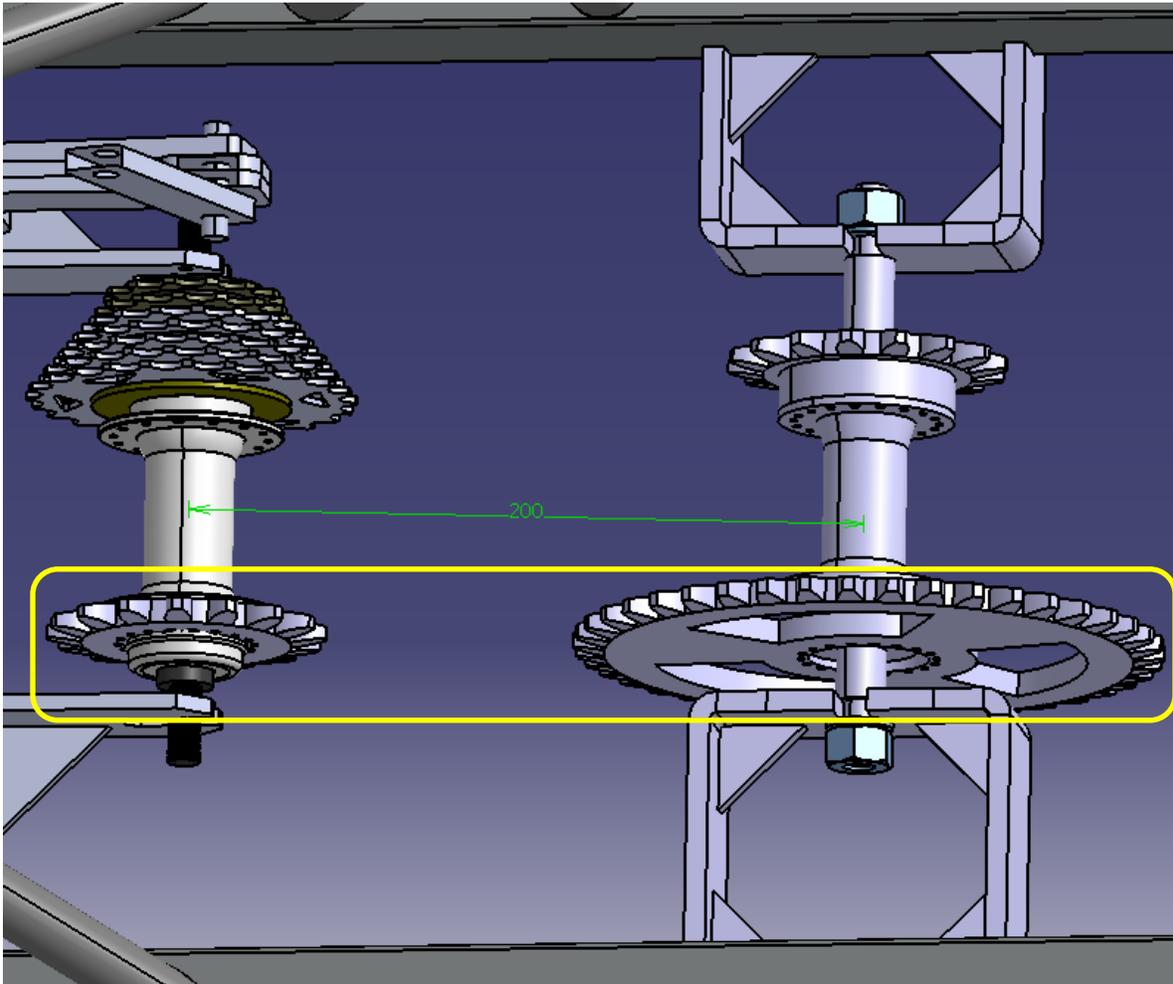
$$C_r = C - 0.5y$$

Dónde:

- $Y = 0.02(Ct)$  para ángulos de flexión  $< 45^\circ$
- $Y = 0.01(Ct)$  para ángulos de flexión  $> 45^\circ$
- $Y = 0.015(Ct)$  para ángulos de flexión  $= 45^\circ$

$$C_r = 200.01 - 0.5 (0.02)$$

$$\underline{C_r = 200 \text{ mm}}$$



**Ilustración 1.10** Distancia de 200 mm entre los ejes de las dos masas de bicicleta en el ensamble CAD.

En el caso del segundo ensamble la consideración no resultó ser la misma, ya que hay que considerar un factor aún más relevante. El hecho de que el sprocket acoplado en el diferencial se traslada angularmente en un radio determinado a causa del efecto de la suspensión trasera, nos limita la ubicación del segundo ensamble, el cual debe ubicarse en el eje pivotante de la suspensión para que el radio que separe los dos centros sea siempre el mismo.

En este caso para poder tensar la cadena se empleará un descarrilador de los que ya se tiene en stock. Estos mecanismo permite mantener la tensión en la cadena de las bicicletas cada vez q se selecciona una velocidad distinta.

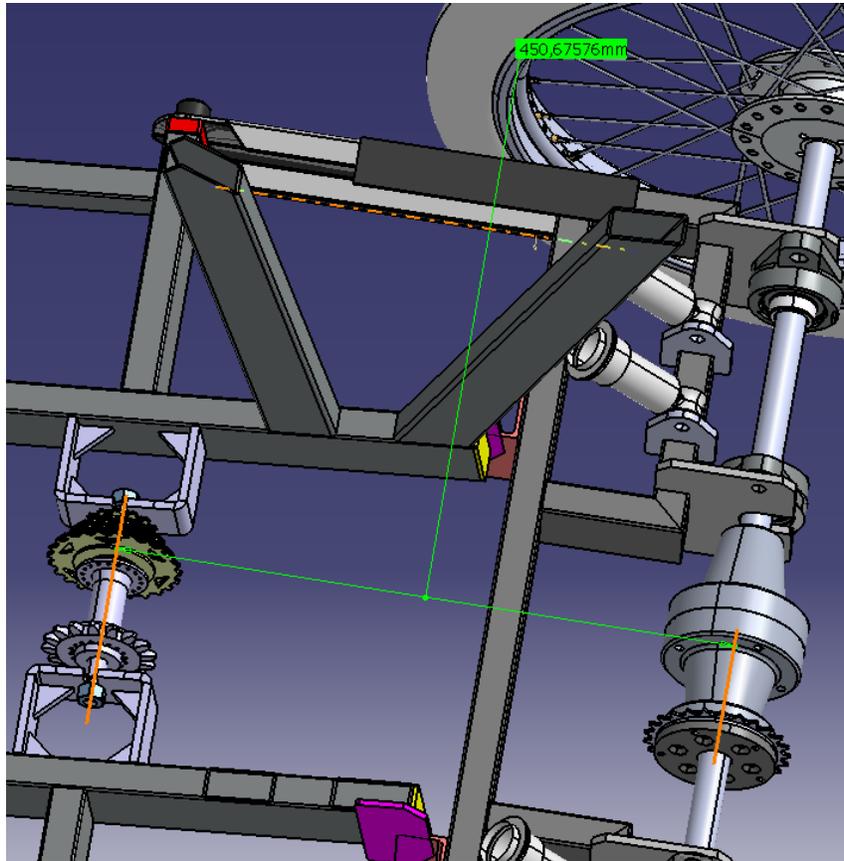


Ilustración 6.11 Montaje del segundo subensamble alineado al eje pivotante de la suspensión trasera.

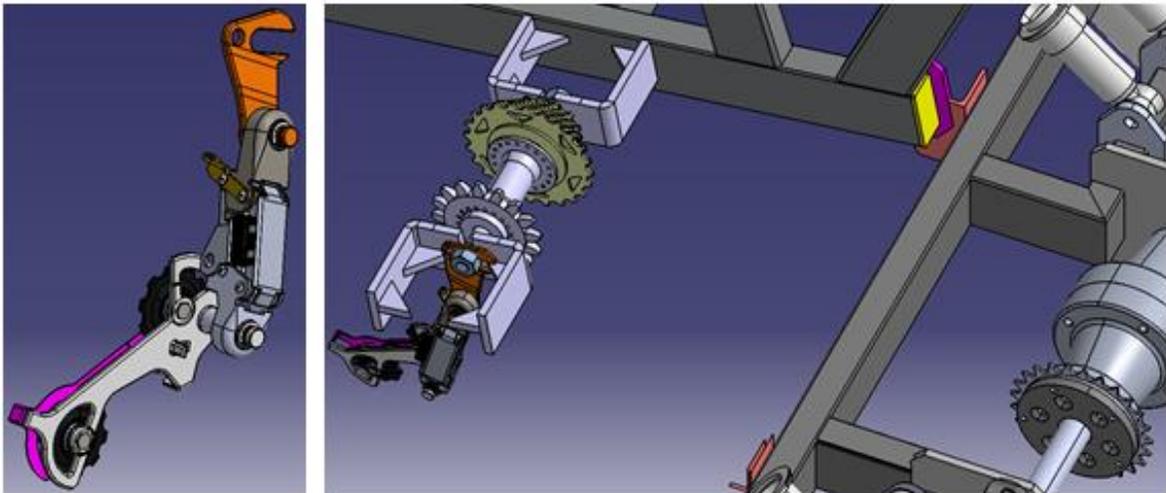


Ilustración 6.12 Descarrilador empleado para mantener tensa la cadena que conecta al segundo sub ensamble del rediseño con el diferencial.

## 6.4 Interpretación de Resultados

Para saber si la propuesta de rediseño realmente cumplió los objetivos es necesario calcular los parámetros de Torque en las ruedas trasera [ $T\omega$ ], Velocidad [ $Vx$ ] y distancia cubierta por cada pedaleo [ $Dx$ ].

Torque Producido en las ruedas traseras

$$T\omega = T_c * \eta_T$$

Dónde:

$T\omega$  = Torque en las Ruedas Traseras

$T_c$  = Torque que imprime el conductor

$\eta_T$  =Relación de Transmisión

Para lo cual primero debemos determinar la relación de transmisión del nuevo diseño, que proporcione el mayor torque.

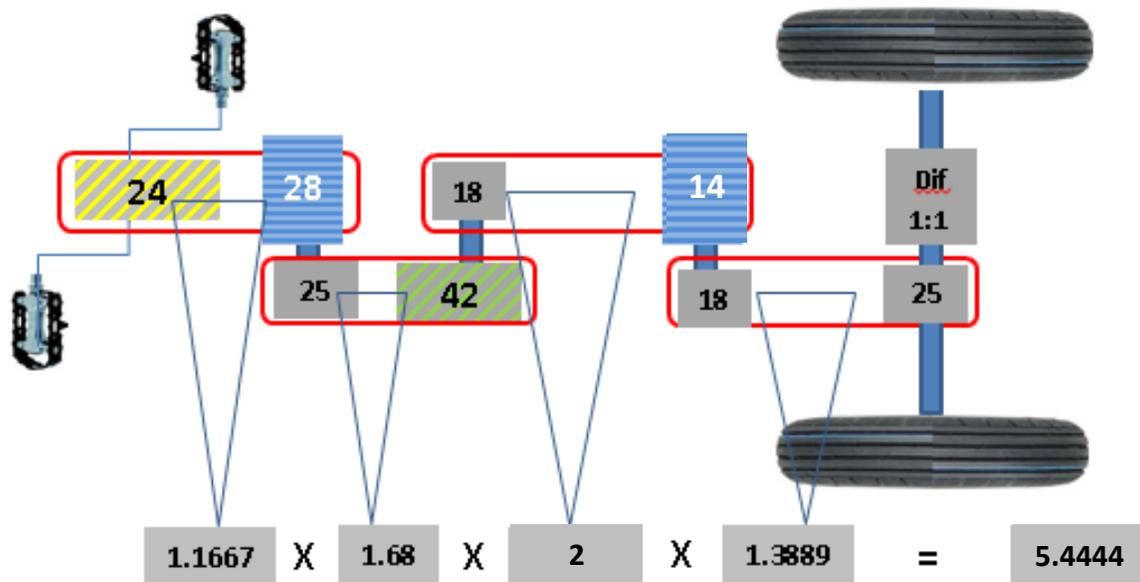


Ilustración 6.13 Diagrama representativo de las relaciones de transmisión existentes en el nuevo diseño.

$$T\omega = 58.73 \text{ Nm} * 5.4444$$

$$\underline{T\omega = 319.748 \text{ Nm}}$$

Recordando los resultados obtenidos en el estudio de las fuerzas que se oponen al movimiento del capítulo anterior, la resistencia a la pendiente con un valor de 314.8 N es la mayor fuerza de este tipo, la cual no podía ser superada con el diseño original del sistema de transmisión. Con la nueva relación se obtienen 319.7 Nm de impulso en las ruedas trasera, lo cual es suficiente para superar esta fuerza opositora.

