

15



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**
FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN BICITAXI
PARA ZONAS CONURBADAS**

202534

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO

PRESENTA

RAFAEL ROMAY REYGADAS

DIRECTOR DE TESIS
ING JESUS ROVIROZA



MEXICO, D.F.

MAYO DE 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis hermanos

Ramon, María de las Mercedes, Luis Guillermo y Carlos

Cada uno me he enseñado algo y me ha apoyado en este logro que comparto con ellos, conviviendo conmigo y aguantando esa forma que tal vez no ha sido la mejor. Aprovecho la ocasión para darles las gracias de todo corazón y reafirmarles que estoy aquí para cualquier cosa.

A mis hermanos de vida

**Hector, Alex, Marco, Andrés, Sandra, Axel, Joaquín, Daniela, Javier, Claudia,
Fernando...**

**Porque cada uno de ustedes me ha apoyado y ha estado conmigo en los
momentos más difíciles y más aun han compartido esos sueños que hemos
hecho realidad, sin siquiera dudar al comenzar el viaje.**

**Quiero que sepan que este logro es producto de todos y que esta a su
disposición.**

A cada uno de mis profesores

Por ese apoyo, paciencia y cariño con el que me mostraron y enseñaron a aprender, dejando en mi un legado para toda la vida.

En especial a

Ing. Jesús Roviroza López
Ing. Magdalena Trujillo Barragán
M. I. Leopoldo González González
Ing. Ubaldo Marquez Amador
M. I. Antonio Zepeda Sánchez
M. I. Armando Ortiz Prado
Ing. Sara Cerrud Sánchez

Por apoyarme en la realización de este trabajo y ser unas personas integras.

Indice

Título	9
Introducción	9
Planteamiento del problema	11
Objetivos	12
Hipótesis de trabajo	12
Metodología	11
Capítulos	
I.- Primer acercamiento	13
• Breve historia	14
• Mercado	15
• Reglamentación y normatividad	15
• Diagrama de caja negra	16
• Conclusiones del primer capítulo.	18
II.- Alternativas para el diseño del bicitaxi	19
• Características del prototipo	20
• Análisis de los sistemas y su importancia	21
• Tablas de ponderación.	22
• Matriz morfológica	29
• Plano explosivo	30
• Conclusiones del segundo capítulo	32
III.- Suspensión y Estructura	33
• Suspensión trasera	34
• Estructura	45
• Conclusiones del tercer capítulo	51
IV.- Transmisión y Frenos	52
• Transmisión	53
• Frenos	58
• Conclusiones del cuarto capítulo	60
V.- Dirección, Asiento conductor y Llantas	61
• Dirección	62
• Asiento conductor	65
• Llantas	70
• Conclusiones del quinto capítulo	71
VI.- Carrocería, Tarima y Capota	72
• Carrocería	73
• Tarima	75
• Capota	75
• Conclusiones del sexto capítulo	79

Título

"Diseño de un bicitaxi para zonas conurbadas"

Introducción

La historia del hombre se ha escrito sobre una serie de acontecimientos que han ido estructurando a la sociedad y a todas las alternativas que han hecho más cómoda su sobrevivencia, uno de los factores que más ha impactado es el movimiento, dándole al ser humano cierta libertad de cubrir espacios que en un principio nunca imaginó.

Es en esta forma que la tecnología y el desarrollo se han enfocado en el campo del movimiento, como en el sector automotriz, generando opciones para la humanidad, las cuales representan un costo tanto social como ambiental. En este avance aparece el fenómeno "Bicitaxi", el cual es una evolución del "rickshaw", una carretilla jalada por una persona que se utiliza en países asiáticos para transportar personas. Esta evolución nos lleva a cambios y optimizaciones de los vehículos que componen esta categoría.

La evolución y desarrollo de los bicitaxis ha llegado tan lejos, que se aplican tecnologías similares a las de la industria aeroespacial, con materiales ultraligeros y ultraresistentes, lo que representa costos muy elevados. Por lo anterior es necesario adaptar un diseño a las posibilidades y características de la sociedad mexicana, haciendo de este una opción viable, tanto en costo como en el cumplimiento de las especificaciones marcadas por ley.

En la Cd. de México, los bicitaxis fueron una propuesta a principios de los 90's para satisfacer una necesidad y cubrir un requisito básico en su ramo, sin embargo el vehículo actual no cuenta con las especificaciones necesarias de un bicitaxi ya que son vehículos inestables, ocupan mucho espacio y sobre todo no tienen una base del todo ingenieril. Es por eso que en el presente trabajo se desarrolla una propuesta que cumpla con las características necesarias para esta labor, así como la adaptación de este al mercado nacional.

El trabajo es extenso, ya que en primera instancia se hizo un estudio sobre el funcionamiento del vehículo actual, el cual cubre el mercado en la Cd. de México. Con este estudio de mercado y el análisis de las características de dicho vehículo, se encontraron las especificaciones que debe de cumplir la propuesta, convirtiéndose en un nuevo diseño de este tipo de vehículo, que al mismo tiempo compite con el modelo actual. Con el objetivo bien claro se desarrolló una investigación haciendo uso de la información que se encuentra en la red de computo, donde se analizaron diferentes propuestas y diseños que existen en el mercado internacional. La investigación arrojó resultados insospechables, ya que marco las pautas generales de este tipo de vehículos, inclusive algunas características que son indispensables. Lo anterior se complementó con una serie de encuestas que se realizaron en el mercado nacional, dándonos las especificaciones del vehículo a diseñar.

A lo largo de este trabajo se aplicaron algunos conceptos básicos de ingeniería, los cuales sustentaron las decisiones que se tomaron para el diseño de los diferentes sistemas, dándole a la propuesta final validez y confiabilidad.

Este trabajo se divide en cinco partes principales, en las cuales se comienza planteando un panorama general del problema a resolver, acotando el problema y adaptándolo a la situación específica del país. Posteriormente se habla de un primer acercamiento a este tema dando las pautas y antecedentes de este, de modo que el lector se empape de la información necesaria para entender la propuesta, continuando con las especificaciones del vehículo que se marcaron por medio de los lineamientos existentes y algunos otros fundamentos ingenieriles, que permitieron la toma de decisiones. Pasando a definir y desarrollar cada uno de los sistemas que componen la propuesta, así como mostrando unos planos de conjunto de cada sistema finalmente se incluye un análisis de costos y las conclusiones, donde se discuten las ventajas y los pormenores que tiene el diseño del nuevo prototipo.

No queda mas que invitar al lector a que recorra las páginas siguientes y en caso de cualquier aclaración o duda puede contar con un servidor.

Planteamiento del problema

Dentro de algunas ciudades del mundo, como la Cd. de México, existe la necesidad de transportación en sitios no muy extensos como en parques, centros históricos o recorridos turísticos. La tecnología y los nuevos modelos de transportación presentan prototipos que se adaptan perfectamente a estas situaciones, las cuales le dan al pasajero la capacidad de observar todo lo que tiene alrededor así como seguridad y confort a un precio razonable. Bajo estas condiciones los bicitaxis que se adaptaron en la ciudad de México, cuentan con una bicicleta de montaña y un remolque relativamente fijo, los cuales tienen demasiadas deficiencias.

Los modelos que se introdujeron a México se puede decir que son remolques o "calandrias", como ellos los llaman, que se unen a una bicicleta de montaña con un cople que no resulta del todo eficiente. Estos remolques están fabricados en acero tubular de diferentes cédulas y con estructuras muy variadas, desde fibra de vidrio hasta lámina o madera. Esto hace que las calandrias tengan un peso entre 75 y 90 kg, los cuales se suman a la carga que genera el pasaje, así como el propio peso del conductor, llegando a ser una carga de aproximadamente 300 kg.

Estos modelos tienen deficiencias en la estabilidad ya que el cople solo esta conectado a un punto de la bicicleta. En cuanto al sistema de frenado no cumple su papel del todo, ya que la calandria no cuenta con frenos, lo que empuja a la bicicleta al frenar debido a la inercia que tiene esta. La transmisión de la bicicleta no es la mas adecuada ya que esta calculada para impulsar a una sola persona, haciendo que los conductores jueguen con ellas y pierdan energía de esta forma. Es importante resaltar que la posición del conductor tampoco esta diseñada para jalar una carga tan grande, por lo que el conductor se forza al hacer que toda esta carga alcance la velocidad promedio que es de 12km/h.

Para dar fundamento los cambios en el diseño de estos vehículos realice una serie de encuestas en el centro de la Ciudad de México y en el zócalo de Xochimilco, donde estos vehículos cumplen un papel importante en la transportación de la gente dentro de los alrededores. Para esto fue necesario determinar las preguntas pertinentes que sacarán a flote las características y deficiencias que tienen estos. El acercamiento con los conductores de estos no fue fácil y algunos se negaron a contestarme la encuesta, por miedo a que fuera a atentarse contra su fuente de trabajo.

Las encuestas que realice fueron de dos tipos, donde por opción múltiple obtenía las características principales de estos transportes, así como el mantenimiento y seguridad que se les practica. De estas se derivaron cuestiones que apoyan la necesidad de hacer un cambio en el diseño de estos, al mismo tiempo se explicó porque estos vehículos entraron al mercado tan rápidamente, con todo y sus deficiencias.

Tanto los propietarios como los conductores de estos vehículos mostraron la inquietud de hacerles algunos cambios a sus vehículos, ya que las deficiencias las tienen muy presentes, a las cuales se han adaptado debido a que no cuentan con los conocimientos necesarios para hacer dichas modificaciones. Más aún, no conocen la tecnología que se puede aplicar en estos, o la ergonomía que puede aumentar su desempeño hasta un 25%, como lo han logrado los nuevos diseños países desarrollados.

Por lo que un nuevo diseño, con mayor eficiencia y más seguridad, es una nueva opción para cubrir una necesidad latente.

Objetivo

Diseñar un vehículo, bicitaxi, que facilite el transporte en sitios reducidos y de alta concentración vehicular, que presente confort, seguridad y que supere las características de los ya existentes haciendo uso de la tecnología actual.

Hipótesis de trabajo

"Con la tecnología existente en nuestro país, las herramientas y conocimientos de la ingeniería, es posible llevar a cabo un nuevo diseño de bicitaxi que permita hacerlo confortable, seguro y eficiente, a un costo competente en el mercado actual."

Metodología

- Realizar un estudio de mercado, con los bicitaxistas del centro de la ciudad de México. Para conocer sus deficiencias y comentarios generales. Así como con los usuarios del servicio para tener una visión completa.
- Revisar la reglamentación actual para conocer las características que debe cumplir.
- Estudiar el diseño actual, así como los materiales que lo componen.
- Búsqueda de información y referencias sobre este tipo de vehículos así como su desarrollo en otros países.
- Desarrollo de las características de un nuevo prototipo.

Capítulo I Primer acercamiento

En este capítulo se describe una breve historia, la cual pretende ubicar al lector en un espacio temporal y en un proceso que esta avanzando, desarrollando este tipo de vehículos y tomando una importancia en el mercado. Esta breve historia nos permite entender la necesidad de generar un cambio y más aun propuestas mas eficientes del vehículo.

Por otra parte nos habla de la reglamentación y normatividad que existe en el país, la cual se debe de aplicar a los diseños y vehículos que circulan, pero desgraciadamente no hay un control estricto en esta materia.

Por ultimo se muestra un diagrama que describe los flujos de entradas y salida y que marca las interrelaciones de los sistemas que conforman el diseño de un vehículo tipo bicitaxi.

1.1 Breve historia

Los antecedentes de este vehículo nos remontan al año de 1930, donde aparece el primer trishaw, triciclo con cabina trasera para transportar pasaje impulsado por un sistema similar al de las bicicletas convencionales, el cual es una evolución de los rickshaws, que ya existían en la India. Esta aparición continuó distribuyéndose en el continente Asiático hasta 1970 y en la feria internacional Expo`74, en Spokane, Estados Unidos toma la idea de introducir este vehículo a su país y es hasta 1990 donde se comienzan a hacer experimentos para regularizar este tipo de transporte.

Su evolución en México nos remonta a agosto de 1990 cuando se realiza una prueba del prototipo que circula actualmente en la Cd. de México, el cual fue diseñado en la ESIME (Escuela Superior de Ingenieros Mecánicos Electricistas), colegio dependiente del IPN (Instituto Politécnico Nacional). A partir de esto el 11 de enero de 1991 inicia el programa bicitaxi "Centro histórico", en la Cd. de México, comenzando con 30 unidades, que por disposiciones gubernamentales cumplía con uno de los objetivos de la propuesta del cierre del Centro Histórico, aunque la aceptación social delimitando un área y comenzando con 30 unidades. Esto cumplía con uno de los objetivos de la propuesta del cierre del Centro Histórico. Después de varios problemas el vehículo se fue modificando y distribuyendo en la ciudad de México, así como en diferentes zonas conurbadas.

El desarrollo de los grupos sociales y la relación con el gobierno, muestran la iniciativa de regular el transporte, donde hasta mayo de 1996 se publica en la gaceta oficial del Distrito Federal: "El manual de lineamientos básicos de comodidad y seguridad, que deben cumplir los vehículos tipo bicitaxi para el servicio público de transporte de pasajeros en el Distrito Federal."