Velocidad [Vx]

$$\text{Velocidad [Vx]} = \frac{R_w * FP}{\eta_T * \eta_D}$$

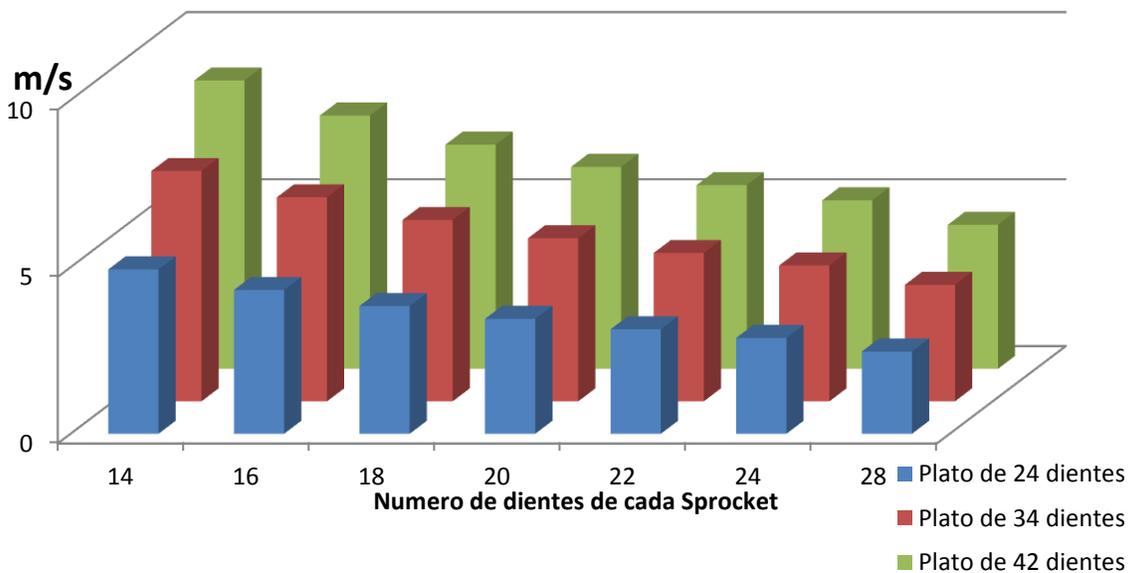
$$\text{Velocidad [Vx]} = \frac{(0.2984) * (45)}{(1.556) * (1)}$$

Velocidad [Vx] = 8.629 m/s = 29.7 km/hr

Recordemos que ya se había establecido que el valor de velocidad obtenido no es válido, sin embargo ahora nos sirve para comparar en que porcentaje se vio afectado este parámetro con el nuevo diseño.

El valor de Vx obtenido con la configuración anterior es de 40.32 m/s, comparándolo con el valor del nuevo diseño de 8.62 m/s el parámetro de velocidad se vio disminuido en un 78.6 %, lo cual no resulta alarmante, debido a que el rango de velocidad en el que se plantea operar el Cycar no supera los 20 km/hr. Además, no olvidemos que se cuenta con el motor eléctrico acoplado en la rueda delantera, el cual es capaz de proporcionar la velocidad necesaria para la correcta operación del vehículo.

### Velocidad máxima en cada una de las 21 velocidades Vx



Gráfica 6.3 Velocidad máxima en cada una de las velocidades del nuevo diseño de transmisión.

### Distancia Cubierta por cada vuelta completa de los pedales [Dx]

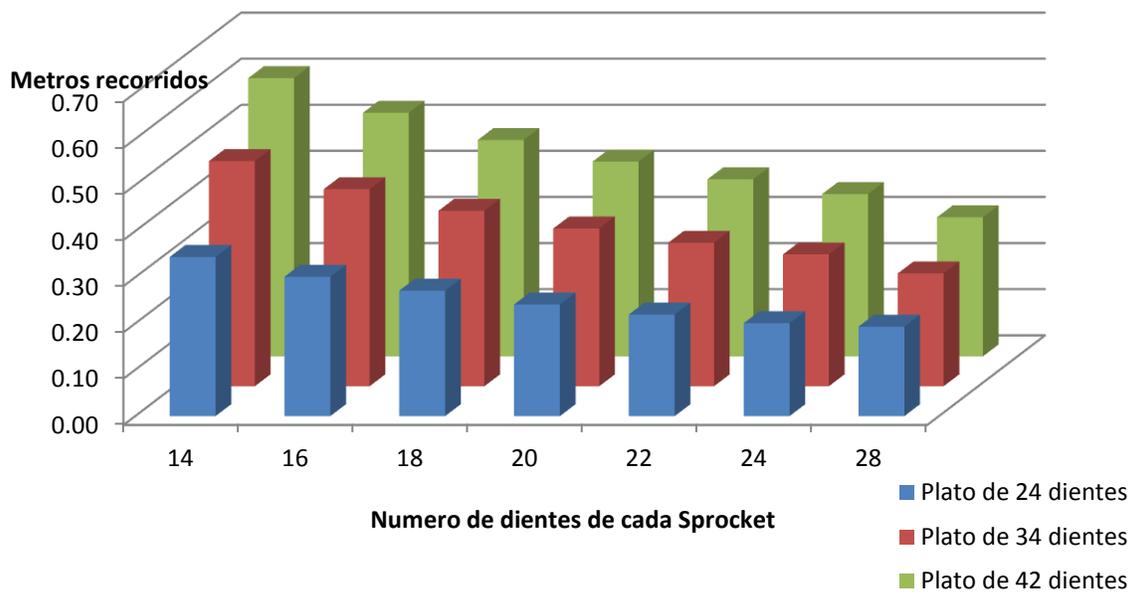
Al igual que Vx la distancia cubierta por cada pedaleo se verá disminuida, pero de la misma forma será compensada con el motor eléctrico.

$$Dx = \text{Diámetro de la rueda impulsora}(\text{Relación de Transmisión nueva}) (\pi)$$

$$Dx = (0.29845 \text{ m})(0.64) (\pi)$$

Dx = 0.6 metros.

### Distancia recorrida por cada vuelta de los pedales en cada una de las 21 velocidades



Gráfica 6.4 Distancia recorrida por cada vuelta de los pedales en cada velocidad del nuevo diseño de transmisión.

A pesar de haber reducido la velocidad y la distancia cubierta con el nuevo diseño de transmisión, se logró aumentar el torque significativamente, lo que se traduce en que el impulsar el Cycar solo con el pedaleo, ahora resulta ser una tarea que no demanda mucho esfuerzo físico por parte del conductor, teniendo así un sistema más ergonómico.

## Capítulo 7

### Rediseño del Sistema de Frenado

#### 7.1 Justificación

Existen dos motivaciones para el rediseño del sistema de frenado. La primera, al igual que en el caso del sistema de transmisión es mejorar la ergonomía del mando de frenado, el cual consiste en una palanca ubicada del lado derecho del conductor, por debajo de la altura del asiento, la cual acciona los frenos al alar de ella. Esta posición es desfavorable ya que obliga al conductor a separar su mano derecha, una distancia considerable, del manubrio de dirección, lo cual en situaciones de frenado en curva y frenado de emergencia podría provocar una pérdida de control sobre la dirección de vehículo, al igual que retrasa el tiempo de respuesta del conductor para frenar.

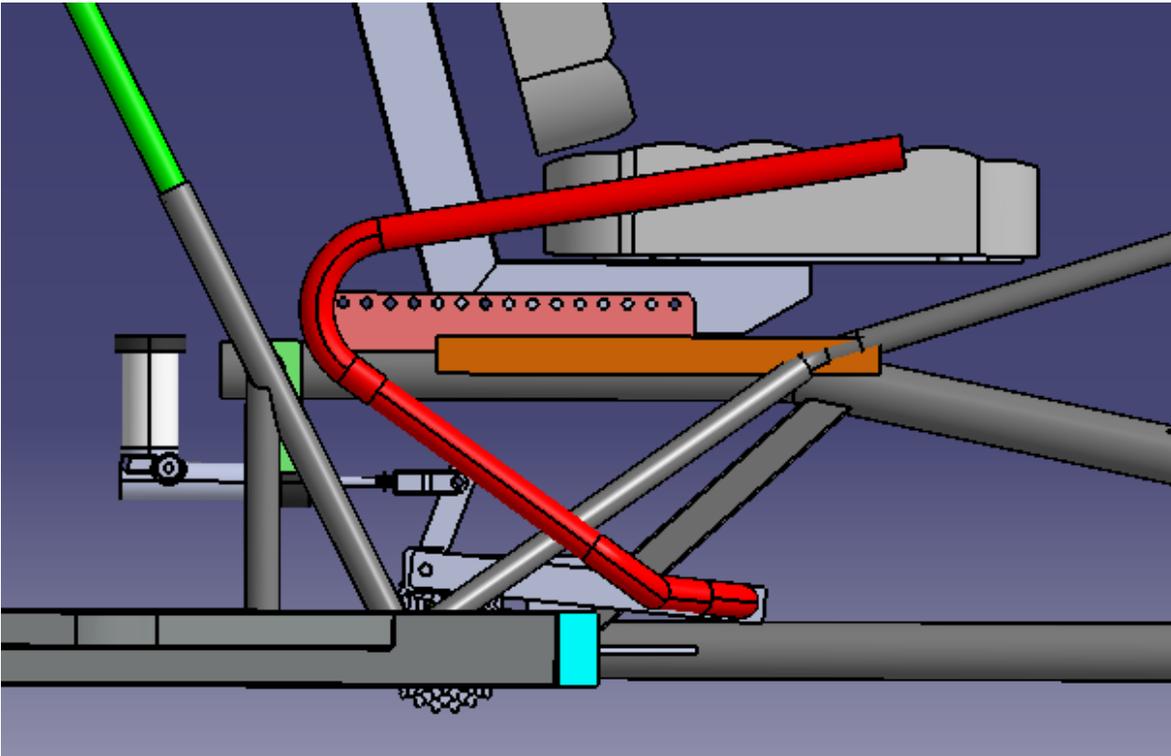


Ilustración 7.1 Diseño original del mando de frenos.

La segunda motivación es reducir el desgaste mecánico prematuro de los componentes internos del diferencial, ya que el disco de freno trasero se encuentra acoplado a la carcasa de éste, transfiriendo así la fuerza de frenado primeramente a la carcasa, luego a los engranes planetarios, y posteriormente a los engranes cónicos acoplados con las **flechas**<sup>69</sup> de las ruedas traseras. Esta arreglo de transferencia resulta perjudicial debido a que el esfuerzo se concentra entre el engranaje de los **engranes planetarios**<sup>70</sup> y **cónicos**<sup>71</sup> del diferencial, provocando un desgaste acelerado de los mismo.

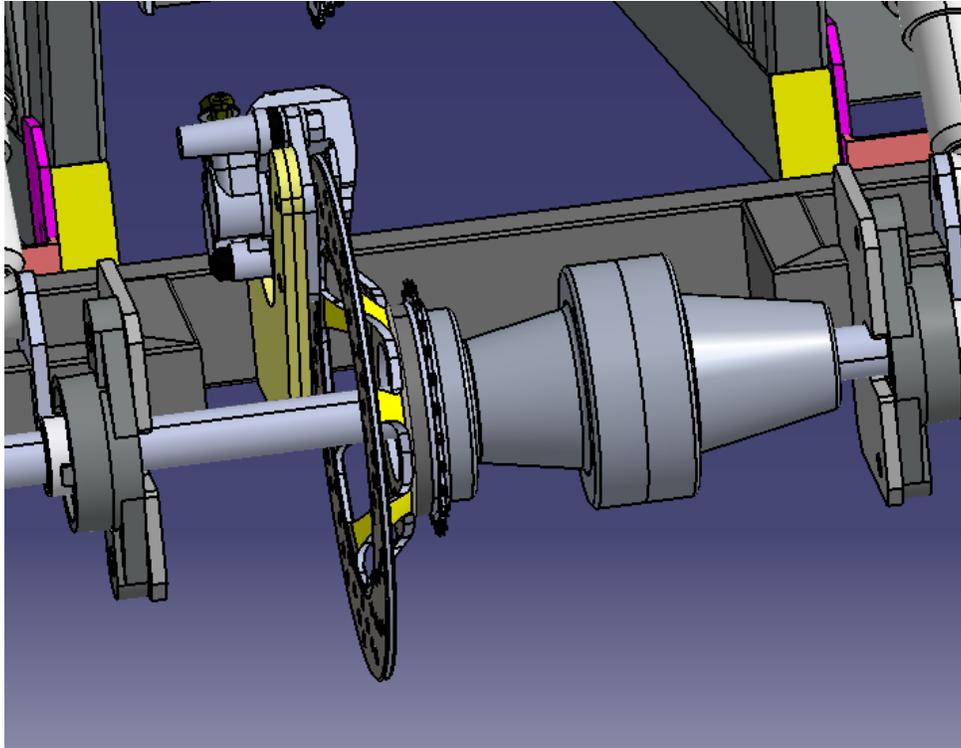


Ilustración 7.2 Diseño Original con el disco de freno acoplado a la carcasa del diferencial.