Posteriormente, la SETRAVI (Secretaria de Transporte y Vialidad) expide un documento con el título "Aspectos normativos para la operación de bicitaxis", en el cual se incluyen todas las bases de estos vehículos, desde la administración, hasta las consideraciones geométricas y de diseño que deben de cumplir.

Actualmente, estos vehículos forman parte del panorama nacional, como caso particular podemos decir que estos vehículos se pueden ver en diferentes zonas del D.F. y estos van en crecimiento pues un censo de 1999, que realizó la STRAVI, indicó que el número de estos transportes ascendía a 4307, en las delegaciones políticas, sin tomar en cuenta los vehículos que circulan en zonas como: Ayotla, Chalco, Amecameca, por citar algunas.

1.2 Mercado

Como en E. U. Y Europa los bicitaxis se han adaptado y evolucionado a lo largo de muchos años, la tecnología e importancia que se les ha dado hacen de estos vehículos una verdadera obra de arte, a los cuales se les denomina HPV's (Human Powered Vehicles), teniendo diferentes categorías en cuanto al medio en que se desplazan: agua, aire y tierra. La tecnología y los avances primordialmente se deben a competencias periódicas que realizan diferentes organizaciones que se encargan de estudiar y calificar dichas actividades. Con lo cual se plantean requerimientos básicos para poder participar, haciendo énfasis en que el vehículo debe estar impulsado por la fuerza humana, la cual se utiliza de manera eficiente. Dentro de la categoría de nuestro interés estos vehículos satisfacen dos necesidades, las cuales corresponden al transporte de pasajeros y al de transporte de carga.

Del análisis de mercado de estos vehículos, en especial los que se refieren a la transportación de pasajeros o carga en pequeñas distancias, podemos decir que los modelos utilizados en países como México tienen muchas deficiencias ya que no se les ha aplicado un estudio y mucho menos la tecnología de los países desarrollados. Por ejemplo, la energía suministrada a los primeros vehículos se desperdicia en el peso y en las deficiencias de la transmisión, a lo que se le añade la poca estabilidad de los vehículos así como su gran tamaño. Los nuevos modelos utilizan materiales aeroespaciales, así como diseños ingenieriles que optimizan el desempeño del conductor, la estabilidad del vehículo y la capacidad de carga.

1.3 Reglamentación y normatividad

En la Ciudad de México los bicitaxis están agrupados en organizaciones civiles, las cuales cuentan con un representante, el que se encarga de todos los tramites y representaciones ante la delegación correspondiente. También se encarga de mantener a estos dentro de las bases preestablecidas. Todos los bicitaxis cuentan con un registro y un tarjetón que los acredita como miembros de alguna asociación, en cada uno de los lugares donde investigué existen 5 o 6 asociaciones.

En cuanto a la normatividad estos vehículos solo deben de manejarse según el reglamento de tránsito, dentro del cual no hay ningún artículo que se refiera a estos vehículos específicamente, por lo que solo deben mantenerse en su extrema derecha y cumplir con todos los señalamientos y prohibiciones que existen.

Lo anterior es motivo para establecer ciertos puntos básicos, debido a que su crecimiento y la capacidad de distribuirse esta creciendo cada día, y según el análisis que realicé, éstos vehículos no cuentan con las especificaciones necesarias para transportar personas con las características que debe cumplir un vehículo que preste este servicio.

Por la parte del diseño del vehículo, se tomaron en cuenta las características que se incluyen en el "Manual de lineamientos básicos de comodidad y seguridad que deben cumplir los vehículos tipo bicitaxi para el servicio público de pasajeros en el distrito federal". Del cual se desprenden las siguientes especificaciones de diseño:

- Ancho máximo permitido de 1.2 m
- Tener un factor de seguridad de 1.5, en cuanto a la resistencia de la estructura.
- Tener los sistemas mecánicos cubiertos, para que no tengan contacto con los pasajeros.
- Tener salpicaderas.
- El piso debe de contar con una superficie antiderrapante y una altura máxima de 0.35 m
- El conductor debe localizarse al frente de la unidad.
- Contar con un sistema que evite vibraciones excesivas.
- El vehículo debe carecer de aristas, filos y protuberancias.

Lo anterior fue determinante para el diseño del nuevo prototipo, así como algunas otras especificaciones que son obvias pero se incluyen en el manual que se menciona anteriormente

1.4 Diagrama de caja negra

Después del análisis de mercado y de las especificaciones que debe de cumplir un bicitaxi fue posible realizar el diagrama 1.1, que se incluye en la siguiente página.

El diagrama pretende dar un esquema general en cuanto a las entradas y salidas del sistema, mientras que determina las dependencias que existen entre los diferentes componentes del vehículo. Podemos observar que las entradas del sistema corresponden al pasaje o carga que se va a transportar, el movimiento de las piernas que se encarga de darle energía al vehículo para generar el movimiento y el movimiento de las manos se encarga de controlar la dirección del vehículo, así como de los cambios de velocidades y frenos.

Por otra parte podemos ver el orden de importancia y las dependencias de los diferentes sistemas, lo cual se relaciona estrechamente con el orden de diseño de los diferentes sistemas.

Diagrama de Caja Negra

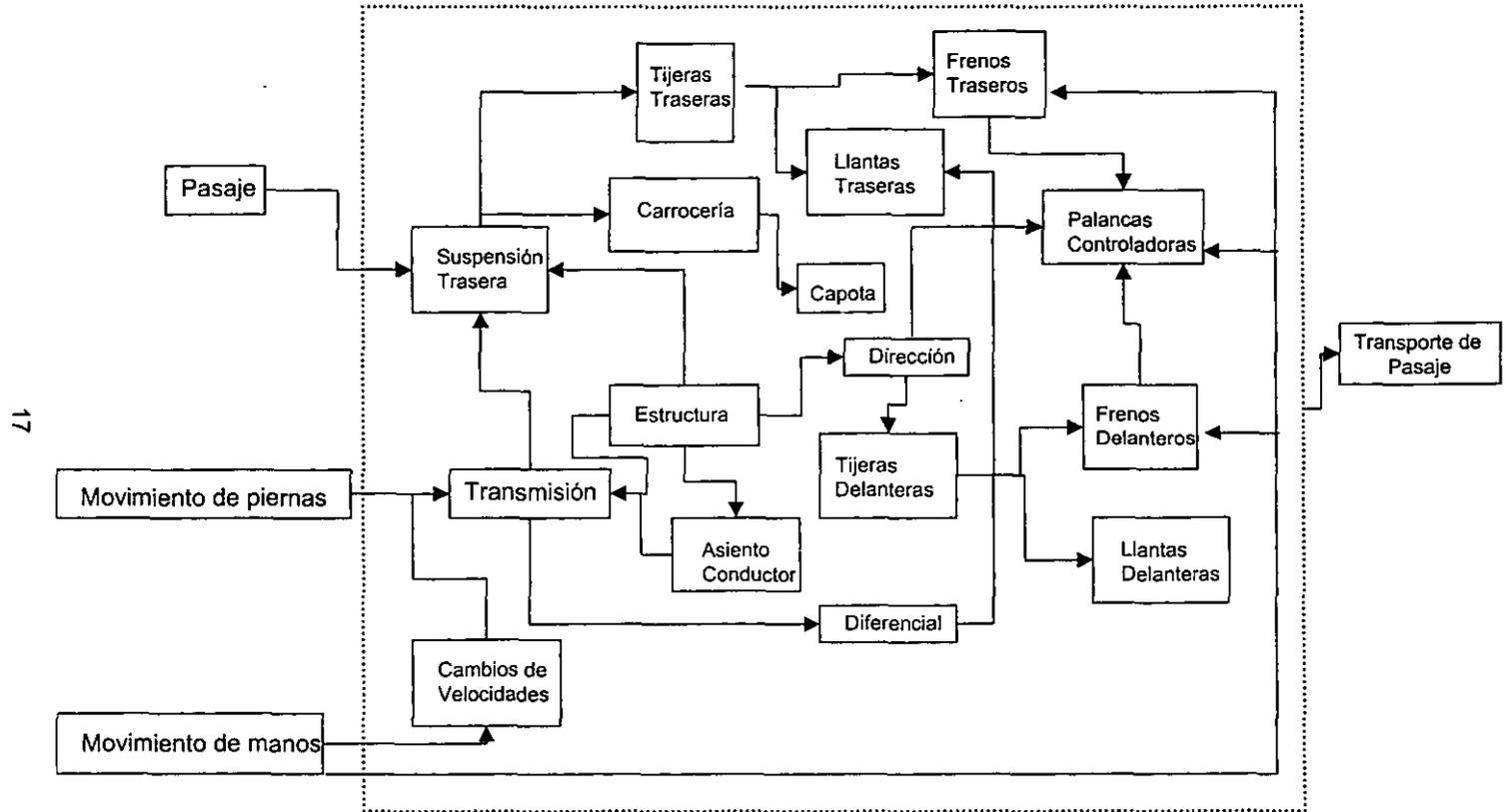


Diagrama 1.1 Este explica la relación que existe entre los diferentes sistemas sus entradas y salidas. También muestra la interdependencia de los sistemas y el orden de diseño.

1.5 Conclusiones del primer capítulo

Vistos los aspectos anteriores el lector puede tener una idea del problema que se va a trabajar a lo largo del presente trabajo, teniendo como base los datos que se citaron en este capítulo, es de vital importancia el tener una visión amplia y clara del problema que se va a abordar, ya que esto permite tomar decisiones que estén bien fundamentadas y sobre todo sean adaptables a la realidad.

Después del análisis del mercado, así como del modelo actual del vehículo, puedo afirmar que hay muchos cambios que se proponen en esta tesis, haciendo de este un vehículo mucho mas seguro, con una capacidad mayor y sobre todo con un mejor desempeño del conductor que a su vez no estará forzando su espalda y cuello por la posición que adopta. Estas se basan en la información que se obtuvo de las encuestas así como de la visión ingenieril del sistema, adaptando tecnología nueva y propuestas que han aparecido en otros países.

Capítulo II Alternativas para el diseño del bicitaxi

Este capítulo se enfoca en una toma de decisiones en cuanto a los diferentes sistemas que podrían cumplir las necesidades que tenemos, las cuales se determinaron por medio del estudio del mercado y de la normatividad que existe en cuanto a estos vehículos. Para lo cual se incluyen tablas de ponderación de cada sistema, lo que justifica la matriz morfológica que se incluye al final del capítulo.

Se consideraron en su mayoría algunos sistemas que se encuentran en el mercado de las bicicletas, ya que esto nos acota el problema, tomando en cuenta que el diseño ingenieril está aplicado básicamente a la distribución de los sistemas y a los materiales utilizados, y que los fabricantes de piezas estandarizadas, como frenos o cambios de velocidades, cumplen las especificaciones y necesidades.

2.1 Características del prototipo

Con toda la búsqueda de información y el conocimiento del campo de trabajo, fue posible obtener las especificaciones del vehículo a diseñar, tomando en cuenta que el diseñador también marco algunas especificaciones que considero necesarias. Por lo anterior se separaron las especificaciones en dos bloques, el primero se apegara a la normatividad existente y el segundo a las características que propone el diseñador. Esto una vez mas acoto el problema y permitió partir de estas necesidades para diseñar el nuevo prototipo.

Especificaciones normativas

- Se consideran todas las especificaciones que se incluyen en el "Manual de lineamientos básicos de comodidad y seguridad que deben cumplir los vehículos tipo bicitaxi para el servicio publico de transporte de pasajeros en el Distrito Federal."

El cual incluye factores como:

- Aspectos estructurales, constructivos y de diseño.
- Aspectos de seguridad.
- Aspectos funcionales.
- Aspectos tecnológicos
- Aspectos de señalamiento.

Especificaciones del diseñador

- Velocidad crucero 18 km/h.
- Carga máxima 250 kg. (Dos adultos y un niño)
- Posición optima del conductor.
- Cambios de velocidades.
- Cuatro llantas.
- Suspensión trasera.
- Frenos en cuatro llantas.
- Rodada de 20 in.
- Largo máximo 2.5 m
- Peso Total 80 kg.
- Costo menor a 6500 pesos.

Criterios de diseño

- Estabilidad y maniobrabilidad.
- Manufactura sencilla (poco herramental)
- Materiales económicos y durables.
- Cumplimiento de la norma existente.
- Buena visibilidad del conductor.
- Adaptación de piezas ya existentes. (Bici partes principalmente)

2.2 Análisis de los sistemas y su importancia

Para esta propuesta de diseño es necesario establecer un orden lógico en el diseño de los diferentes componentes, ya que como se observo en el diagrama 1.1 en el primer capítulo, existe una interdependencia de estos, la cual definiremos a continuación.

En primera instancia se determino que la suspensión trasera es determinante, ya que esta necesita cierto espacio para su movimiento y también necesita estar sujeta en ciertos puntos de la estructura, lo que le dio el primer lugar en orden de importancia. Seguido por el diseño de la estructura lo cual determina los espacios y los acoplamientos de todos los componentes del vehículo, siendo una parte determinante, tanto para la resistencia de este como para el peso y dimensiones generales.

Mas adelante es necesario determinar las características de la dirección, la cual también necesita un espacio para el movimiento de las ruedas y para su control, por lo que esta continua en el orden de aparición. La transmisión ocupa el siguiente lugar, ya que esta debe de sujetarse a la estructura y fijarse al eje de la suspensión trasera, ya que esta es trasera y el conductor debe de estar en la parte delantera del vehículo según la norma. Así es como los frenos se instalan y distribuyen en las cuatro tijeras y corren a lo largo de la estructura, para llegar al sistema de control.

Todos los sistemas anteriores están cableados hasta las palancas de control, las cuales están ubicadas en un punto ergonomicamente correcto, en función del asiento del conductor, el cual es el siguiente sistema en la lista, ubicando al conductor hasta adelante del vehículo y permitiendo tener el control de todos los sistemas.

Sin restarle importancia, se define y diseña la carrocería, la cual le da cuerpo al vehículo y una apariencia moderna y resistente.

Por terminar se mencionan las llantas y su importancia en el sistema, para terminar con el diseño de la capota, la cual da un par de ventajas al vehículo.

2.3 Tablas de ponderación

En esta sección se hace la selección de los sistemas que se diseñaron y conforman el nuevo prototipo, esto se hace con base en los sistemas existentes y que se pueden adaptar de alguna forma a nuestro diseño.

En algunos casos como el de la transmisión, frenos y llantas, se consideran sistemas que se encuentran en el mercado de las bicicletas convencionales, debido a que esto facilita la manufactura del prototipo y permite que el costo no se eleve, así como la necesidad de contar con maquinaria específica que fabricara todos los componentes. Lo anterior se sustenta en dos de los criterios de diseño, en cuanto al uso de componentes existentes y a la manufactura sencilla.

Las ponderaciones se hicieron entre los conceptos que se describen a continuación y los diferentes sistemas, basados en la experiencia del diseñador y de la investigación que se realizó antes de las propuestas.

Definición de los parámetros utilizados en las tablas de ponderación

Para la toma de decisiones de sistemas se tomaron en cuenta las definiciones de los parámetros que se evaluaron, los cuales se describen a continuación:

- Rigidez estructural.- Se define a poco movimiento relativo de las piezas que la conforman, con la aplicación de las fuerzas máximas.
- Momento torsionante.- Se evalúa el mayor momento torsionante que soporta la estructura, por cargas máximas.
- Peso.- Menor peso de elementos y uniones, entre los sistemas propuestos.
- Flexión.- Desplazamiento del eje neutro al aplicar cargas máximas.
- Manufactura.- Facilidad de fabricar las piezas que componen el sistema.
- Eficiencia.- Capacidad de hacer su función, en relación con el conductor o pasaje.
- Costo.- Menor costo total de fabricación e instalación.
- Adaptabilidad.- Facilidad de ser unido con los otros sistemas.
- Vida útil.- Duración y resistencia al desgaste, en cuanto a las condiciones de trabajo.
- Apariencia.- Apariencia física del sistema.
- Mantenimiento.- Capacidad de reparar algún daño y la frecuencia de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Comodidad.- Capacidad de adaptación ergonómica y que disminuya el cansancio del conductor.
- Dimensión.- El espacio que requiere el sistema y la capacidad adaptarlo.
- Diseño sencillo: Capacidad de analizar el sistema matemáticamente y predecir su comportamiento.

Todas las características anteriores se definieron a partir de la investigación de campo, en la cual se obtuvieron que las características de los sistemas deben de cumplir las condiciones anteriores.

Descripción de la puntuación

Para todos los sistemas se tomaron valores entre 100 y 0, los cuales la mayor calificación es para el que cumpla la definición del parámetro antes mencionada. Por otra parte cada uno de los parámetros está ponderado según su importancia, al cual le corresponde cierta fracción del 100%, lo que al final nos arroja un resultado que se puede observar en el total de cada tabla, para cada uno de los sistemas.

A2 Tabla de selección de la suspensión

	Costo 0.35	Diseño sencillo 0.15	Dimensión 0.20	Manufactura 0.30	Total
Eje rígido, resorte helicoidal	100	100	75	100	95
Eje rígido, resorte laminas	80	100	50	100	83
Barras de arrastre	30	75	90	50	64.75
Doble brazo	10	50	100	25	38.5

La suspensión que se selecciono es la dependiente de eje rígido, debido a que obtuvo una puntuación de 95, mientras que cumple con las características necesarias. Este tipo de suspensión es durable para bajas velocidades en terrenos irregulares.

B2 Tabla de selección de la estructura

	Rigidez estructural 0.4	Momento Torsionante 0.25	Peso 0.2	Flexión 0.15	Total
Barra central	70	50	100	70	71
Dos barras	100	80	85	100	92

La estructura seleccionada es la de dos barras que además de cumplir con todas las especificaciones, nos permite distribuir mejor las cargas.

Consideraciones del tipo de transmisión

Debido a que uno de los objetivos del proyecto es adaptar las piezas y sistemas que existente en el mercado de las bicicletas, se ocuparan cadenas de rodillos y ruedas dentadas, ya que cumplen con las siguientes características:

- Existencia en el mercado.
- Adaptabilidad a los demás sistemas.
- Costo adecuado.
- Excelentes propiedades mecánicas.

Además de contar con sistemas de cambio de velocidades y adaptación a las masas de las llantas, lo que nos asegura que todos estos sistemas están estandarizados y son compatibles.

C2 Tabla de selección del control de la dirección

	Peso 0.15	Manufatura 0.15	Eficiencia 0.25	Costo 0.45	Total
Barras directrices	70	90	60	90	79.5
Engranajes y cremallera	40	50	80	50	56
Chicotes y palancas	100	90	90	100	96

El control de dirección por chicotes y palanca es el mas adecuado, así como el que nos permite un movimiento del sistema, para los diferentes tamaños de conductor, sin tener que hacer cambios.

D2 Tabla de selección de los frenos

	Costo 0.5	Adaptabilidad 0.25	Eficiencia 0.25	Total
Discos	40	60	100	60
V- brake	90	100	80	90
Cangrejo	100	100	50	87.5

Los frenos seleccionados son los V-brake, ya que facilitan la instalación y se acoplan a los otros sistemas que se involucran.

E2 Tabla de selección del material de la carrocería

	Vida útil 0.4	Peso 0.3	Apariencia 0.15	Mantenimiento 0.15	Total
Lamina	50	90	60	70	66.5
Fibra de vidrio	100	50	100	80	82
Madera	20	70	40	50	42.5

La carrocería de fibra de vidrio nos ofrece las mejores condiciones y le da al vehículo una apariencia excelente.

F2 Tabla de selección material de la tarima

	Eficiencia 0.3	Vida útil 0.3	Peso 0.2	Costo 0.2	Total
Placa Metálica	100	80	80	80	86
Fibra de vidrio	70	80	75	85	77
Madera	50	40	90	100	65

La placa metálica nos ayuda a darle una apariencia moderna y las mejores propiedades mecánicas.

G2 Tabla de selección del tipo de asiento para el conductor

	Peso 0.30	Comodidad 0.4	Dimensión 0.05	Rigidez estructural 0.25	Total
Rígido	60	70	100	100	76
Flexible	100	100	70	60	88.5

El asiento flexible nos permite realizar las funciones de este sistema, ponderando la comodidad y el bienestar del conductor, ya que es un factor crítico del vehículo.

H2 Tabla de selección de la rodada de las llantas

	Peso 0.30	Momento Torsionante 0.20	Eficiencia 0.30	Costo 0.20	Total
Rodada 20	100	100	90	100	97
Rodada 26	70	70	85	80	76.5

Las llantas rodada 20 nos dan las mejores características, las cuales deberán estar reforzadas y acondicionadas a las condiciones de trabajo.

I2 Tabla de selección del tipo de capota

	Peso 0.35	Vida útil 0.3	Dimensión 0.2	Abatible 0.15	Total
Rígida	60	100	70	0	65
Flexible	100	70	100	100	91

La capota abatible nos permite que el vehículo ocupe menos espacio, sin dejar sin sombra al pasaje.

Análisis de resistencia de diferentes perfiles estructurales.

Para la fabricación de la estructura y de varias partes del vehículo se ocuparon perfiles estructurales, de sección cuadrada y rectangular, para las diferentes partes estructurales, los cuales se escogieron debido a las siguientes características:

- Precio barato.
- Existencia en el mercado.
- Cumple requerimientos mecánicos, resistencia a flexión y a torsión.
- Acoplamiento sencillo de diversos sistemas.
- Manufactura sencilla, poco herramental y maquinaria.
- La geometría permite asegurar el paralelismo y perpendicularidad de los acoplamientos.
- La densidad y el material necesario, no superan el límite en peso.
- Resistente a la corrosión y mayor adherencia de pintura.

Para validar que el perfil utilizado soporta las cargas que se le aplican, se hicieron los cálculos con las siguientes consideraciones:

- Se considero una barra libremente apoyada con una longitud de 1.3 m.
- Se considero la aplicación de la carga máxima en el centro de la barra, siendo esta de 1000 N, ya que la carga máxima corresponde a 200 kg, pero como se vio en la tabla B2, se escogieron dos barras centrales, por lo que esta carga se distribuye entre las dos.
- Se analizo la resistencia a la flexión, ya que es el esfuerzo máximo que se aplica al vehículo.
- Se considero que la barra estuviera estática, debido a que las velocidades de trabajo del vehículo son muy pequeñas y la aplicación de la carga máxima no es constante y se distribuye a lo largo de la estructura.
- Se considero un factor de seguridad de 1.5, el cual marca la norma.
- Se consideraron las especificaciones y dimensiones de cada uno de los perfiles que se incluyen en la tabla J2 y se compararon con la resistencia del acero 1020, las cuales se incluyen en la tabla
- Se compararon los resultados de resistencia en función de la resistencia máxima del material, la cual es de 379.7 MPa.
- La formula que se utilizo se incluye a continuación.

$$\sigma_1 = \sigma_2 F S$$

$$\sigma_2 = M c / I$$

σ_1 = Esfuerzo de diseño deseado.

σ_2 = Esfuerzo máximo σ_y .

F S = Factor de seguridad.

M = Momento máximo, por carga máxima.

c = distancia del eje neutro al extremo del perfil.

I = Momento de inercia del perfil.

Con lo que los resultados obtenidos se compararon con la resistencia del material y se obtuvieron los resultados de la tabla J2.

J2 Tabla de selección de perfiles estructurales.

Geometría Perfil	Dimensiones [mm]	Cédula	Resistencia a Flexión [MPa]	Densidad [kg/m]	Resiste
Cuadrada	25	18	624	1	No
Cuadrada	38	18	405	1.5	No
Cuadrada	51	18	224	1.9	Sí
Rectangular	20 X 45	18	495	1.2	No
Rectangular	25 X 51	18	365	1.5	Sí
Rectangular	20 X 58	18	342	1.5	Sí

Propuesta del tipo de soldadura

Para el diseño del prototipo es necesario hacer la consideración de la forma de unión que se utilizara para las piezas metálicas, las cuales en su mayoría están fijas, por lo que se propone utilizar el siguiente método, del cual se incluyen sus ventajas. Esto se sustento

El sistema que se selecciono para la soldadura de la estructura y de los componentes del bicitaxi es la soldadura tipo MIG o Metal Inert Gas. Debido a que tiene las siguientes características:

- Se puede soldar en cualquier posición.
- No es necesario tener una limpieza posterior a la soldadura.
- Alta capacidad de deposición de soldadura.
- Alta velocidad de soldadura, con poca distorsión de la pieza de trabajo.
- No hay perdidas de material, como en la eléctrica.
- Pueden trabajarse muchos tipos de metales.
- El tiempo de trabajo corresponde a la mitad del necesaria para electrodos.
- Se pueden hacer cordones largos sin necesidad de interrumpir la operación.

Este proceso se llama GMAW Gas Metal Arc Welding o Soldadura de metal por arco eléctrico y gas. En este proceso se genera un arco eléctrico entre la pieza de trabajo y el alambre, que es el material de aporte, siendo alimentado por un enbobinado. El arco se encarga de fundir continuamente el alambre, mientras este se va alimentando en la boquilla. La soldadura se protege por medio de una atmósfera inerte que se genera con el gas de trabajo.

Este método se utiliza para la soldadura de los metales más comerciales como aceros, aluminios, aceros inoxidable, cobre entre otros. Con este método se pueden soldar materiales desde 0.76 mm de espesor.

Los gases inertes que se pueden utilizar son: Argón, Argón - 1 a 5% Oxígeno, Argón - 3 a 25% de CO₂, Argón/Helio, CO₂ puro.

El amperaje que se utiliza en este tipo de soldadura esta en un rango de 80 a 200 amperes, pero para el caso de laminas de calibres entre 20 y 12 se deben usar rangos de bajas corrientes, que deben de estar entre los 15 y 19 volts.

La velocidad de alimentación del alambre de aporte y los voltajes necesarios se definen a continuación, para diferentes espesores de lamina:

- 140 in/min para cédulas 20 y 18, con un voltaje de 15 o 16 volts.
- 210 in/min para cédula 16, con un voltaje de 16 o 17 volts.
- 280 in/min para cédula 14, con voltajes de 17 o 18 volts.
- 350 in/min para cédula 12, con un voltaje de 18 o 19 volts.