## 7.2 Propuesta de Diseño

La primer parte del rediseño consistirá en reubicar el disco de freno trasero, lo que implica desacoplarlo de la carcasa del diferencial y acoplarlo directamente en una de las flechas de transmisión. Para lo cual se debe diseñar un elemento que sirva como acoplamiento entre el disco de frenado y la flecha. Posteriormente es necesario reubicar los soportes que mantienen fijo el caliper en la posición adecuada.

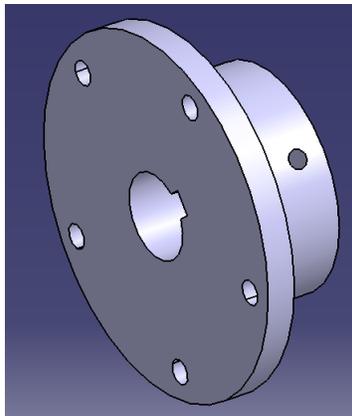


Ilustración 7.3 Diseño del elemento de unión entre el disco de freno y la flecha.

Es necesario incorporar al diseño un cuña, la cual será el elemento que transfiera la fuerza de freno a la flecha.

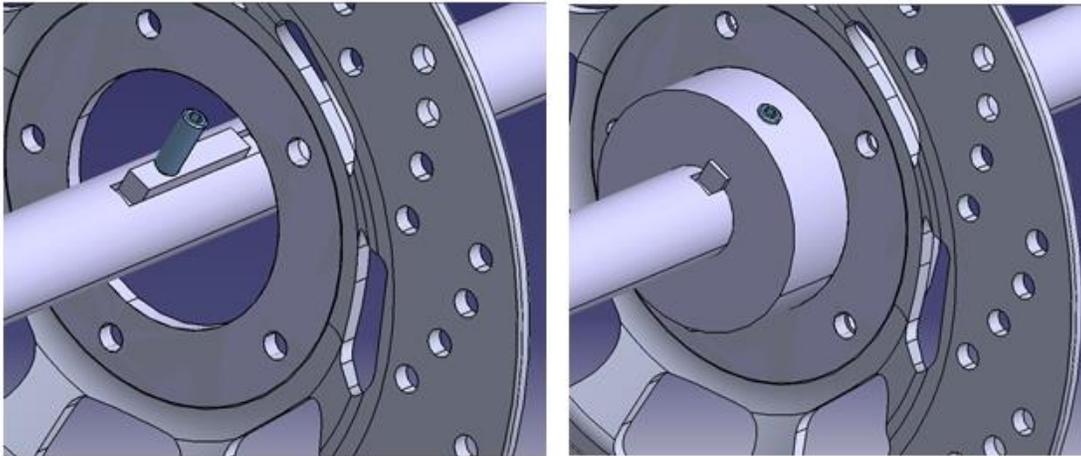


Ilustración 7.4: Diseño de cuña para transferir la fuerza de frenado.

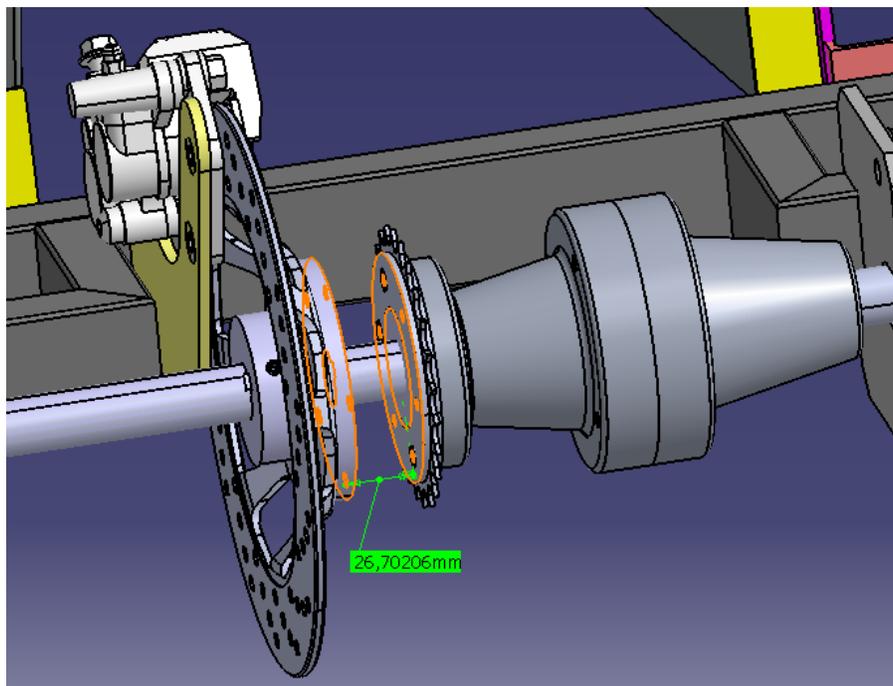


Ilustración 7.5 Propuesta de diseño con el disco desacoplado del Diferencial.

Para resolver la parte de la ergonomía, se propone un mecanismo que permita al conductor accionar los frenos desde una posición más cómoda, ubicando el mando entre las dos empuñaduras y por debajo del nivel de manubrio, permitiendo el giro libre de este. El diseño se basa en un **mecanismo de 4 barras**<sup>72</sup>, el cual será calculado para reducir el ángulo con el cual se tenga que mover la palanca de accionamiento pero sin reducir el recorrido de la carrera del embolo en el cilindro maestro de la bomba de frenos.

Carrera del pistón = 8cm

## Rediseño del Sistema de Frenos

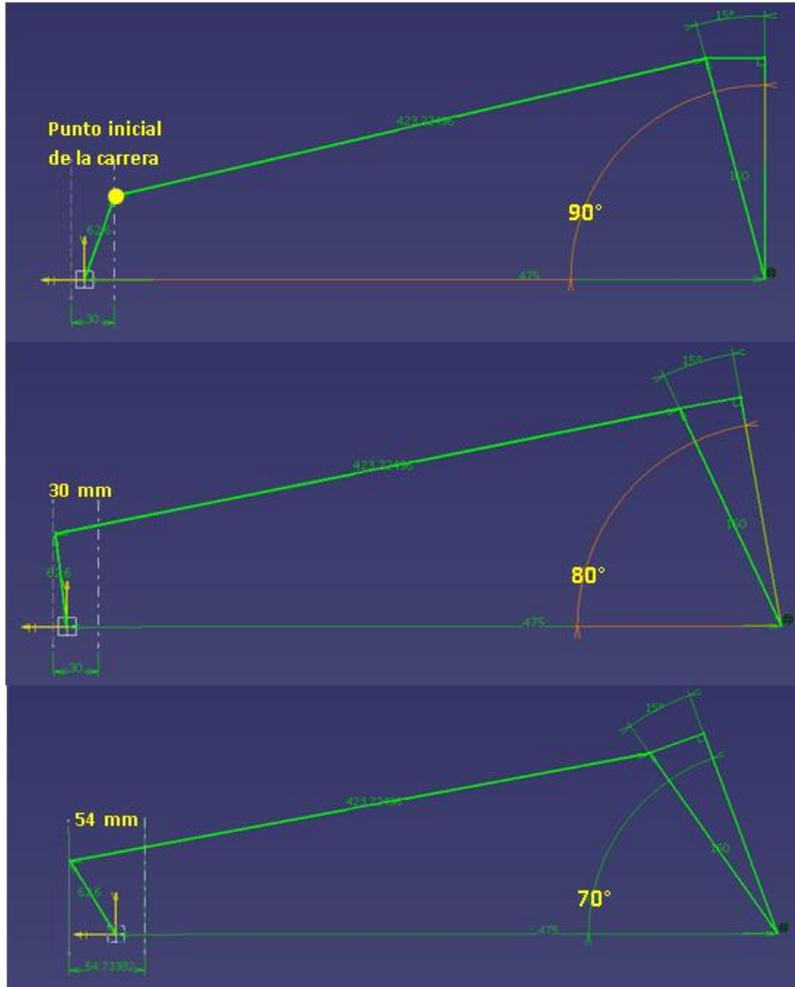


Ilustración 7.6 Distancia recorrida por el embolo en relación al ángulo de la palanca.

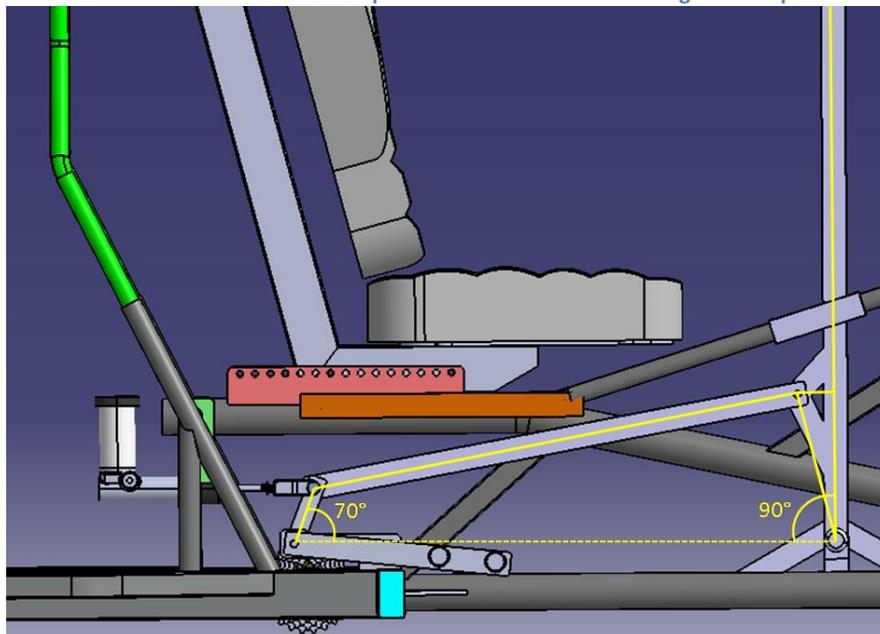


Ilustración 7.7 Diseño de los elementos físicos basado en el mecanismo de 4 barras.

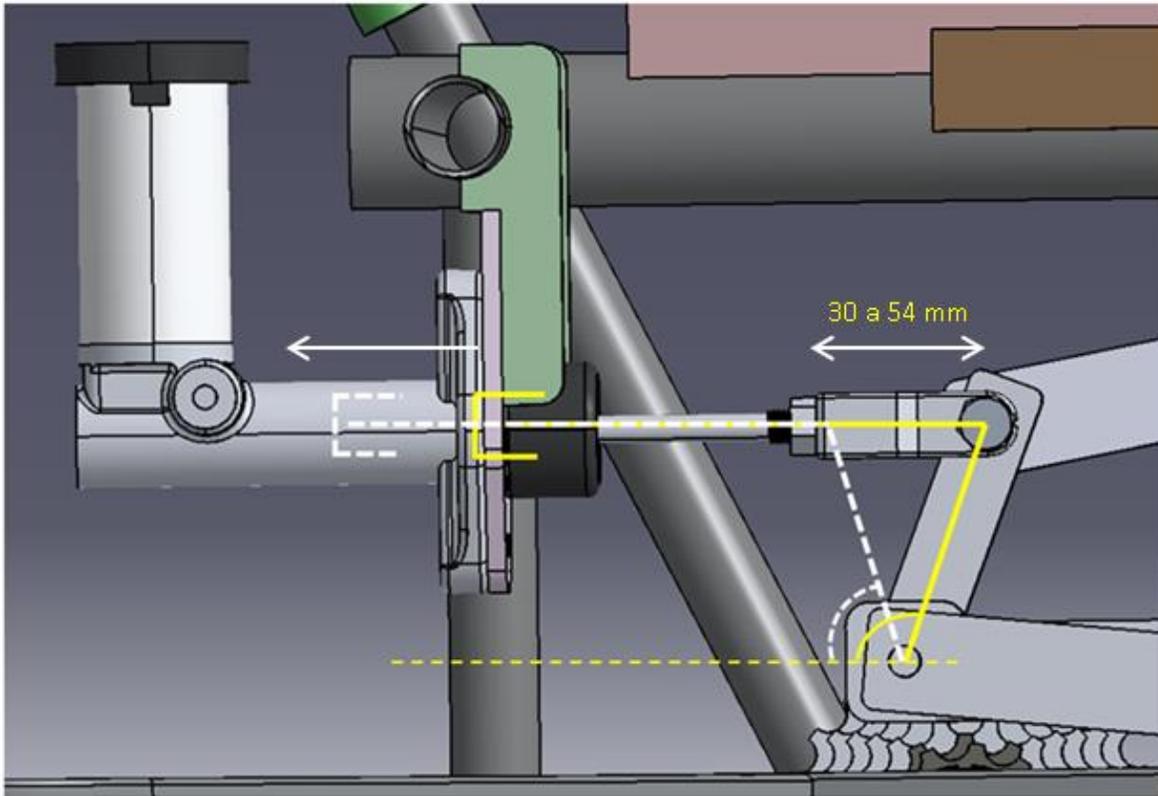


Ilustración 7.8: Representación gráfica de la distancia recorrida por el embolo debido a la variación de ángulo del mecanismo propuesto.