Lo anterior es una breve reseña del método de manufactura a utilizar, así como algunas consideraciones que se deben tener para utilizar este método. Siendo la propuesta para trabajar las uniones de las piezas metálicas del prototipo y dándonos todas las ventajas que se enlistan a l principio del texto.

2.4 Matriz Morfológica

A continuación se presenta una tabla donde se encuentran los diferentes sistemas que se evaluaron y propusieron para el diseño del prototipo, donde esta resaltada cada opción que se considero la mas adecuada para el diseño.

K2 Tabla de matriz morfológica

Sistema	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Suspensión	Eje Rígido Resortes	Eje Rígido Muelles	Barras Arrastre	Doble Brazo
Estructura	Barra Central	Dos Barras		
Transmisión	Cadenas Ruedas Dentadas			
Dirección Control	Barras Directrices	Barras Engranés Cremallera	Chicotes Y Palancas	
Frenos	Disco	V-Brake	Cangrejo	
Carrocería	Lamina	Fibra de Vidrio	Madera	
Tarima	Lamina Metálica	Fibra de vidrio	Madera	
Asiento Conductor	Rígido	Flexible		
Llantas	Rodada 20	Rodada 26		
Capota	Rígida	Flexible		
Soldadura	MIG			

2.5 Plano Explosivo

Después de la toma de decisiones y de tener un panorama general del vehículo a diseñar, se incluye a continuación un plano explosivo de los sistemas que se diseñaron en este documento, para tener una idea general de cómo los sistemas se van adaptando y conformando el prototipo. Así como el anexo I indica las medidas generales del prototipo, en función de los valores que estipula la norma, dando una perspectiva de las dimensiones nominales del vehículo.

De la misma forma se incluye en el anexo II la lista de bici partes que se adaptaron a los diferentes sistemas, con una breve descripción, de las especificaciones para comprar estas partes comerciales.

En el plano BT-C1-00, se observa el plano explosivo de los diferentes sistemas que se diseñaron.

00-C7-18

A

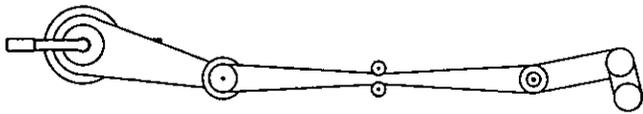
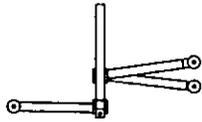
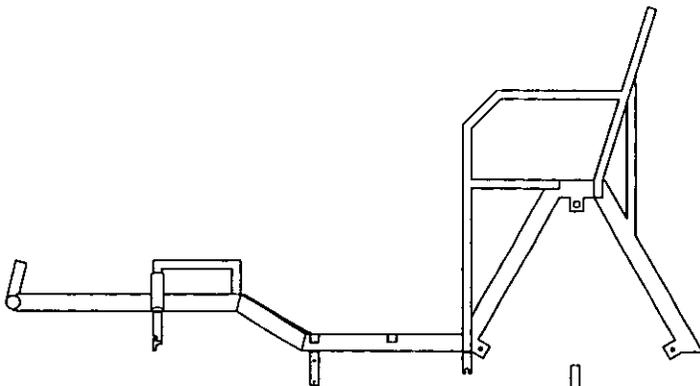
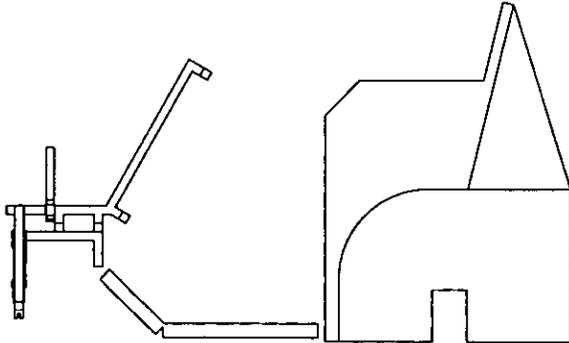
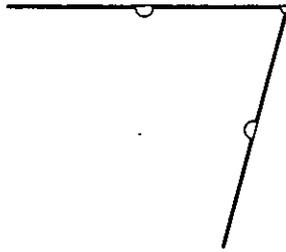
B

C

D

E

F



1 : 15	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Vista lateral	JRL
6/IV/01	Plano explosivos de sistemas diseñados	BT-C7-00

2.6 Conclusiones del segundo capítulo

En el capítulo anterior se resumen y plasman datos que representan el trabajo del diseñador, ya que se deben de evaluar las diferentes propuestas y hacer consideraciones de diseño, las cuales con la ayuda del método de ponderación, nos permiten obtener rangos de evaluación y con estos poder decidimos por la opción más viable y la cual se adecue mejor a nuestras necesidades. Estas tablas están sujetas al criterio del diseñador y al conocimiento que se tenga del tema, por lo que no son únicas, pero nos dan la posibilidad de tomar decisiones.

En este paso el ingeniero debe de estar al tanto de las opciones que existen y no cerrarse a las primeras ideas, ya que esto puede generar una desviación de la toma de decisiones y generar problemas en la actividad creativa y de diseño, así es importante que el ingeniero mantenga su mente abierta e investigue diferentes opciones, tanto teóricas como practicas.

Capítulo III Suspensión y Estructura

En este capítulo se habla del diseño de la suspensión, comenzando con una descripción de los tipos de suspensión que existen en el mercado automotriz y que son transferibles a nuestro diseño, posteriormente se habla de los componentes de la suspensión que se escogió y después se define como se diseño y adapto cada uno de los componentes del sistema, incluyendo unos planos de conjunto del sistema diseñado, con las dimensiones generales de este. Para sustentar el diseño del tipo de suspensión se hizo un análisis de su movimiento, el cual se describe al final de esta sección.

De la misma forma se aborda la geometría de la estructura, la cual es una propuesta que se hace para cumplir con todas las condiciones y especificaciones que se marcaron al principio del documento. Describiendo los materiales utilizados y las dimensiones generales de esta.

3.1 Suspensión trasera

Esta se define como el conjunto de dispositivos que se encargan de darle al vehículo las siguientes propiedades:

- Estabilidad al vehículo en caso de encontrar un obstáculo, irregularidades en el camino y en las vueltas, o simplemente se encarga de mantener el contacto entre las cuatro llantas con el piso.
- Comodidad a los pasajeros, para que no sean afectados por los diferentes movimientos generados durante el viaje.
- Evitar que los impactos se transmitan directamente a los otros sistemas del vehículo.

Tipos de suspensión

Las suspensiones se clasifican de la siguiente manera:

- Dependiente: Esta también se le conoce como de eje rígido, la cual puede utilizar resortes helicoidales o resortes de laminas, la cual en un tiempo fue la más popular en el mercado. Este tipo de suspensión es muy sencilla de diseñar, y también es mucho más barata que los otros tipos.

Cuando se ocupan resortes de laminas el sistema es muy pesado y ocupa mucho espacio, por lo que se utiliza para vehículos de carga. Como se puede ver en la figura.

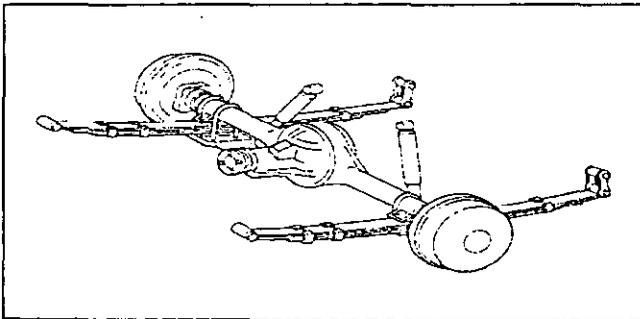


Figura 3.1 Suspensión eje rígido con resortes de laminas

En cuanto al sistema con resortes helicoidales, se adecua muy bien para vehículos de poca masa y da un viaje suave, mientras ocupa un mínimo de espacio, el problema de esta es que necesita unas barras acopladoras para asegurar la alineación y el movimiento del eje.

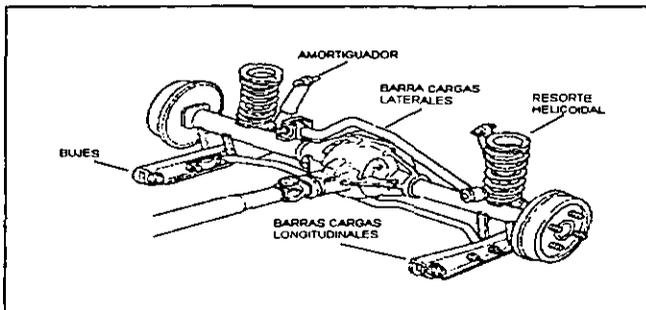


Figura 3.2 Suspensión eje rígido con resortes helicoidales

- Independiente: Estas permiten que cada llanta funcione independientemente, dando características de viaje superiores que las anteriores, en especial a altas velocidades. Estas son más difíciles de diseñar y cuentan con muchos componentes, lo que las hace más caras. Estas son las más comunes en el mercado actualmente. Los dos tipos más comunes son las de brazo de arrastre y las de doble brazo, que se pueden ver en las figuras:

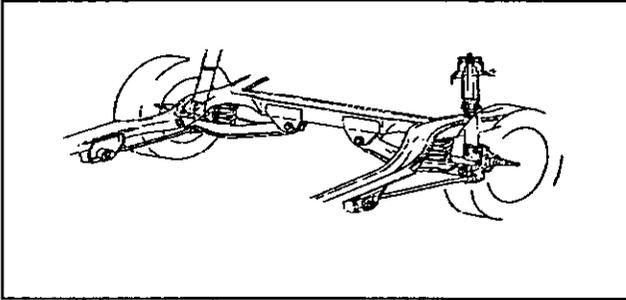


Figura 3.3 Suspensión independiente con brazo de arrastre

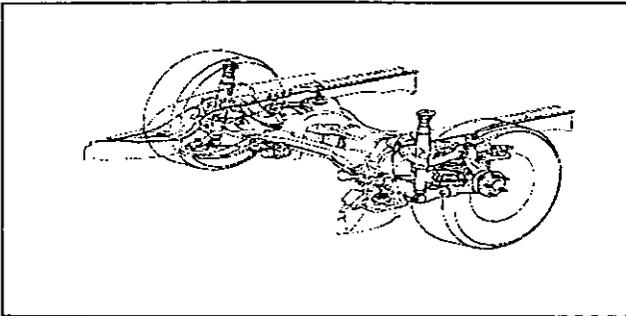


Figura 3.4 Suspensión independiente de doble brazo

Tipo de suspensión seleccionada.

Para el diseño de este sistema es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones, las cuales se obtuvieron a partir de las especificaciones del vehículo, como son:

- Bajo costo
- Fácil diseño
- Compacta
- Manufactura sencilla

Descripción de la suspensión de eje rígido

- Eje rígido

Este tipo de suspensión esta formada por un eje rígido que une las dos llantas traseras. Haciendo que el pivote de giro de estas, este en el otro extremo del eje, lo que hace que el desplazamiento longitudinal de la llanta sea mínimo.

- Barras acopladoras

El eje esta sujeto a la estructura por medio de 4 brazos articulados. Estos brazos tienen la función de controlar las cargas laterales y longitudinales, las cargas de torsión se generan en la aceleración y frenado del vehículo, mientras las axiales se generan al dar las vueltas. En el caso de las cargas de torsión, las dos barras están ubicadas perpendicularmente al eje, mientras las barras para cargas axiales tienen una forma de A (con cierto ángulo), la cual permite controlar este tipo de cargas.

- Resorte helicoidal

Además de las cuatro barras que sujetan al eje rígido y dirigen su movimiento, este esta sujeto a la estructura por medio de un resorte helicoidal, el cual se encarga de soportar las cargas verticales del vehículo, mientras cumple su función de estabilizar el vehículo.

El resorte helicoidal es un tipo de barra de torsión, la cual necesita poco espacio para su instalación y da una buena calidad de muelleo, dándole a los pasajeros un viaje suave.

- Amortiguadores de impacto

Estos son sistemas de acción directa, los cuales están directamente unidos a la estructura y a la suspensión cerca de la rueda, teniendo una doble función: de compresión y de extensión.

Estos ayudan a controlar el movimiento arriba abajo de las llantas, así como estabilizar el movimiento generado por las imperfecciones del terreno. Estos no soportan el peso del vehículo y funcionan al transformar energía cinética en energía térmica.

- Bujes

Las uniones de las barras, entre el eje y la estructura, están acopladas por medio de bujes, los cuales para este caso, son unas piezas de hule que funcionan como pivotes de los brazos de control.

Estos tienen las siguientes características:

- Permiten un movimiento relativo de la suspensión.
- Ayudan a absorber los impactos.
- Impiden que se transmita ruido a la estructura del vehículo.
- Permiten cierto desalineamiento, reduciendo la necesidad de tolerancias cerradas en la manufactura, haciendo mas barato el proceso.

Diseño de configuración

- Eje Rígido

Para el diseño se determino que este debe de terminar en dos tijeras que permiten el acoplamiento de las llantas, de acuerdo con las especificaciones y los parámetros de diseño seleccionados. En el plano BT-C2-01 se puede observar la vista frontal de este elemento, el cual tiene una longitud total de 1.2 m, incluidas las dos tijeras que se acoplaron para poder fijar las ruedas del vehículo. La parte recta de este elemento esta fabricado en perfil zintro de 25 x 50 mm, con una longitud de 0.88 m, mientras que las tijeras están fabricadas en perfil zintro de 25 x 25 mm, al final están unidas unas soleras de 1/8 in de espesor y 25 mm de ancho, en las cuales se fijan los ejes de las llantas, se pueden observar claramente en el plano BT-C2-00.

- Barras acopladoras.

Para estas barras se utilizaron secciones cuadradas de 25 mm y de cédula 18, las cuales solo dirigen el movimiento del eje rígido, y las fuerzas que deben de soportar son mucho menores a su resistencia.

Las cargas longitudinales se controlan con los brazos perpendiculares, mientras que las laterales se controlan con las barras que tienen un ángulo de 45° con respecto al eje, en el plano BT-C2-03 se pueden observar dichas barras, en relación con el eje rígido. En los extremos de las barras se tienen tubos de acero, que se encargan de contener los bujes.

- Bujes

Los bujes seleccionados son para auto (marca nissan, modelo sakura), ya que las dimensiones de este nos permiten la adaptación de las barras acopladoras de sección cuadrada y una pulgada. Así como su resistencia sobrepasa las del diseño, ya que las condiciones de trabajo son mucho menores a las que se usaron para su diseño. Estos giran en tornillos de alta resistencia, y que están fijos al eje rígido y a la estructura, por medio de unas secciones en C, de PTR (Perfil Rectangular) de 25 cm. Estas se maquinaron para obtener las dimensiones necesarias. En el plano BT-C2-00 se observan las bases en el eje rígido, mientras que en el plano BT-C3-00 se observan las bases fijas en la estructura.

- **Resorte Helicoidal**

Para la selección de este se busco en el mercado alguno que se adecuara a las condiciones de trabajo, después de una búsqueda en diferentes mercados como el automotriz y el de motocicletas, se encontró que algunas de las posibilidades eran los que ocupan las combis en la suspensión delantera y los traseros de caribe.

Para poder determinar cual era el mas adecuado se hizo una prueba de compresión a los resortes en la maquina INSTRON de la facultad de la cual fue posible seleccionar el mas adecuado.

Se seleccionó el de combi, el cual tiene las siguientes características:

- Es un resorte más pequeño y esta acoplado directamente con el amortiguador, lo que se adecua al espacio necesario.
- Es un resorte homogéneo que tiene un coeficiente que se adecua a las condiciones de trabajo.
- Este resorte solo es para la sobre carga de las combis, por lo que las cargas de trabajo son menores que un resorte como el del caribe.
- Este esta adaptado a un amortiguador que tiene incluidos las bases y los bujes, lo que hace que sea fácilmente adaptable al eje rígido y a la estructura.

Las bases de este componente están fabricadas igual que las bases de las barras acopladoras, y fijas al eje rígido y a la estructura, las cuales se pueden observar en los planos BT-C2-00 y en el BT-C3-01 correspondientemente.

Descripción del principio de movimiento de la suspensión

La suspensión debe de tener una movilidad en el sentido perpendicular al del camino, permitiendo un movimiento sube y baja de las ruedas, lo cual se simulo con un sistema de cuatro barras y se extrapolo al sistema en tres dimensiones.

Para simular el movimiento y las dimensiones de esta se utilizó un programa de análisis de cuatro barras acopladas:
Fourbar Linkage Analyser, Robert L. Norton,
Versión 5.1, Copyright 1991

En el cual se hizo un modelo en un solo plano y se obtuvieron los resultados necesarios para el diseño.

Se debieron de considerar los siguientes aspectos:

- El espacio disponible para la suspensión.
- Las dimensiones de los componentes que se adaptarían.
- El movimiento cuasi-lineal que nos da el sistema de cuatro barras.

En la figura siguiente se muestra el movimiento del centro, el cual coincide con el movimiento del eje rígido de la suspensión, permitiendo el desplazamiento necesario para este sistema.

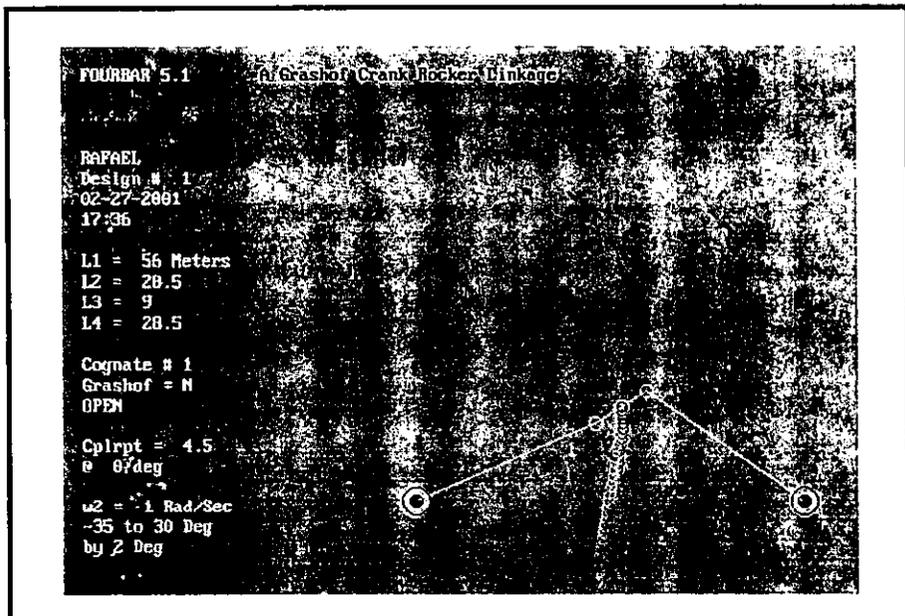


Figura A3 Diagrama de movimiento del eje rígido de la suspensión trasera.

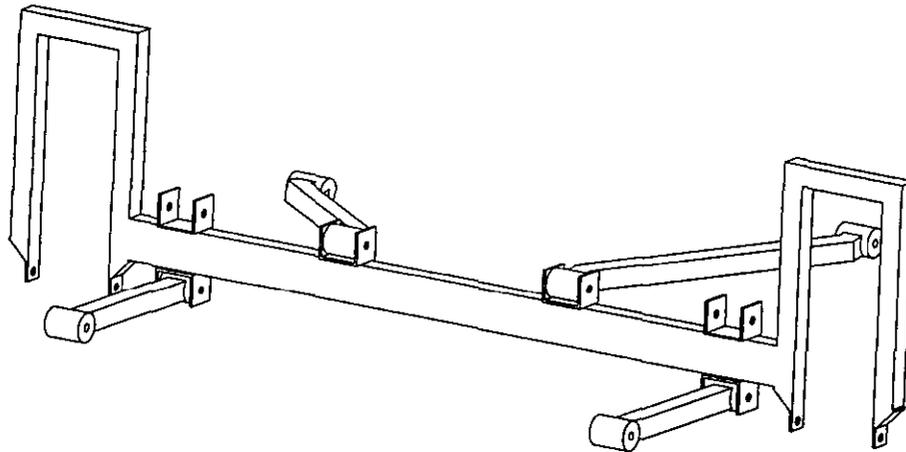
En la figura A3, se observa el movimiento completo que puede hacer el sistema de cuatro barras, pero para el caso del vehículo este movimiento se restringe por medio de los resortes y los amortiguadores, los cuales hacen que el rango de trabajo se encuentre en el centro del diagrama anterior, haciendo que el eje rígido no tenga un giro tan pronunciado como se ve en los últimos puntos del diagrama anterior.

El eje rígido del vehículo se fabricara en el perfil rectangular de 25 x 50 cm, del cual se hizo el análisis de esfuerzo y se incluye en la tabla J2 , del cual se desprende un buen acercamiento de la resistencia de este.

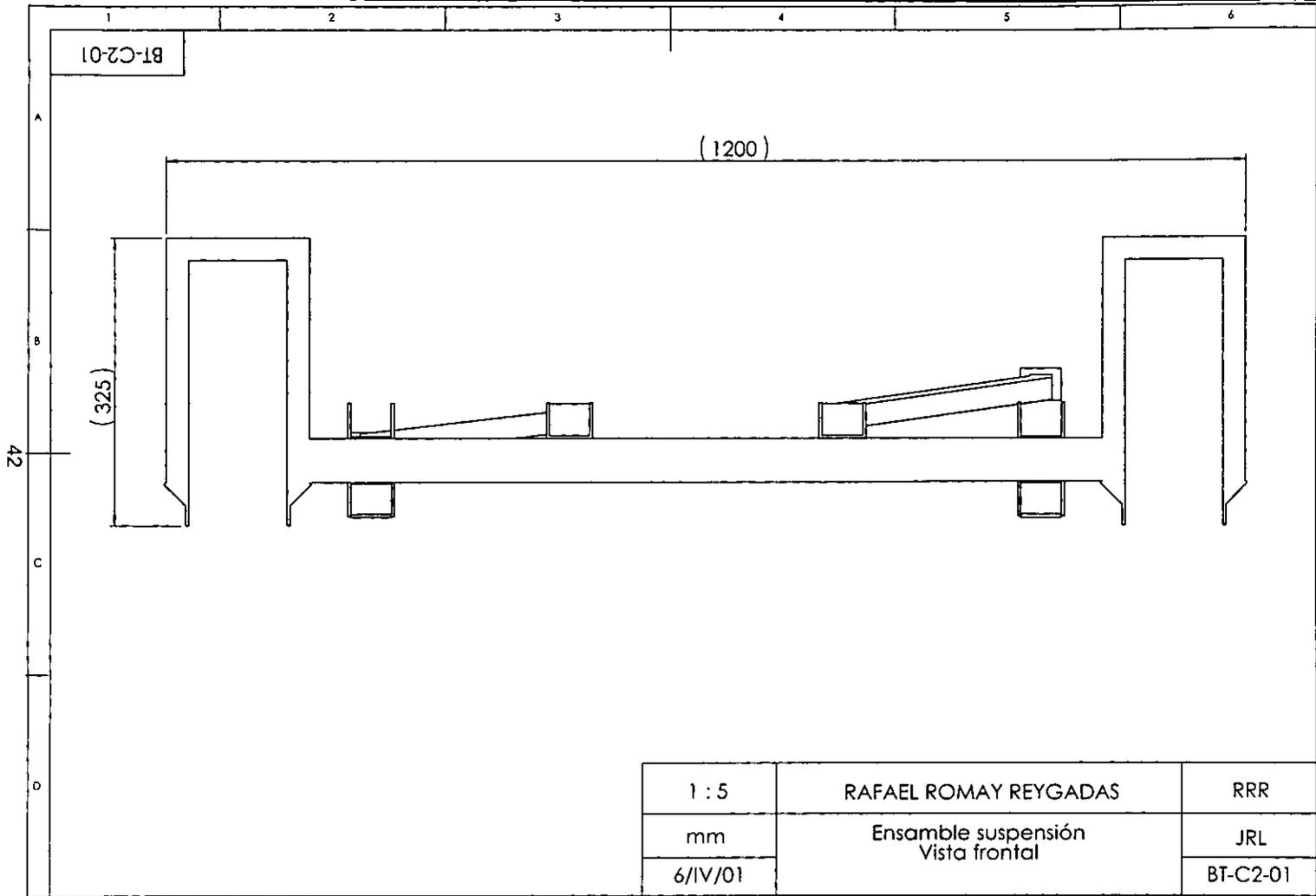
B3 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