### 6.3 Interpretación de Resultados

En base a la consideración de que la distancia que la mano del conductor tiene que viajar hasta la ubicación del mando original era la causa de que el sistema no fuera ergonómico, se puede concluir que con el nuevo diseño se logra acortar esta distancia, haciendo al sistema, en cierta proporción más ergonómico. Para saber si los resultados obtenidos del rediseño realmente son eficaces, es necesario realizar una serie de pruebas comparativas en diversas situaciones de frenado, en recto y en curva principalmente, para poder comparar si el nuevo diseño resulta ser más ergonómico que el anterior.

En cuanto a la reubicación del disco de freno, los resultados del rediseño se podrán observar después de un periodo de tiempo considerable de prueba, cuando se hará evidente si el desgaste sufrido en los componentes internos del diferencial, engranes, se vio reducido en comparación a otra unidad que no se haya modificado.

## Capítulo 8

### Análisis del Sistema de Dirección

Debido a que el Cycar es un vehículo triciclo con la disposición tradicional, una rueda delantera de dirección y dos traseras de propulsión, para poder estudiarlo y comprender la estructura del sistema y el comportamiento de éste, es necesario analizarlo del mismo modo que se analizaría el de una motocicleta.

#### 8.1 Consideraciones Geométricas

Partiendo del esquema básico de las motocicletas, hay distintos parámetros que influyen radicalmente en el comportamiento de estos vehículos. Se trata de una serie de aspectos de carácter geométrico que definen distancias, ángulos y alturas. Estos aspectos junto con los distintos componentes encargados del funcionamiento de la dirección y la suspensión de la motocicleta, condicionan su comportamiento frente a distintas situaciones.

Como ocurre con las motocicletas de igual forma estos parámetros tienen efectos sobre el comportamiento del Cycar. Algunos de estos efectos serían considerados principales y fáciles de calcular, pero hay una serie de efectos secundarios que afectan el comportamiento del resto del vehículo, cuyo estudio es algo más complejo.

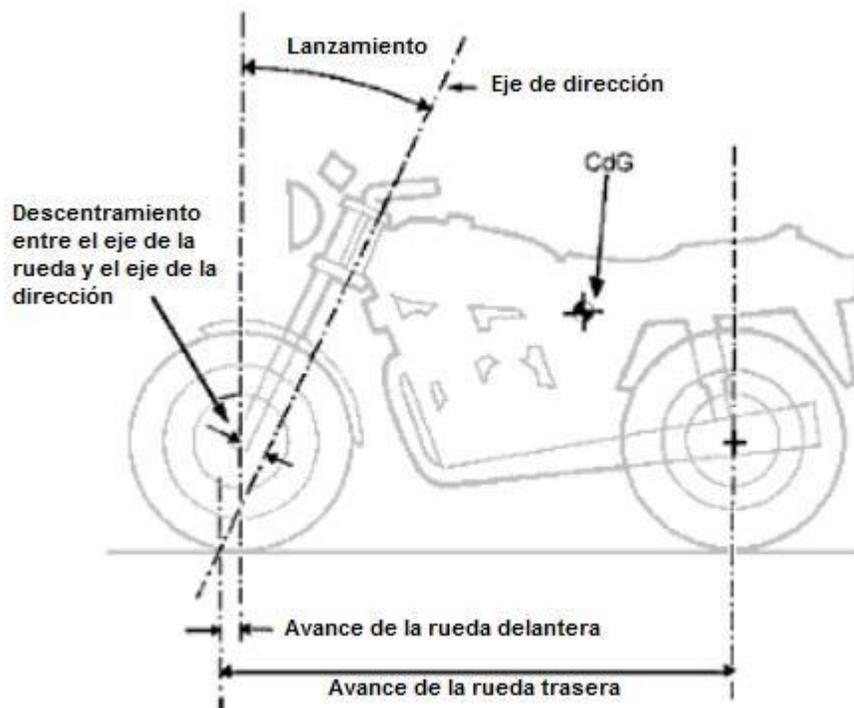


Ilustración 8.1 Principales aspectos geométricos de una motocicleta

A continuación se definen los aspectos principales que afectan el sistema de dirección del Cycar

### Radio de la rueda

Saber el radio de las ruedas es de suma importancia ya que es un parámetro geométrico que interviene en todo momento en el comportamiento dinámico de cualquier vehículo. En el caso del Cycar únicamente cuenta con un tipo de llanta y rin. Las especificaciones de estas son:

2.75-18

Donde el 2.75 y el 18 son valores de distancia en unidades de pulgadas “in”.

El 18 nos indica el diámetro del rin, y el 2.75 indica la **relación de aspecto del neumático**<sup>73</sup> (la altura). Por lo tanto para calcular el radio de la rueda completa “ $R\omega$ ” se emplea la siguiente formula:

$$R\omega = ((2.75*2)+18)/2 = 11.75\text{in} = 298.45 \text{ mm}$$

### Distancia entre ejes:

Es la distancia entre los centros de las ruedas cuando la suspensión está en reposo.

Distancia entre ejes del Cycar: 2442.94 mm

### LANZAMIENTO<sup>74</sup> o RAKE<sup>75</sup>

Es el ángulo existente entre la pipa de dirección con la normal de la rueda delantera. Para motocicletas convencionales este ángulo varía entre los 22 a 29 grados.

### AVANCE<sup>76</sup> o TRAIL<sup>77</sup>

Es la distancia horizontal entre el punto de contacto del neumático delantero con el suelo y la extensión de la línea dibujada por la pipa de dirección hasta el suelo. Puede medirse sobre el suelo o en dirección perpendicular al propio eje.

Los avances típicos para motos están entre 80 y 120 mm y cualquier variación mínima en este parámetro implica grandes cambios en el comportamiento dinámico del vehículo.

El avance produce sobre la rueda delantera un **momento autoalineante**<sup>78</sup> que ayuda a conducir la moto, o en este caso al Cycar. Si el avance es positivo, este momento actuará sobre la rueda para ayudarla a mantener su dirección, mientras que si el avance se vuelve negativo este momento girará bruscamente la dirección provocando perdida de estabilidad y un posible accidente. Un avance mayor proporciona un momento autoalineante mayor “Mayor estabilidad” pero resta agilidad.

### Offset<sup>78</sup>

Es la distancia medida de forma perpendicular entre el eje de la pipa de dirección y al centro de la rueda frontal.

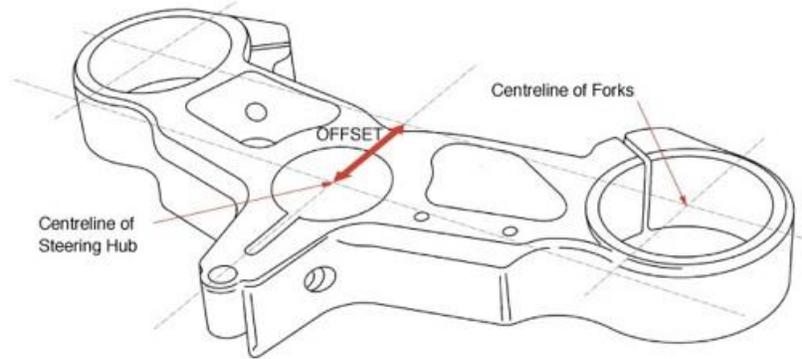


Ilustración 8.2 Ilustración del parámetro Offset.

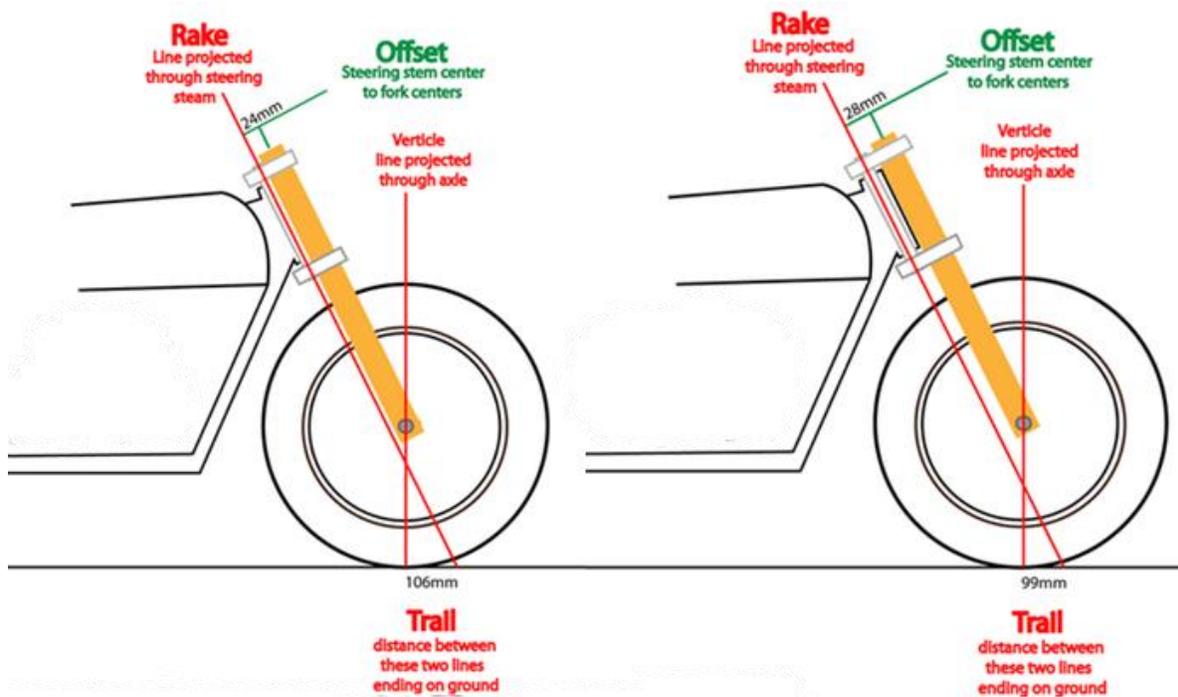


Ilustración 8.3 Ilustración gráfica de los efectos del Offset en el parámetro de Avance.

Para poder ubicar la situación específica del Cycar, se presenta a continuación una tabla comparativa del valor de Rake entre el Cycar y motos de diferentes segmentos en el mercado.

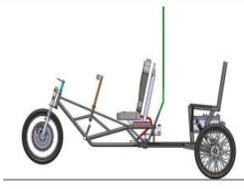
Model	Lanzamiento Rake	Type	Photo
<b>Cycar</b>	<b>21.45°</b>	<b>Street</b>	
Honda CBR 600	23.55°	Supersport	
Yamaha GTS	24°	Sport touring	
Suzuki Burgman	26°	Scooter	
Honda Goldwin	29.15°	Touring	
BMW K1300	29.36°	Sport touring	
Honda Shadow	34°	Custom	

Tabla 8.1: Comparativa del parámetro de Rake entre motocicletas de distintos segmentos y el Cycar.

## 8.2 Cálculo del parámetro Avance del Cycar

La ecuación del Trail es la siguiente

$$Trail = \frac{[Rw * \cos A_h] - O_f}{\text{sen } A_h}$$

Dónde:

- Ah = Angulo complementario de Rake
- Rw = Radio de la rueda
- Of = Offset

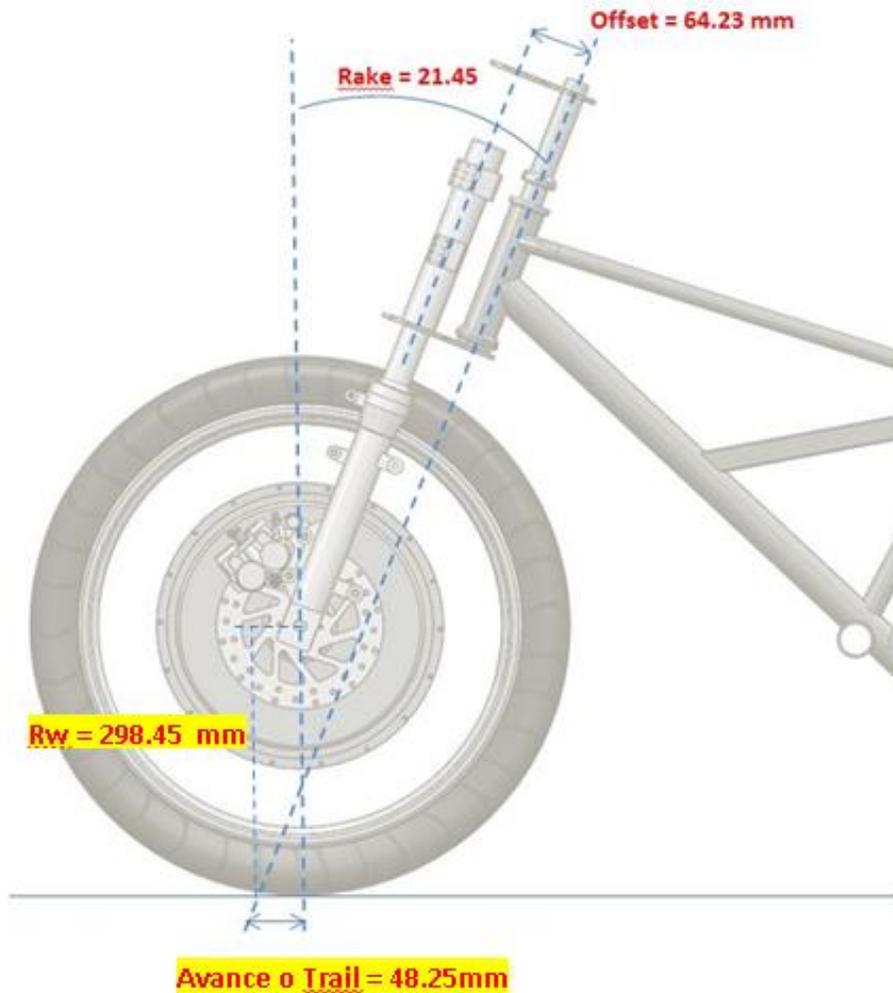


Ilustración 8.4 Parámetros Offset, Rake y Trail.