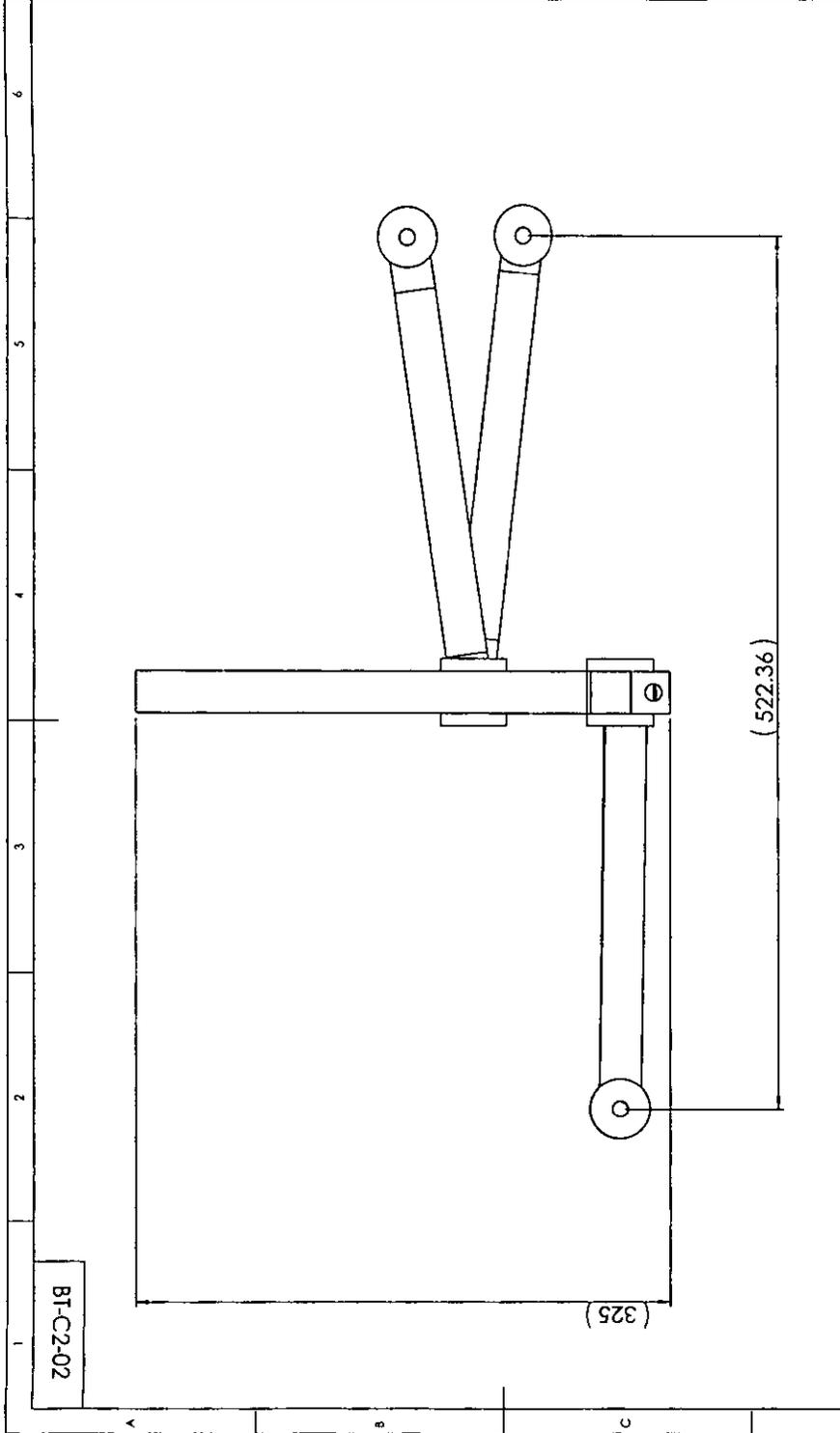
Pzs.	Nombre	Descripción
2	Amortiguador delantero para Combi (Volkswagen)	Se utilizan en la parte delantera, para la sobrecarga.
4	Bases para amortiguadores	Fabricadas en Perfil PTR cuadrado de 1x1 in. Dos están soldadas a la estructura y 2 al eje rígido.
4	Tornillos de ½ in, de alta resistencia.	Para sujetar los amortiguadores a las bases. Llevan respectivamente rondanas de presión y tuercas
8	Bujes para auto Marca Nissan Modelo Sakura	Cortados y adaptados a las barras acopladoras.
8	Tornillos de 3/8 in de alta resistencia	Para sujetar los Bujes. Llevan sus tuercas y rondanas de presión respectivas.
8	Bases para barras acopladoras.	Fabricadas en PTR cuadrado de 1x1 in. Cuatro están soldadas a la estructura y 4 al eje rígido.
8	Solerás de 1in de ancho y 1/8 de espesor.	Son las bases para los ejes de las llantas.
8	Tubos de acero.	Parte de las barras acopladoras que contienen a los bujes.

BT-C2-00



1 : 6	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble Suspensión Isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C2-00



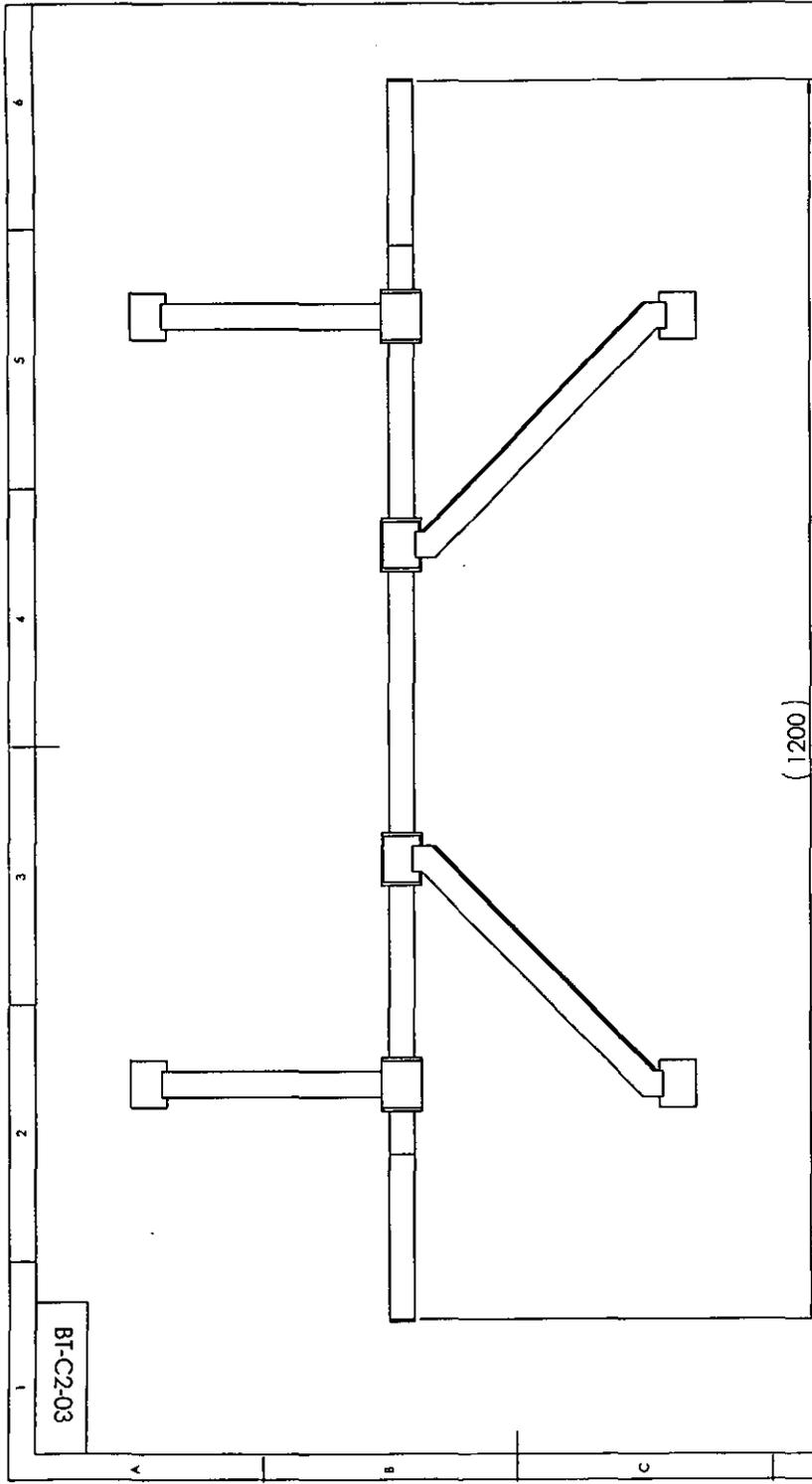


BT-C2-02

(522.36)

(325)

1 : 3	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble suspensión Vista Lateral	JRL
6/IV/01		BT-C2-02



(1200)

BT-C2-03

1 : 5	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble suspensión Vista Superior	JRL
6/IV/01		BT-C2-03

3.2 Estructura

Este se define como el soporte de metal al cual van sujetos todos los elementos del vehículo los cuales se describen como sigue:

- Suspensión trasera.
- Transmisión
- Dirección
- Carrocería
- Tarima

Cada uno de los sistemas debe funcionar correctamente y no interferir con los otros sistemas, por lo que la estructura debe de diseñarse en función de los demás sistemas y su acoplamiento.

En la parte delantera debe de ser mas angosto para permitir que las ruedas delanteras giren, y en la parte trasera debe de alzarse para permitir que la suspensión trasera tenga su movimiento.

Este debe de cumplir la normatividad de los vehículos, en cuanto al ancho, que no debe de superar el 1.2 m, que es uno de los limites importantes. El cual se puede observar en el plano BT-C3-02.

Geometría

La geometría es un aspecto importante, como ya se menciona debe de permitir el acoplamiento de todos los sistemas del vehículo, de lo cual se obtuvo la geometría que se incluye en el plano Bt-C3-00

Análisis de fuerzas

Para el diseño de la geometría se analizaron las características de dos barras centrales, las cuales se consideraron con una longitud máxima y el esfuerzo de la carga máxima a flexión, ya que es el esfuerzo más grande que se le aplica a la estructura.

Como se mostró en la tabla J2 del segundo capítulo se escogió el perfil tubular rectangular de 51 X 25 mm, para conformar la estructura del vehículo. El material que se selecciono es Tubular Zintro, el cual es un acero 1020 normalizado y galvanizado que tiene las siguientes características:

Tabla C3

Material (AISI)	C1020
Estado	Normalizado
Resistencia máxima S_u [MPa]	450
Resistencia máxima S_y [MPa]	380
Resistencia de fluencia en Tracción [MPa]	350
Alargamiento % en 5.08 cm	39
Reducción de área %	69
NDB	131

* Los valores se obtuvieron de la tabla AT-7 del Faired "Diseño de elementos de máquinas"

El material que se utilizo se describe en la siguiente tabla.

Tabla D3

Material	Clave	Dimensiones [mm]	Longitud [m]	Piezas	Peso Kg/m	Peso Total
Zintro	Z-100	25 x 25	6	4	1	24
Zintro	Z-200	51 x 25	6	2	1.5	18
						42

Adaptación de sistemas.

Para el caso de la suspensión se considero el análisis del movimiento necesario de este sistema, permitiendo que las dimensiones totales se adaptaran a las necesidades. Con lo que el puente de la suspensión se puede observar en el plano BT-C3-01.

En el caso de la dirección, es necesario el estrechar la estructura, con el fin de que las llantas delanteras se encuentren dentro de las mismas dimensiones y que tengan un giro sin interferencia. En este caso un factor determinante es el espacio necesario para el asiento del conductor, el cual se encuentra por encima del eje de la dirección.

El sistema de transmisión se adapto de modo que los pedales quedaran al frente del vehículo y todo el sistema corriera por debajo de esta, hasta llegar al eje rígido, donde se trasmite a las ruedas traseras, estos acoplamientos son muy sencillos, ya que se acoplan sistemas tradicionales de bicicletas.

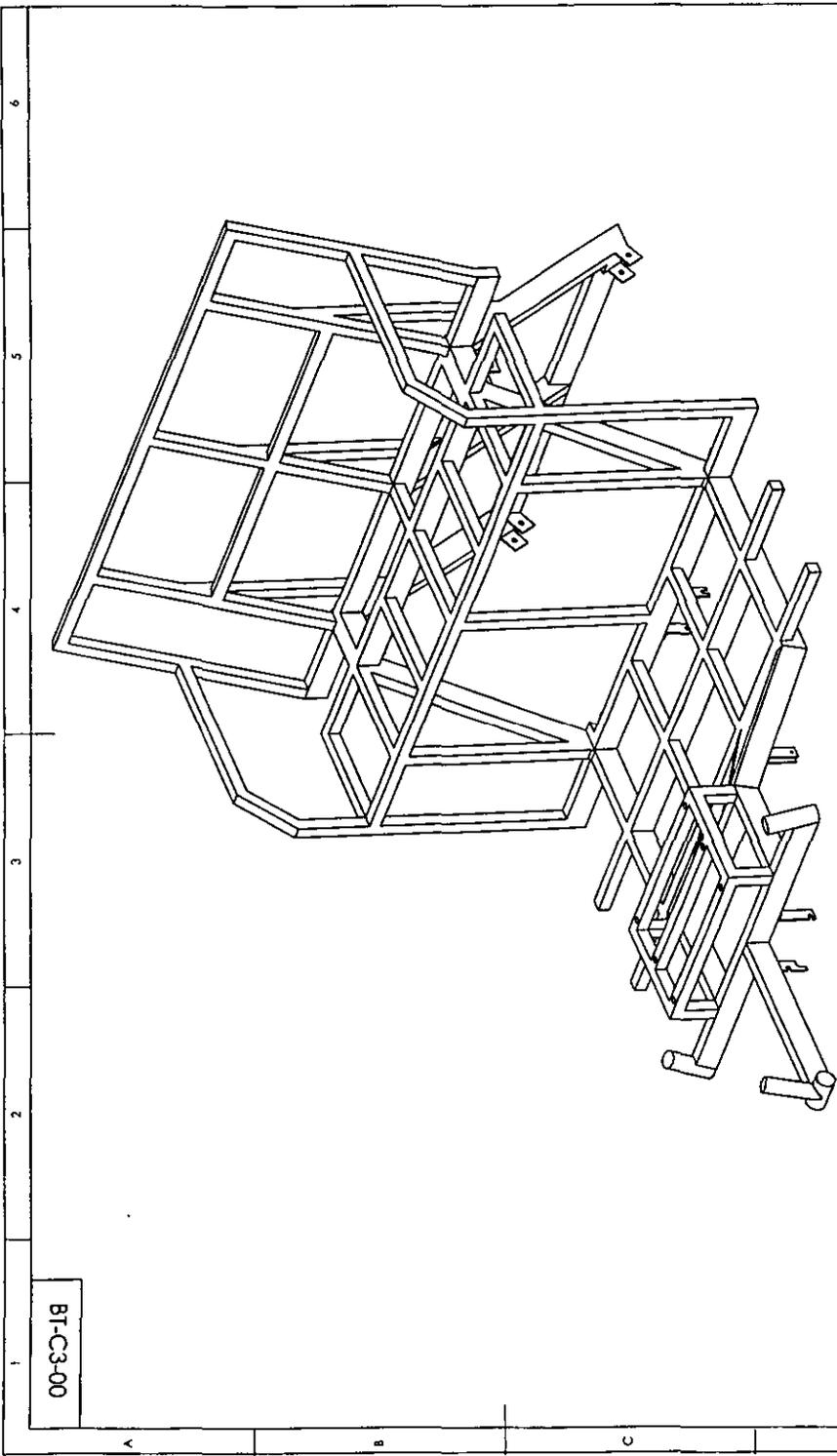
En cuanto a los espacios de la carrocería y la tarima se consideraron algunas condiciones antropomórficas del mexicano, así como condiciones espaciales de carga, las cuales se generan por las necesidades de los pasajeros.

El plano BT-C3- 00, muestra la ubicación y forma de la estructura, así como las dimensiones generales de esta.

Con las consideraciones antes mencionadas obtenemos una estructura de apariencia adecuada, con mejores acabados y mejor resistencia.

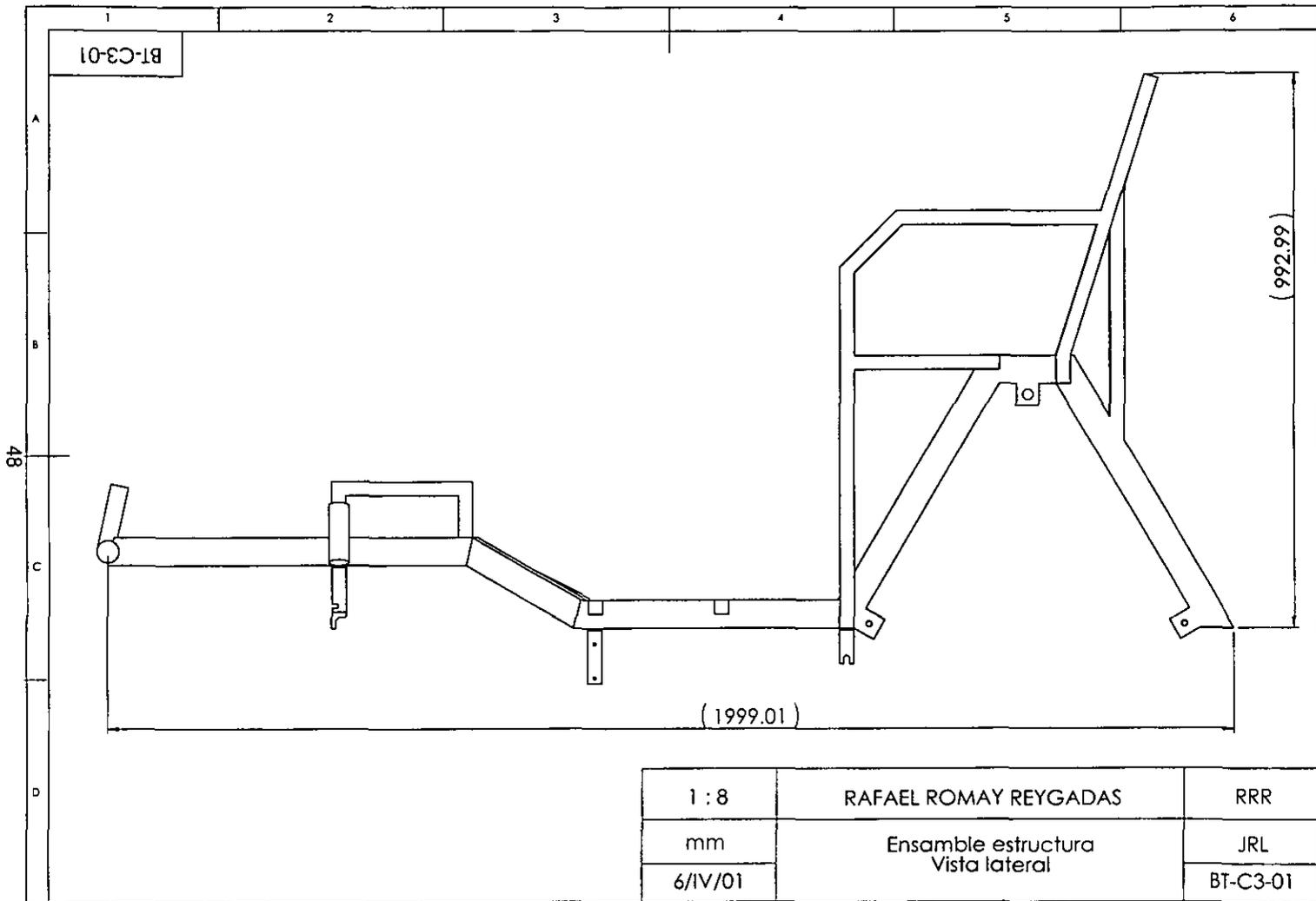
E3 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

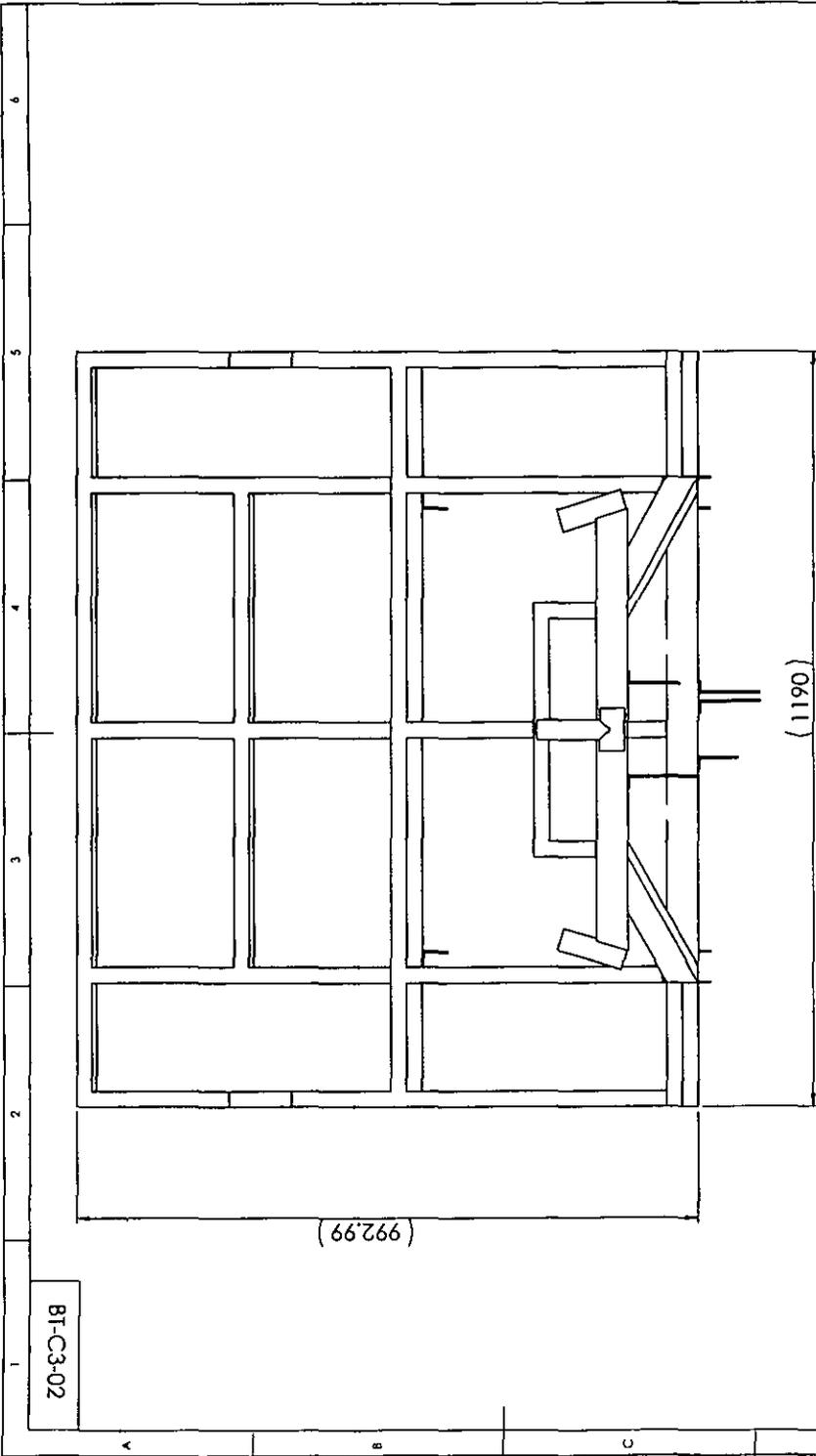
Pzs.	Nombre	Descripción
1	Tubo eje de centros	Donada por Bimex, con medidas comerciales.
2	Tubos telescopio	Donados por Bimex, con medidas comerciales.
	Solerás de 1 in de ancho y 1/8 in de espesor.	Para sujetar sistema de transmisión,



BT-C3-00

1 : 10	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble estructura isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C3-00



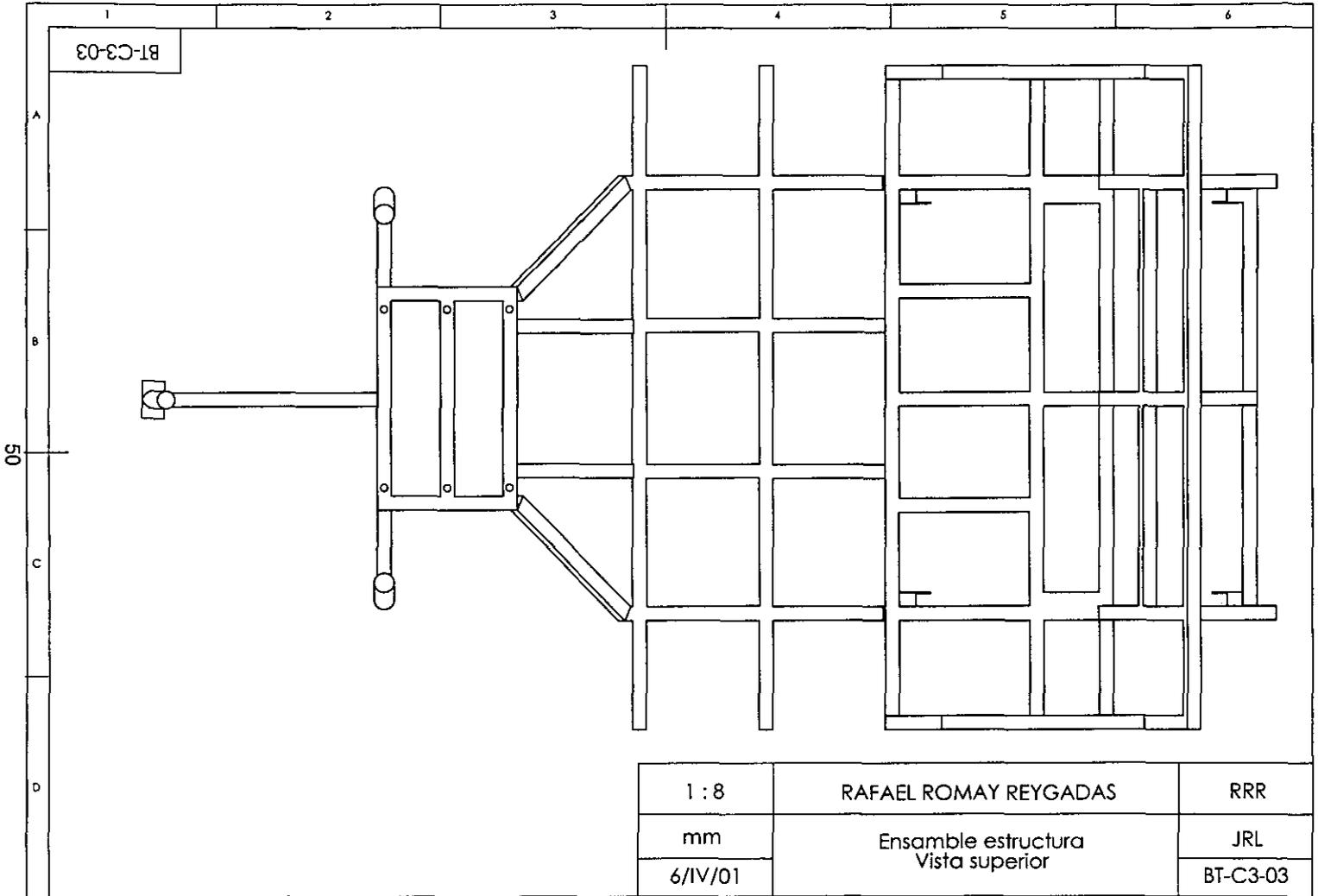


BT-C3-02

(992.99)

(1190)

1 : 8	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble estructura Vista frontal	JRL
6/IV/01		BT-C3-02



1 : 8	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble estructura Vista superior	JRL
6/IV/01		BT-C3-03

3.3 Conclusiones preliminares del tercer capítulo

En este capítulo fue posible definir las características principales de la suspensión, desde el movimiento que se tiene, hasta los materiales y piezas que la conforman, este es un primer acercamiento, que se tiene que probar al llevar a la práctica el prototipo. Ya que esta es una de las innovaciones del prototipo, brindando con esto mayor confort y estabilidad al pasaje, ya que el bicitaxi con calandria carece de este sistema.