Model	Trail	Wheel base	Type	Photo
Cycar	48 mm	2442.94	Street	
Yamaha R6	97 mm	1380 mm	Supersport	
YZF-R1	97 mm	1415 mm	Supersport	
Tricker	95 mm	1330 mm	Sport	
FZ1	109 mm	1461 mm	Street	
FJR1300A	109 mm	1545 mm	Sport touring	
XV1900	152 mm	1715 mm	Cruiser	

Tabla 8.2: Comparativa del parámetro de Avance entre motocicletas de distintos segmentos y el Cycar.

### 8.3 Otros Factores que afectan la estabilidad del Cycar

El análisis previo es únicamente para la situación estática del Cycar, pero para poder continuar con un análisis dinámico, es necesario establecer algunos otros parámetros de diseño que afectarán al sistema de dirección y por lo tanto la estabilidad del vehículo.

#### Suspensión trasera

La suspensión trasera juega un papel muy importante en la dinámica del vehículo, bajo diferentes situaciones de velocidad y manejo, pero de igual forma afecta al comportamiento de todo el vehículo desde el punto de análisis estático. Desde la distribución de cargas, ubicación del centro de gravedad, hasta en la estabilidad.

Las ilustraciones siguientes muestran el diseño y la disposición actual de la suspensión trasera del Cycar con relación al resto del vehículo.

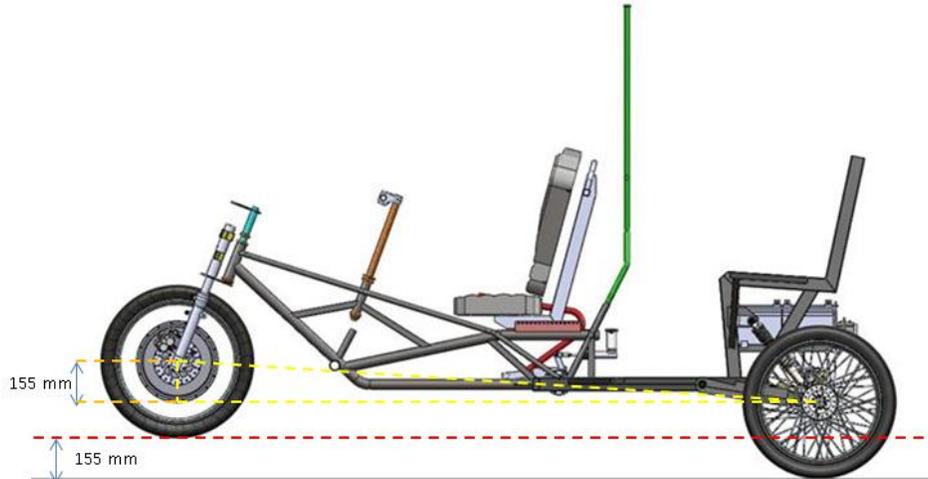


Ilustración 8.5 Diferencia de altura entre las ruedas traseras y delantera debido al diseño de suspensión.

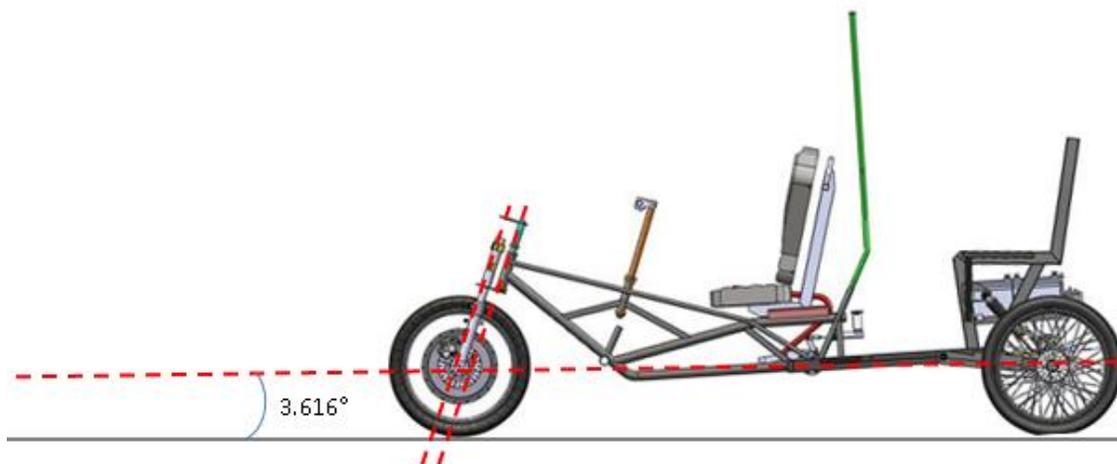
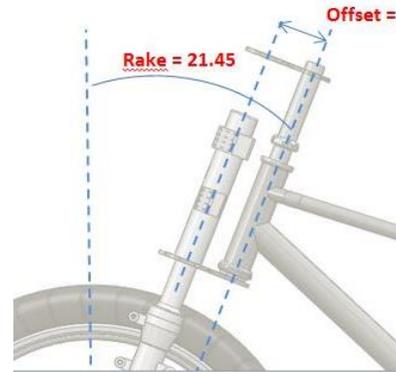


Ilustración 8.6 Ángulo entre el chasis y el suelo generado por la suspensión trasera.

$$Trail = \frac{[298.45 * \cos 17.83] - 64.23}{\text{sen } 17.83}$$

$$Trail = 28.5450 \text{ mm}$$



Model	Trail	Wheel base	Type	Photo
Cycar	48 mm	2442.94	Street	
Yamaha R6	97 mm	1380 mm	Supersport	
YZF-R1	97 mm	1415 mm	Supersport	
Tricker	95 mm	1330 mm	Sport	
FZ1	109 mm	1461 mm	Street	
FJR1300A	109 mm	1545 mm	Sport touring	
XV1900	152 mm	1715 mm	Cruiser	

Tabla 8.3 Comparativa del valor de Trail real del Cycar.

## 8.4 Flop Point <sup>79</sup>

En un vehículo con una sola rueda de dirección, al negociar una curva y girar la dirección, la combinación de rueda y horquilla tratan de alcanzar un punto de equilibrio con respecto a su centro de gravedad, debido al momento autoalineante, intentando regresar a su posición original, pero si el ángulo de giro de la rueda se incrementa demasiado se podrá alcanzar el punto “Flop” o “Flop Point”. En este punto la rueda tiende a girar hasta alcanzar una posición a 90° con respecto al marco. Causando pérdida total de control y posiblemente dañando la integridad estructural del vehículo.

Para prevenir el Flop se colocan **Flop stops** <sup>80</sup> o topes de giro, estos topes se pueden colocar en el yugo inferior a la disposición más adecuada para cada vehículo.



Ilustración 8.7 Ejemplos de Flop Stops.

En el caso del Cycar aún no se cuentan con estos Flop stops. Este aspecto, aunque le permite tener un radio de giro mucho menor, lo expone a alcanzar con mucha facilidad el Flop Point, que aunque a bajas velocidades no parezca tan relevante, en una conducción de mayor velocidad podría resultar peligroso. También por el hecho de no poseer Flop Stops se han presentado daños en la carrocería de fibra de vidrio del Cycar, debido a los impactos que recibe con componentes acoplados a los yugos, como las luces direccionales y sus soportes.



Ilustración 8.8 Efectos perjudiciales debido a la ausencia de Flop Stops en la carrocería del Cycar.



Ilustración 8.9 Fotografía de los yugos de la dirección del Cycar.

En la figura superior se busca mostrar que sería relativamente sencillo modificar el yugo inferior para poder colocarle Flop Stops y así evitar el Flop Point y daños a la carrocería u otros componentes.

A continuación se muestran ejemplos de cómo se podrían implementar los Flop Stops.



Ilustración 8.10 Montaje de Flop Stops en una motocicleta a medida.

## 8.5 Interpretación de resultados

Como ya ha quedado claro con las tablas comparativas, el diseño y disposición de los elementos que conforman el sistema de dirección del Cycar no son los adecuados para el tipo de vehículo y modo de conducción deseados.

Ya que lo que se desea es mejorar la estabilidad del Cycar, es fundamental modificar la disposición de estos elementos para alcanzar un valor de Trail mínimo de 120 mm, lo cual brindará mayor estabilidad en línea recta y a velocidades altas, y a su vez no se perderá tanta maniobrabilidad a bajas velocidades y negociando curvas cerradas.

Bajar la suspensión trasera se vuelve un factor determinante en la dinámica del Cycar, así como el modificar el ángulo de lanzamiento o Rake y disminuir el Offset.

La modificación de estos parámetros se verá reflejada en otros aspectos de la dinámica del Cycar como; Disminuir la altura del vehículo, lo cual se traduce en bajar la componente en Z del Centro de Gravedad de éste, y aumentar el radio de giro. Este último aspecto, radio de giro, se puede reducir mediante la modificación de otros componentes que no alterarán las propiedades de la dirección.

## Capítulo 9

### Diseño del Tablero de Indicaciones

#### 9.1 Justificación

En todos los vehículos resulta necesaria la presencia de ciertos instrumentos o señales de control, al alcance de la vista, que permitan al conductor mantener la vigilancia de su funcionamiento con seguridad y cumpliendo con los reglamentos de tránsito vigentes. Aunque es variable el modo de operar y la cantidad de estos indicadores de un vehículo a otro en general pueden clasificarse en cuatro grupos:

Instrumentos para el control del funcionamiento del vehículo.

Instrumentos de indicación vial.

Señales de alarma.

Señales de alerta.

Para poder operar el CYCAR T1000 con seguridad es necesario contar con un tablero que pueda contener dichos instrumentos e indicaciones. Debido a que el Cycar se encuentra equipado con diversos sistemas que requieren supervisión y control, es necesario diseñar un tablero hecho a la medida, donde se puedan incorporar los controles y señales necesarias para que el conductor pueda vigilar el correcto funcionamiento del vehículo.

#### 9.2 Conceptualización

El proceso de conceptualización es un paso importante para poder llegar a un resultado que vaya de acuerdo al concepto del Cycar. En este proceso se define como debe ser, la forma que debe tener y las funciones que debe cumplir el tablero de indicaciones. Con el diseño de un tablero también se busca satisfacer ciertas necesidades que en su concepción original no fueron previstas, aspectos tan importantes como un indicador del nivel de carga de batería.

Para llevar a cabo este proceso se tomaron como referencia tableros ya existentes de vehículos similares. Vehículos que compartieran ciertas características semejantes, tales como: Motocicletas, vehículos eléctricos y bicicletas.

Después de un proceso de investigación se recabo una serie de características deseables para su integración en el tablero, características que deberían reflejar que se trata de un vehículo eléctrico, moderno y a la vez funcional. Por lo tanto era necesario un aspecto sencillo y prolijo que hiciera fácil su uso, sin dejar de ser atractivo a la vista.

## Diseño del Tablero de Indicaciones



Ilustración 9.1 Tableros de vehículos similares al Cycar.

En base a esto, el departamento encargado de la electrónica del vehículo, determino los componentes electrónicos que debería contener el tablero y que limitarían su forma. Incorporando un **BCD Binary-Coded Display**<sup>81</sup>, un **LCD Liquid Cristal Display**<sup>82</sup>, una perilla selectora de modos de manejo y un switch de encendido del sistema.



Ilustración 9.2 BCD de 14 segmentos y su representación en CAD

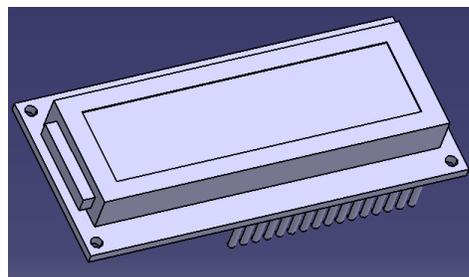


Ilustración 9.3 LCD y su representación en CAD

Digitalizando éstos y otros componentes necesarios para el tablero, y retomando la investigación hecha se hizo una propuesta inicial, la cual fue evolucionando hasta llegar a una propuesta final.

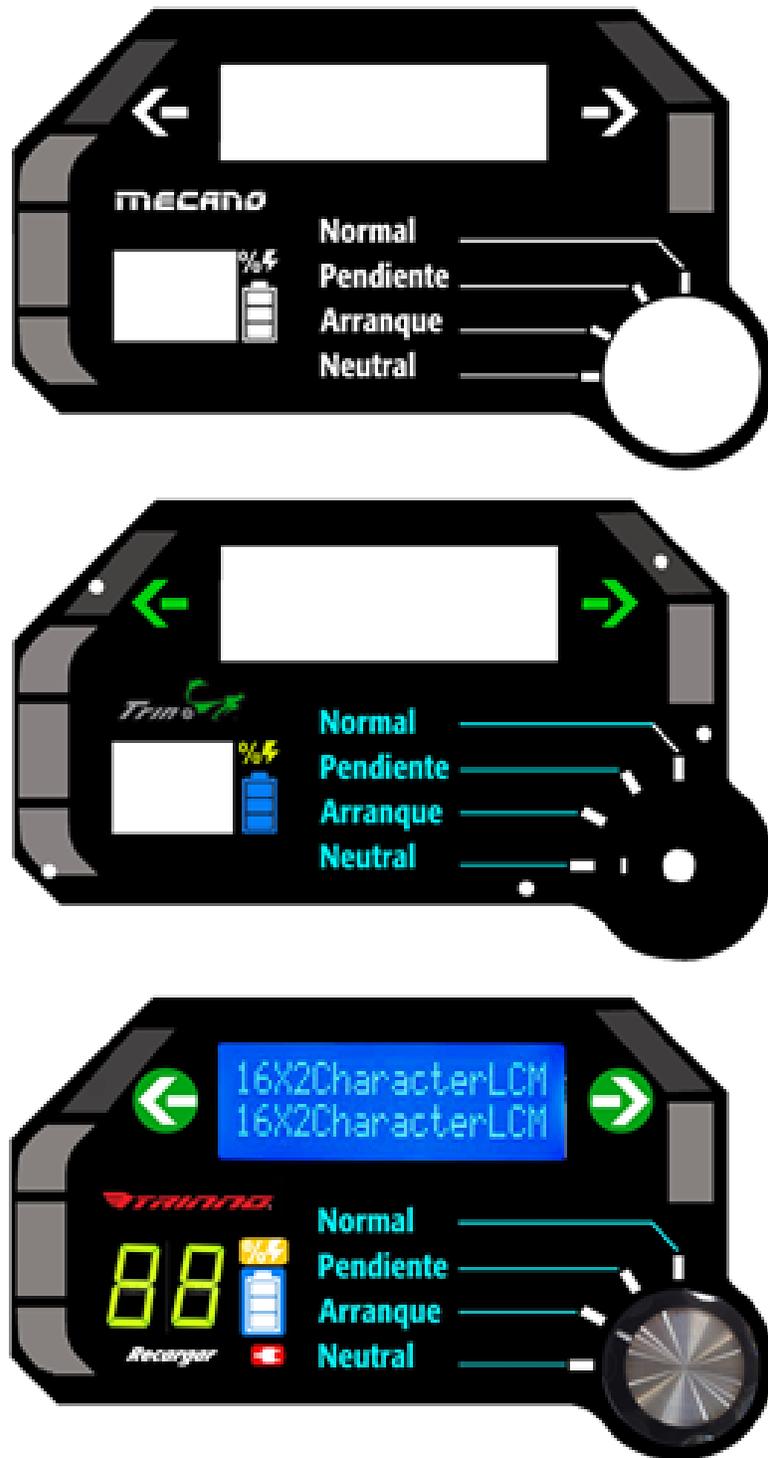


Ilustración 9.4: Evolución de propuesta de diseño de la carátula para el tablero.

### 9.3 Propuesta de Diseño

Teniendo definido el diseño de la carátula es necesario resolver como se fabricara, por lo menos a un nivel de prototipo, comenzando con la elección correcta de materiales. Como en todo con respecto a la ingeniería automotriz, uno de los principales factores de cualquier componente es el peso, en el caso del Cycar, el peso es crítico debido a que debe buscarse siempre una mejor autonomía, por lo tanto, los materiales del tablero deben de ser lo más ligero posible, sin salirse del presupuesto. Debido a estas consideraciones se optó por usar acrílico y fibra de vidrio, el acrílico conformará las placas rígidas que darán soporte al tablero y sus componentes, también es aprovechada la característica de transparencia que tiene este material para usarlo como mica protectora contra el agua y la abrasión a la que podrían estar expuestos los componentes.

Se determinó que eran necesarias 5 placas principales, para determinar su diseño y forma hay que considerar también el ensamble entre ellas y los componentes que albergaran.

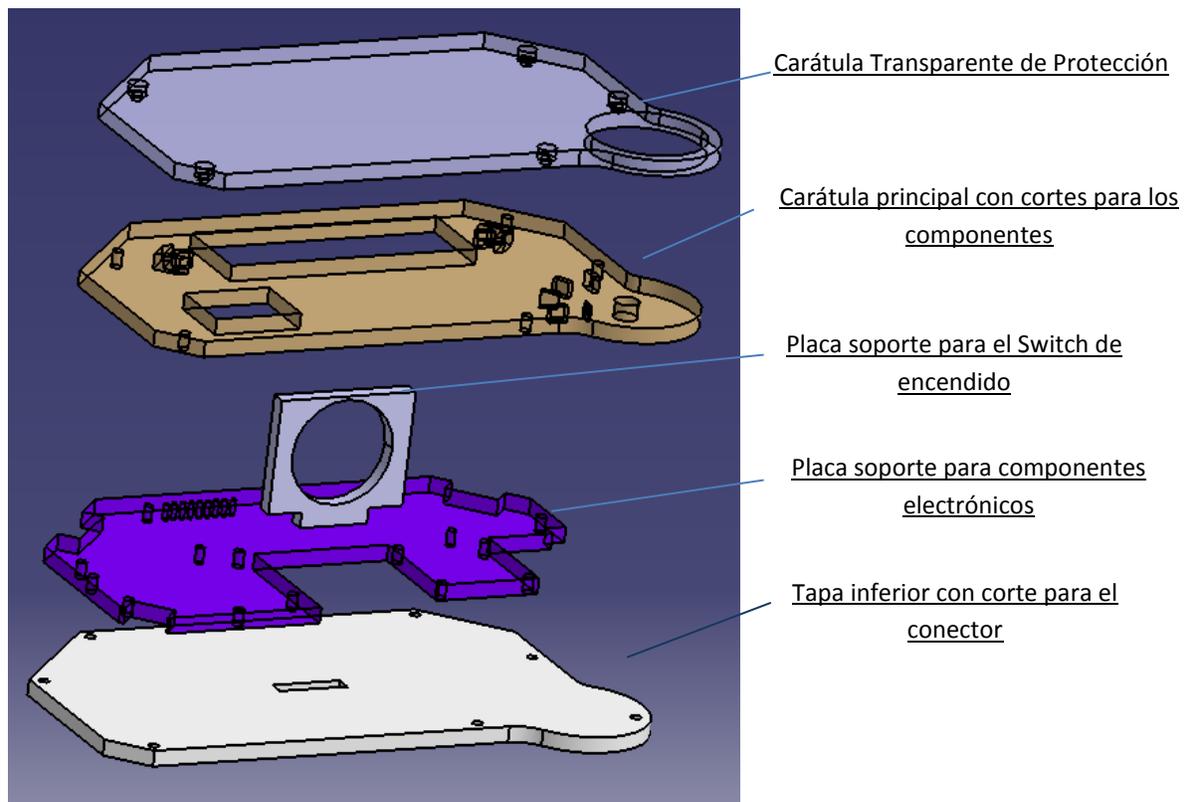


Ilustración 9.5 Diseño y corte de placas en acrílico del tablero del Cycar.



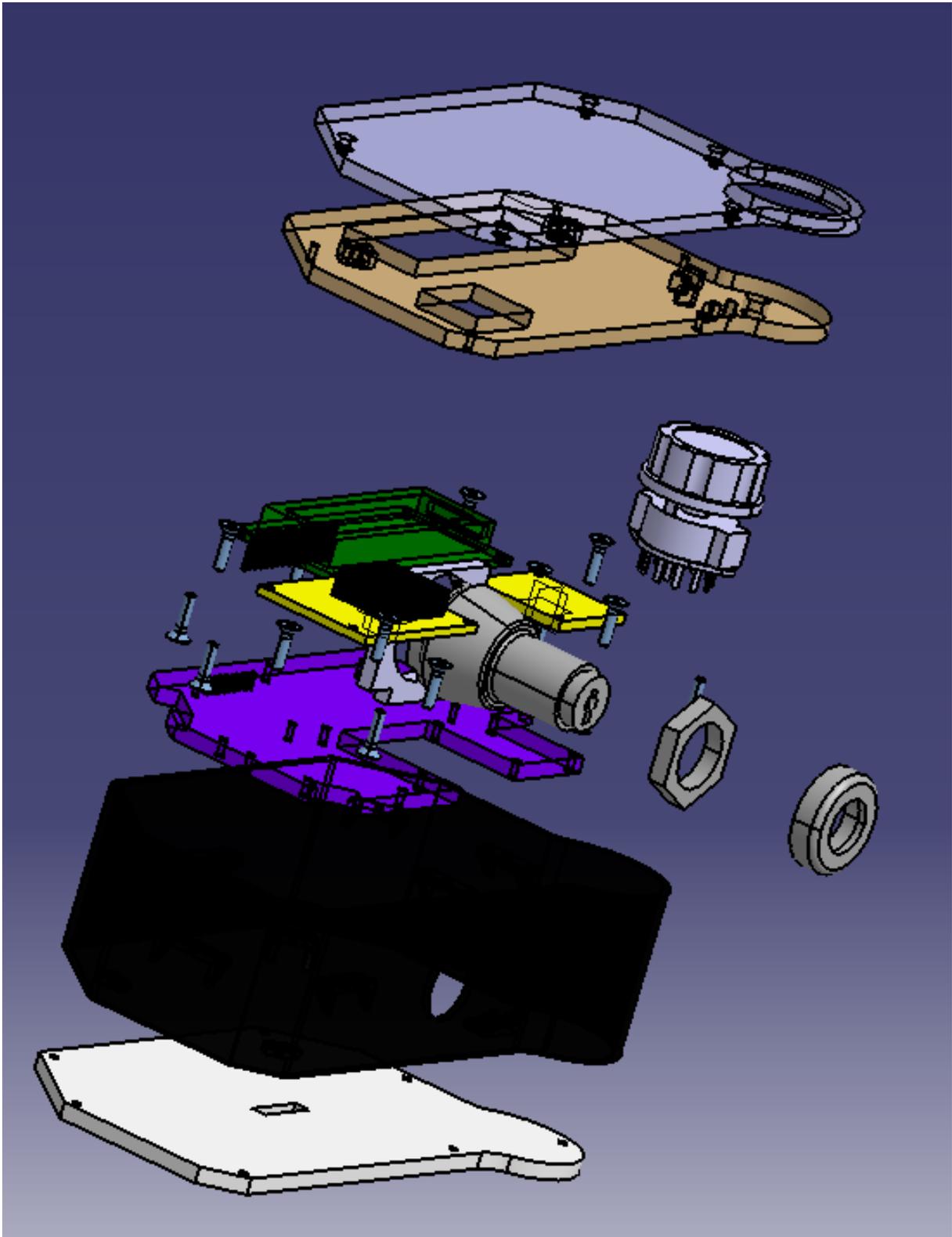


Ilustración 9.7 Vista de exploración del ensamble del tablero.

## 9.4 Interpretación de Resultados

A continuación se muestran fotos del tablero terminado, el cual, como nivel de prototipo, obtuvo resultados positivos y servirá para hacer ajustes que no habían sido considerados antes, como tolerancias y mejora de color.



Ilustración 9.8 Fotos del prototipo terminado.

## Presupuesto

Debido a que actualmente se cuenta con una flotilla de 6 Cycar, el siguiente presupuesto muestra el total por unidad, Cycar, y el total por la flotilla de 6 vehículos.

Presupuesto CYCAR T1000					
Concepto	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio por Unidad	Precio por Flotilla
<b>Transmisión</b>					
Sproket 172A16	Sprocket de 16 dientes pitch de 1/2" typo A con borde de 5/8	Pza	3	\$ 137.00	\$ 2,466.00
Plato de 42 dientes	Plato o sproket de 42 dientes, refacción común de bicicletas	Pza	1	\$ 20.00	\$ 120.00
Descarrilador trasero	Descarrilador para cambios trasero de Bicicleta	Pza	2	\$30	\$ 180.00
Masa trasera	Eje trasero de bicicleta con rodamientos	Pza	2	\$ 30.00	\$ 360.00
Solera de acero	solera de 1/8" X 1 1/2" 5.8 kilo	Tramo	1	\$ 72.21	\$ 72.21
Tubo de acero	Tubo negro Ced-40 X 3/4" 2.7mm de espesor	Tramo	1	\$ 127.65	\$ 127.65
Cadena de bicicleta	Cadena para 11 vel compatible con 1/2" X 5/64"	Pza	3	\$ 45.00	\$ 810.00
barra de aluminio	Bara de 1" aluminio 3 kilo	Kilos	3	\$ 120.00	\$ 120.00
Tornillería	Tornillería variada	Pza		\$ 200.00	\$ 1,200.00
Subtotal				\$ 781.86	\$ 5,455.86
<b>Tablero</b>					
Impresión 3D	Impresión de prototipado rapido 3D componente "Carcasa"	Pza	1	\$ 470.00	\$ 2,820.00
Acrílico	Tranparente y negro de 4 y 2 mm de espesor	Tramo	4	\$ 150.00	\$ 900.00
Corte Laser	Corte laser de piezas en acrilico	Servicio	1	\$ 300.00	\$ 1,800.00
Vinil Blanco	Corte en vinil blanco para terminación de piezas	Servicio	1	\$ 22.00	\$ 132.00
Impresión en Vinil Transparente	Impresión de caratula gráfica para el tablero	Servicio	1	\$22	\$ 132.00
Switch	Switch maestro con llave convencional	Pza	1	\$ 50.00	\$ 300.00
Display	7 seg BCD dip 2	Pza	1	\$ 18.00	\$ 108.00
LCD	Pantalla LCD dip 2 verde	Pza	1	\$ 108.00	\$ 648.00
Perilla	perilla universal de 3 posiciones	Pza	1	\$ 45.00	\$ 270.00
Leds	Diversos leds	Pza	10	\$ 30.00	\$ 180.00
Tornillería	Tornilleria diversa	Pza		\$ 200.00	\$ 1,200.00
Subtotal				\$ 1,415.00	\$ 8,490.00
<b>Frenos</b>					
Solera de acero	solera de 1/8" X 1 1/2" 5.8 kilo	Tramo	1	\$ 127.65	\$ 127.65
Bujes de acero	Bujes de 1/2" espesor de 1/8"	Pza	3	\$ 80.00	\$ 480.00
empuñadura	Empuñadura de plastico	Pza	1	\$ 10.00	\$ 60.00
Tornillería	Tornilleria diversa	Pza		\$ 200.00	\$ 200.00
Subtotal				\$ 417.65	\$ 867.65
Total				\$ 2,614.51	\$ 14,813.51

Tabla 10 Presupuesto

## Pruebas, Validación y Trabajo a Futuro

Hasta el momento ya se cuenta con dos sistemas en un nivel de pruebas, el sistema de transmisión y el tablero de indicaciones. Los cuales han sido probados y validados por el supervisor directo del proyecto en la empresa Mecano.

El primer sistema en ser probado, debido a su importancia y urgencia de mejora fue el sistema de transmisión para la impulsión con pedales. Como ya se mencionó en el capítulo correspondiente se buscó que el material empleado fuera mayormente con el que ya se contaba, el cual eran principalmente componentes de bicicletas.

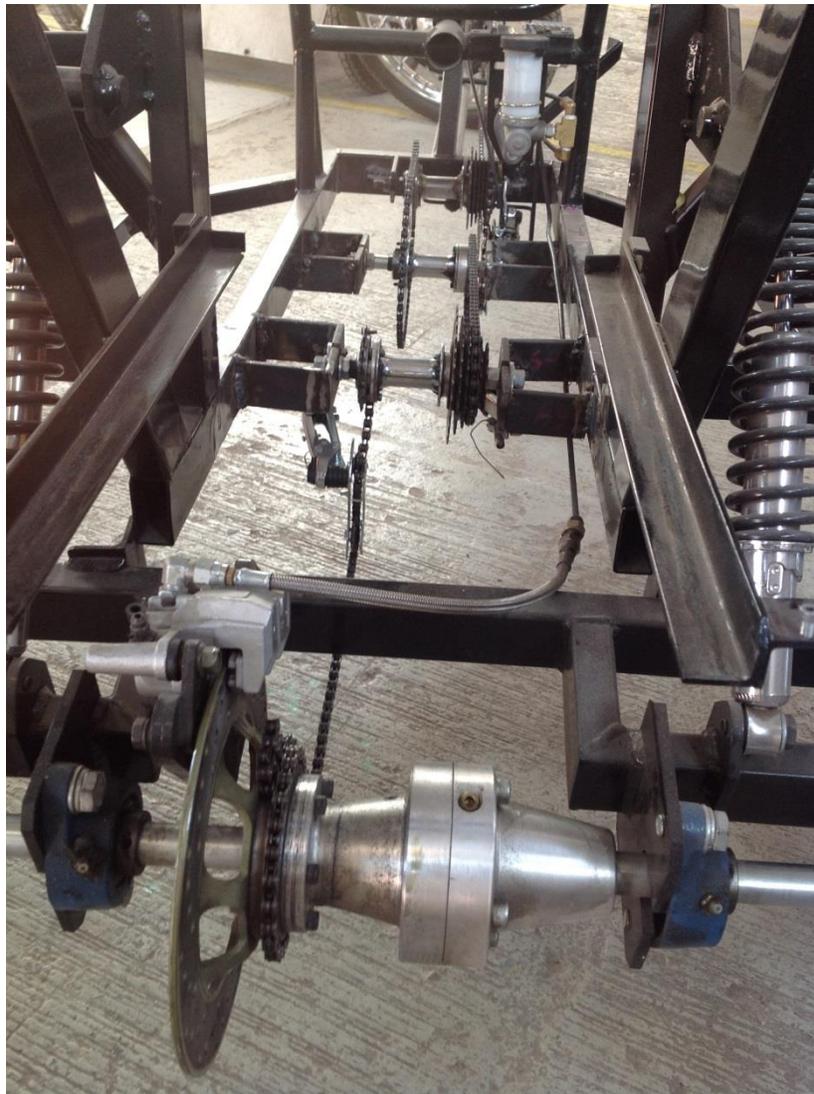


Ilustración 11 Fotografía del sistema de transmisión modificado.



Ilustración 11.1 Sistema de transmisión modificado.

El nuevo diseño fue instalado en una unidad de las 6 disponibles, con resultados positivos, logrando cumplir el objetivo de mejorar su ergonomía aumentando la relación de transmisión. Con la observación de que debido al torque producido en el sistema los materiales no son los más adecuados, se recomienda, como un paso a futuro del proyecto, cambiar los sprockets y cadenas de bicicleta por elementos similares pero con mejores propiedades, lo que haría más robusto al sistema.

El siguiente Elemento en ser llevado a nivel de prototipo y pruebas es el Tablero de instrumentos. Obteniendo un buen punto de partida para la futura producción de más tableros.



Ilustración 11.2 Prototipo del Tablero de Instrumentos.

Dejando como trabajo a futuro implementar el diseño propuesto del sistema de frenos, así como instalar Flop Stops en el sistema de dirección.

## Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió mejorar sistemas básicos del Cycar, sin embargo todavía quedan otros que requieren de una atención y análisis similar a la que se ha hecho. Sistemas como la suspensión trasera, y el mismo chasis son puntos clave que se deben mejorar para que el vehículo funcione de forma óptima.

El Vehículo CYCAR T1000 es un proyecto con mucho potencial, es un vehículo que capta fácilmente la atención de las personas, es ecológico y promueve el ejercicio y actividad física, representa el diseño e innovación nacional, y cuenta con el apoyo de diferentes programas y dependencias del gobierno. Sin embargo aún es necesario afinar detalles, tanto en su diseño como en su producción, para realmente poder competir en un mercado tan vanguardista y cambiante como el mercado automotriz actual, donde la tecnología e innovación en diseño evolucionan a un paso muy acelerado.

Con el desarrollo de este trabajo se logró acercar el Cycar a un nivel más competitivo, pero aún queda camino por recorrer el cual requiere dedicación y una importante inversión. Éste prototipo es un paso en el proceso, pero si se persiste con esta visión e inercia seguramente se lograra un vehículo que se encuentre a la altura para competir con los gigantes de la industria.

La empresa nacional Mecano Soluciones Tecnológicas con su programa Trino, además de buscar formar parte de un mercado tan competitivo, busca inspirar a más empresas nacionales a que inviertan en el diseño y desarrollo de productos propios, creyendo en el ingenio y trabajo de las nuevas generaciones de ingenieros y profesionistas, tratando de reducir el índice de fuga de talentos a otros países.

El talento mexicano ya ha logrado demostrar su competitividad en la producción de automóviles, ahora es el momento de empezar a demostrar con determinación nuestras competencias en el diseño e innovación tecnológica.

Formar parte de este proyecto me permitió aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera, brindándome también la oportunidad de aprender y acercarme más a una industria tan apasionante, inspirándome a fijar objetivos ambiciosos en mi carrera profesional.

## Ilustraciones

Ilustración 1.1	Twike Mobile.	3
Ilustración 1.2	Myers NMG.	4
Ilustración 1.3	SAM.	4
Ilustración 1. 4	Aptera.	5
Ilustración 1.5	Trixi.	5
Ilustración 1.6	VET (CDMIT).	6
Ilustración 2.1	CYCAR T1000 Diseño Propiedad de MECANO SOLTEC S.A. de C.V.	7
Ilustración 2.2	Render del CYCAR T1000.	7
Ilustración 4.1	Turibus Colonial en la ciudad de Aguascalientes.	12
Ilustración 4.2	Prototipo CYCAR T1000.	12
Ilustración 5.1	Distribución de peso y distancia entre ejes del CYCAR.	13
Ilustración 5. 2	Distancia entre vías, altura total, altura del pavimento al piso del vehículo, ancho total.	13
Ilustración 5.3	Variables implicadas en el cálculo del centro de gravedad.	14
Ilustración 5.4	Distribución y descomposición de fuerzas en una condición de pendiente teórica.	15
Ilustración 5.5	Coordenadas X y Z del CG, debido a que el vehículo es simétrico la componente en Y será igual a cero	16
Ilustración 5. 6	Componentes de la resistencia a la pendiente.	19
Ilustración 5. 7	Recorrido Total, del circuito para el CYCAR T1000 (8km).	19
Ilustración 5. 8	Diagrama del sistema de transmisión del CYCAR T1000.	20
Ilustración 6.1	Cranck Set de 3 platos y Free Wheel de 7 velocidades.	28
Ilustración 6.2	Configuración de mayor torque.	29
Ilustración 6.3	Configuración de mayor velocidad.	29
Ilustración 6.4	Diagrama representativo de la propuesta de diseño.	32
Ilustración 6.5	Diagrama en CAD de la propuesta de diseño	32
Ilustración 6.6	Maquinado de las masas de bicicleta para su adaptación en el rediseño de la transmisión	33
Ilustración 6.7	Principales ensamblajes agregados al diseño de la transmisión.	33
Ilustración 6.8	La distancia entre los ejes de dos engranes unidos por una cadena y sus diámetros determinará el largo de la cadena.	34

## Glosario

Ilustración 6.9	Diagrama gráfico del paso de una cadena.	35
Ilustración 6.10	Distancia de 200 mm entre los ejes de las dos masas de bicicleta en el ensamble CAD.	36
Ilustración 6.11	Montaje del segundo sub ensamble alineado al eje pivotante de la suspensión trasera.	37
Ilustración 6.12	Descarrilador empleado para mantener tensa la cadena que conecta al segundo sub ensamble del rediseño con el diferencial.	37
Ilustración 6.13	Diagrama representativo de las relaciones de transmisión existentes en el nuevo diseño.	38
Ilustración 7.1	Diseño original del mando de frenos.	41
Ilustración 7.2	Diseño Original con el disco de freno acoplado a la carcasa del diferencial.	42
Ilustración 7.3	Diseño del elemento de unión entre el disco de freno y la flecha.	42
Ilustración 7.4	Diseño de cuña para transferir la fuerza de frenado.	43
Ilustración 7.5	Propuesta de diseño con el disco desacoplado del Diferencial.	43
Ilustración 7.6	Distancia recorrida por el embolo en relación al ángulo de la palanca.	44
Ilustración 7.7	Diseño de los elementos físicos basado en el mecanismo de 4 barras.	44
Ilustración 7.8	Representación gráfica de la distancia recorrida por el embolo debido a la variación de ángulo del mecanismo propuesto.	45
Ilustración 8.1	Principales aspectos geométricos de una motocicleta.	46
Ilustración 8.2	Ilustración del parámetro Offset.	48
Ilustración 8.3	Ilustración gráfica de los efectos del Offset en el parámetro de Avance.	48
Ilustración 8.4	Parámetros Offset, Rake y Trail.	50
Ilustración 8.5	Diferencia de altura entre las ruedas traseras y delantera debido al diseño de suspensión.	52
Ilustración 8.6	Ángulo entre el chasis y el suelo generado por la suspensión trasera.	52
Ilustración 8.7	Ejemplos de Flop Stops.	54
Ilustración 8.8	Efectos perjudiciales debido a la ausencia de Flop Stops en la carrocería del Cycar.	54
Ilustración 8.9	Fotografía de los yugos de la dirección del Cycar.	54
Ilustración 8.10	Montaje de Flop Stops en una motocicleta a medida.	55
Ilustración 9.1	Tableros de vehículos similares al Cycar.	58
Ilustración 9.2	BCD de 14 segmentos y su representación en CAD.	58
Ilustración 9.3	LCD y su representación en CAD.	58
Ilustración 9.4	Evolución de propuesta de diseño de la carátula para el tablero.	59

## Glosario

Ilustración 9.5	Diseño y corte de placas en acrílico del tablero del Cycar.	60
Ilustración 9.6	Diseño de carcasa.	61
Ilustración 9.7	Vista de exploración del ensamble del tablero.	62
Ilustración 9.8	Fotos del prototipo terminado.	63
Ilustración 11	Fotografía del sistema de transmisión modificado.	65
Ilustración 11.1	Sistema de transmisión modificado.	66
Ilustración 11.2	Prototipo del Tablero de Instrumentos.	66

## Tablas

Tabla 2.1	Ficha Técnica CYCAR T1000.	8
Tabla 5. 1	Coeficientes de rodadura de neumáticos en diferentes superficies.	17
Tabla 5.3	Torque máximo de un ciclista no profesional a una potencia de pedaleo de 300W.	23
Tabla 5.2	FP= frecuencia de pedaleo o cadencia; Tmax; Tmin; IP; IN; EM; El rango indica los ángulos del tobillo derecho para cada variable.	22
Tabla 6.1	Numero de dientes de cada Sprocket del conjunto de velocidades del Cycar.	29
Tabla 8.1	Comparativa del parámetro de Rake entre motocicletas de distintos segmentos y el Cycar.	49
Tabla 8.2	Comparativa del parámetro de Avance entre motocicletas de distintos segmentos y el Cycar.	51
Tabla 8.3	Comparativa del valor de Trail real del Cycar.	53
Tabla 10	Presupuesto.	64

## Gráficas

Grafica 5.1	Variables cinéticas analizadas: Torque Máximo (Tmax), Torque Mínimo (Tmin), Impulso Positivo (IP), Impulso Negativo (IN), y Eficiencia Mecánica (EM).	21
Grafica 5.2	Potencia desarrollada por un ciclista no profesional.	23
Gráfica 5.3	El torque máximo desarrollado por los ciclistas se obtuvo siempre en un ángulo de la biela de 90° y una cadencia de 43 RPM's.	24
Gráfica 6.1	Velocidad máxima alcanzada en cada relación de transmisión.	30
Gráfica 6.2	Distancia Cubierta por cada vuelta completa de los pedales, en cada una de las 21 velocidades.	31
Gráfica 6.3	Velocidad máxima en cada una de las velocidades del nuevo diseño de transmisión.	39
Gráfica 6.4	Distancia recorrida por cada vuelta de los pedales en cada velocidad del nuevo diseño de transmisión.	40

## Referencias

### **CYCAR T1000.....III**

Vehículo turístico de tres ruedas.

### **Ergonomía.....V**

Interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, optimizando el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.

### **Switch de encendido.....V**

Mecanismo destinado a abrir o cerrar un circuito eléctrico.

### **Relación de transmisión.....V**

Relación entre las velocidades angulares de dos engranajes conectados entre sí.

### **Maniobrabilidad.....V**

Facilidad de un vehículo para ser dirigido.

### **Desgaste mecánico.....V**

Pérdida de masa de la superficie de un material sólido por la interacción mecánica con otro cuerpo en contacto.

### **Diferencial.....V**

Elemento mecánico que permite un velocidad de giro distinta entre la rueda derecha e de un vehículo.

### **TRINO.....1**

Programa de desarrollo de vehículos ecológicos impulsados por pedales.

### **Tricibici.....1**

Bicicleta de tres ruedas.

### **Brushless.....1**

Un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor.

### **Confort.....1**

Sensación de bienestar y comodidades.

### **Joystick.....3**

Dispositivo de control de dos o tres ejes empleado para dirigir un vehículo.

### **No More Gas.....4**

En ingles; no más gasolina.

### **Baterías de ion-litio.....5**

Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito una sal de litio.

### **Centro de gravedad.....13**

Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

### **Inercia.....13**

Propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimiento, mientras las fuerzas aplicadas sean igual a cero, o la resistencia que opone la materia a modificar su estado de reposo equipare o supere su magnitud.

### **L.....14**

Distancia entre ejes.

### **m.....15**

Literal de Masa.

### **W.....15**

Literal de Peso.

### **g.....15**

Constante de aceleración de la gravedad terrestre.

### **N.....15**

Símbolo de unidad de fuerza Newton.

### **Coordenada X.....15**

Componente en el eje X del centro de gravedad con respecto al eje delantero.

### **W<sub>f</sub>.....15**

Porcentaje del peso vehicular distribuido en el eje delantero.

### **W<sub>s</sub>.....15**

Porcentaje del peso vehicular distribuido en el eje trasero.

### **b.....15**

Cota horizontal entre el centro de gravedad y el eje frontal del vehículo.

## Glosario

<b>C</b> .....15 Cota horizontal entre el centro de gravedad y el eje trasero del vehículo.	<b><math>W_e</math></b> .....17 Peso total vehicular.
<b>CG</b> .....15 Centro de Gravedad.	<b><math>\mu_r</math></b> .....17 Literal del coeficiente de rodadura.
<b>alt</b> .....16 Altura máxima de la rampa teórica empleada para la determinación del centro de gravedad.	<b>Percentil</b> .....18 Dato antropométrico que expresa el porcentaje de individuos de una población dada, con una dimensión corporal igual o menor a un determinado valor.
<b><math>\beta</math></b> .....16 Valor del ángulo opuesto del triángulo formado por la rampa teórica.	<b>Drag</b> .....18 En ingles arrastre.
<b><math>\theta</math></b> .....16 Valor del ángulo adyacente del triángulo formado por la rampa teórica.	<b>D</b> .....18 Literal para el valor de drag.
<b>Wfx</b> .....16 Componente del porcentaje de peso vehicular distribuido en el eje delantero, paralela a la superficie, debido a una condición de pendiente de 66.43°.	<b>Ri</b> .....18 Literal para resistencia de inercia.
<b>Wf</b> .....16 Componente normal del porcentaje de peso vehicular distribuido en el eje delantero debido a una condición de pendiente.	<b>Rp</b> .....19 Literal para resistencia a la pendiente.
<b>Wrx</b> .....16 Componente del porcentaje de peso vehicular distribuido en el eje trasero, paralela a la superficie, debido a una condición de pendiente de 66.43°.	<b>Sprockets</b> .....20 Rueda dentada que engrana con una cadena, pista u otro material perforado. Se distinguen de los engranajes debido a que nunca están engranados directamente, y difieren de las poleas, las cuales son lisas.
<b>Wr</b> .....16 Componente normal del porcentaje de peso vehicular distribuido en el eje delantero debido a una condición de pendiente.	<b>Piñón</b> .....20 Rueda más pequeña de un par de ruedas dentadas, ya sea en una transmisión por engranaje, una cadena de transmisión o correa de transmisión.
<b>h</b> .....16 Cota vertical entre el centro de gravedad y el pavimento.	<b>PP</b> .....21 Potencia de Pedaleo.
<b>Rw</b> .....16 Radio de la rueda.	<b>Tmax</b> .....21 Torque máximo producido por un ciclista.
<b>Rr</b> .....17 La resistencia a la rodadura se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos.	<b>Tmin</b> .....21 Torque mínimo producido por un ciclista.
<b>Coefficiente de fricción</b> .....17 Valor adimensional que expresa la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto.	<b>IP</b> .....21 Impulso positivo en el pedaleo.
	<b>IN</b> .....21 Impulso negativo en el pedaleo.
	<b>EM</b> .....21 Eficiencia mecánica del pedaleo.

## Glosario

### **Cadencia.....23**

Cadencia de pedaleo, numero de pedaleo realizados por un ciclista en el lapso de un minuto.

### **FP.....23**

Frecuencia de pedaleo.

### **Fe.....23**

Potencia en Watts equivalente en cada una de las escalas de RPM's en la gráfica 5.2 Potencia desarrollada por un ciclista no profesional.

### **T $\omega$ .....24**

Torque en las ruedas traseras.

### **Tc.....24**

Torque que imprime el conductor.

### **$\eta_T$ .....24**

Relación de Transmisión

### **Fuerza de frenado.....25**

Fuerza capaz de imprimir un sistema de frenos en un vehículo en movimiento.

### **Ff.....25**

Fuerza de frenado.

### **Tf.....25**

Tiempo de frenado.

### **$\eta_f$ .....25**

Eficiencia de frenado.

### **Deceleración.....26**

Reducción de la velocidad o aceleración negativa de un objeto que se mueve.

### **ABS.....27**

En ingles, acrónimo de "Antilock Brake System" Sistema antibloqueo de ruedas. Dispositivo diseñado para dar adherencia a los neumáticos durante el proceso de frenado.

### **Vx.....30**

Velocidad máxima alcanzada en cada relación de transmisión.

### **$\eta_D$ .....30**

Relación de diferencial. Relación de desmultiplicación entre el último engrane de la transmisión y la corona principal de diferencial.

### **Dx.....31**

Distancia cubierta por la reuda delantera, por cada vuelta completa de los pedales.

### **Ne.....34**

Numero de eslabones de una cadena de transmisión.

### **C.....34**

Distancia entre centros de los ejes propuesta expresada en pasos.

### **Z<sub>2</sub>.....34**

Numero de dientes del sprocket de mayor diámetro en una relación de transmisión.

### **Z<sub>1</sub>.....34**

Numero de dientes del sprocket de menor diámetro en una relación de transmisión.

### **Flechas.....41**

Elemento mecánico rígido que une y transmite el movimiento rotativo de un transmisión a las ruedas tractoras.

### **Engranajes planetarios.....41**

Un engranaje planetario o engranaje epicicloidial es un sistema de engranajes consistente en uno o más engranajes externos o planetas que rotan sobre un engranaje central o sol.

### **Engrane cónico.....41**

Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto, estos engranes tienen forma de tronco de cono.

### **Mecanismo de 4 barras.....43**

O cuadrilátero articulado es un mecanismo formado por tres barras móviles y una cuarta barra fija (por ejemplo, el suelo), unidas mediante nudos articulados.

### **Relación de aspecto del neumático.....47**

Traducción literal de la expresión en inglés "Aspect ratio" Es la proporción entre el ancho y la altura del neumático.

## Glosario

### **Lanzamiento.....47**

Es el ángulo existente entre la pipa de dirección, de una motocicleta o bicicleta, con la normal de la rueda delantera.

### **Rake.....47**

En ingles; Lanzamiento <sup>74</sup>.

### **Avance.....47**

En motocicletas y bicicletas, distancia horizontal entre el punto de contacto del neumático delantero con el suelo y la extensión de la línea dibujada por la pipa de dirección hasta el suelo. Medida en dirección perpendicular al eje.

### **Trail.....47**

En ingles; Avance <sup>76</sup>.

### **Momento autoalineante.....47**

Momento generado en los neumáticos de dirección de vehículos terrestres, presente en situaciones de curva, originando una resistencia al giro del volante que trata de enderezar las ruedas.

### **Offset.....48**

Distancia medida de forma perpendicular entre el eje de la pipa de dirección y al centro de la rueda frontal en motocicletas o bicicletas.

### **Flop Point.....54**

Ángulo crítico de la rueda de dirección, 90° con respecto al marco, debido a la tendencia de alcanzar un punto de equilibrio en situaciones de curvas.

### **Flop stops.....54**

Toques de giro colocados en el yugo de la dirección que evitan alcanzar el Flop Point <sup>79</sup>.

### **BCD Binary-Coded Display.....58**

En ingles, visualizador de código binario.

### **LCD Liquid Cristal Display.....58**

En ingles, pantalla de cristal líquido.

## Glosario

### Bibliografía

- Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo

Autores:

J. GARCÍA-LÓPEZ<sup>1</sup>, S. DÍEZ-LEAL<sup>1</sup>, J.A. RODRÍGUEZ-MARROYO<sup>1</sup>,  
J. LARRAZABAL<sup>2</sup>, I.G. DE GALCEANO<sup>2</sup>, J.G. VILLA<sup>1</sup>.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física. Instituto de Biomedicina.  
Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de León.  
Fundación Ciclista de Euskadi.

Universidad de León Campus de Vegazana sn. C.P. 24071. León. España.  
17/02/2009

- Manual de Automóviles.

55ª edición Febrero 2004.

Autor:

M. Arias Paz

Editorial: Cie. Inversiones Editoriales Dossat 2000 S.L.

- Motores Endotérmicos.

3ª edición.

Autor: Dante Giacosa

Editorial: DOSSAT. S.A.