En cuanto al tamaño del vehículo, considerando que el modelo de bicicleta con calandria tiene una longitud de aproximadamente 3.20 m, un ancho de 1.2 m y una altura de 2.00 m, hace que este vehículo tenga dimensiones demasiado grandes, en especial la longitud. Con la propuesta que se hace se redujo la longitud a 2.20 m, teniendo las dimensiones necesarias para transportar la misma carga. En cuanto al ancho también se mantuvo, conforme a la norma, en 1.2 m. La altura de disminuiría a 1.9 m la cual no tiene mucha importancia ya que la estructura que se levanta solo sostiene la capota que protege a los pasajeros de sol y en dado caso lluvia.

Para la estructura se hizo un análisis de fuerzas básico, que determina la resistencia del acero tubular, el cual por su precio hace que el vehículo pueda competir con los modelos actuales. Sin escatimar en la resistencia del material y dando las características necesarias para cumplir con la norma y al mismo tiempo con la seguridad que debe de tener el vehículo.

Para poder evitar que las llantas traseras se vean afectadas en caso de un choque trasero, que son los más comunes, se le adaptara una defensa, que proteja la misma, así como un compartimento que servirá para llevar algunas cosas extras, algo similar a una cajuela. Esto se complementara con el material que se utiliza en la carrocería, soportada por la misma estructura.

Capitulo IV Transmisión y Frenos

A continuación se describe la capacidad los sistemas que se encargan del movimiento del vehículo, tanto la transmisión como los frenos. Donde la transmisión se diseño en función de las piezas y sistemas que existen en el mercado de las bicicletas, permitiendo que el costo y manufactura de este sistema no sea muy elevado y al mismo tiempo tenga una estandarización.

En cuanto a los frenos se describe la propuesta y como se adapto a la propuesta final del vehículo, dando una breve descripción del funcionamiento y un plano donde se muestra su forma y la forma de montarse en cada una de las tijeras. Estos también se escogieron del mercado de las bicicletas.

4.1 Transmisión

Este sistema permite transmitir potencia desde una fuente motriz, que en este caso son las piernas del conductor, que por medio de un sistema de ruedas dentadas diferentes, permiten tener diferentes relaciones de potencia.

Para la transmisión del vehículo es necesario adaptar algunas piezas que se encuentran en el mercado de las bicicletas, ya que las existentes cumplen con las condiciones de trabajo, por lo mismo fue necesario hacer un análisis de las condiciones de trabajo del vehículo, así como las propiedades que tienen los sistemas correspondientes.

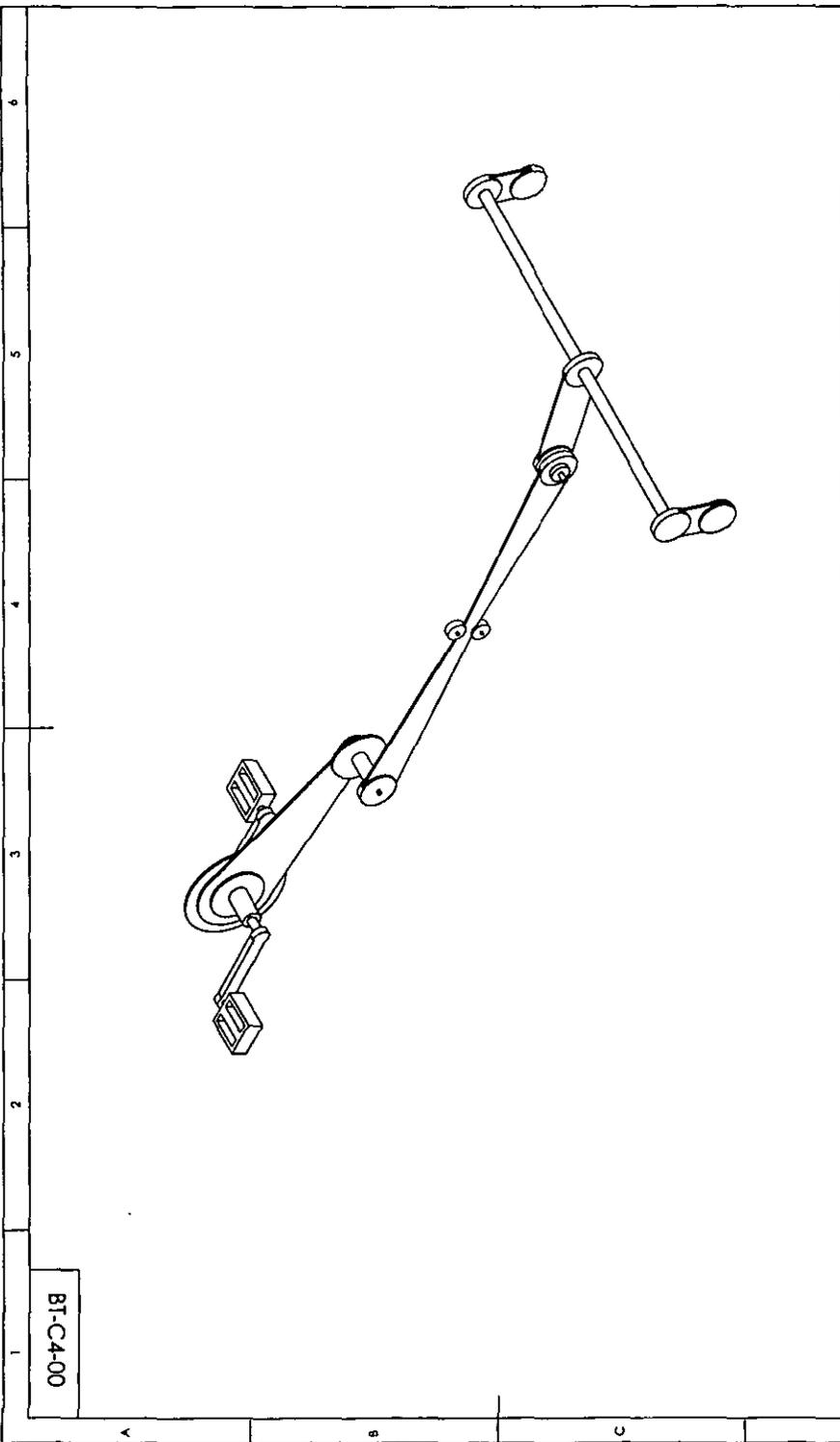
El sistema de tracción es impulsado por el conductor, el cual al estar cómodamente sentado, aplica toda la fuerza con las piernas y se apoya en su espalda para generar el par necesario para impulsar el vehículo. Este es de tracción trasera, por lo que el sistema se divide en tres partes:

1. La primera parte cuenta con unos pedales acoplados a tres estrellas diferentes, que se une a una serie de piñones por medio de una cadena de $\frac{1}{2}$ pulgada de paso. Los piñones son 7 y permiten una diferencia considerable, como diferentes relaciones para el trabajo del vehículo. Esto es de suma importancia, ya que con los piñones pequeños, el conductor tiene una relación que le permite arrancar el vehículo, venciendo la fuerza de inercia que lo hace permanecer parado y por otra parte los piñones más grandes, le dan al conductor la capacidad de alcanzar la velocidad promedio de 18 km/h, con las condiciones de carga máxima. Estos cambios corresponden a siete velocidades diferentes, con relaciones de 1 a cuatro veces, con cambios progresivos que permiten el avance continuo del vehículo.
2. La segunda parte consiste en un sistema adaptado a una masa trasera, que acoplada con la serie de piñones permite transmitir la potencia hacia atrás, en este caso se adaptó un engrane en la sección media de esta pieza, haciendo posible el cambio, llegando así hasta el último sistema que se adapta al eje de tracción.
3. La tercera y última parte, consta de un juego de engranes, donde se acopla el engrane, tiene una barra con dos engranes a los lados, cada uno de ellos puede girar libremente hacia atrás, mas al aplicarles la fuerza hacia delante, estos hacen girar las cadenas que tienen acopladas, que llegan a engranes fijos sobre los ejes de tracción que están acoplados a las llantas traseras, esto permite el movimiento del vehículo. El motivo de este sistema, es el que funcione como diferencial, permitiendo que el vehículo de vueltas sin problemas, ya que los engranes "locos", le dan a las llantas libertad de girar a diferentes velocidades.

Se anexan dos croquis de la transmisión, planos BT-C4-00 y BT-C4-01.

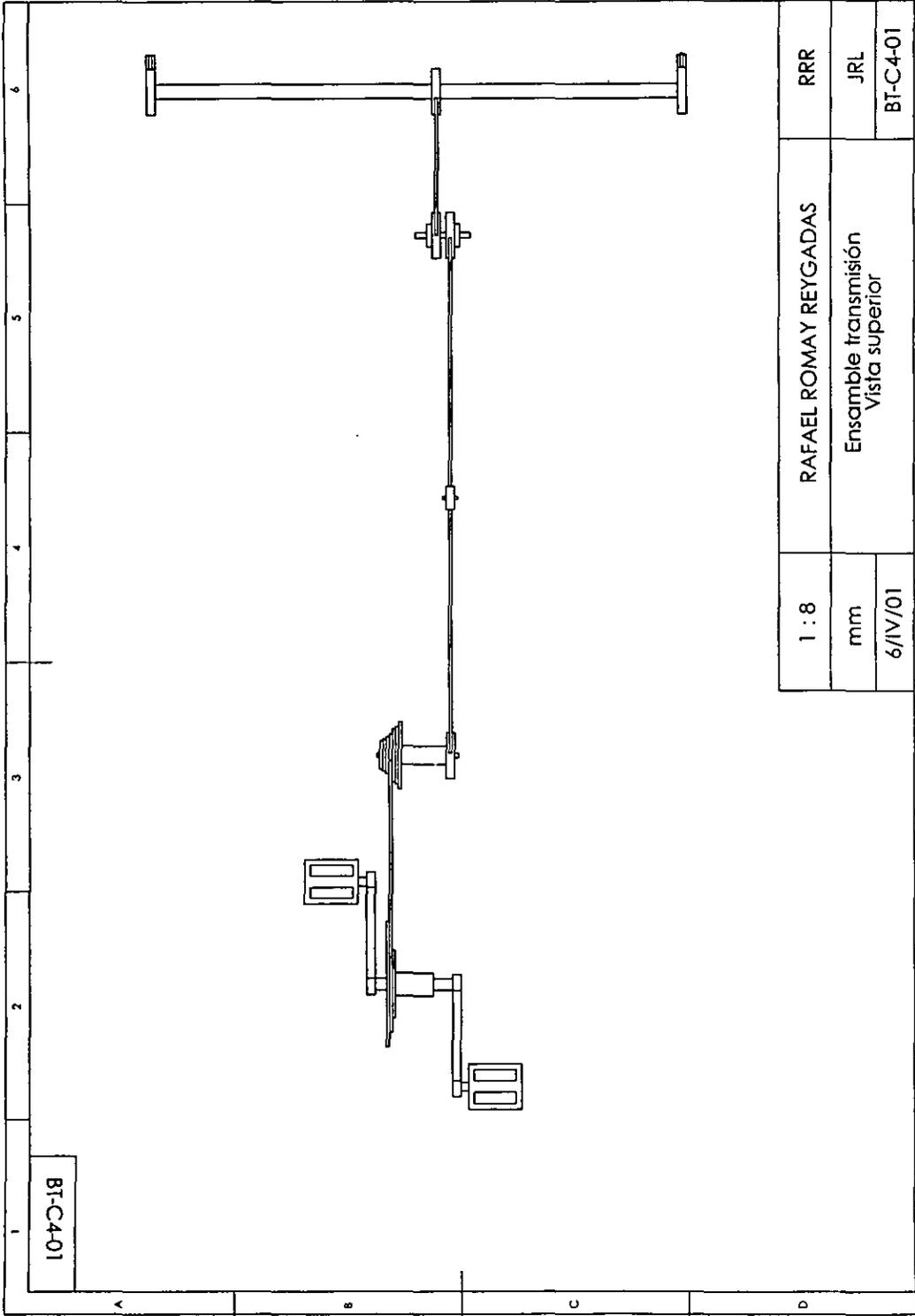
A4 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

Pzs	Nombre	Descripción
1	Desviador delantero	Va en la parte delantera del vehículo, se encarga de cambiar la cadena en las 3 estrellas delanteras.
1	Desviador trasero	Va por debajo del conductor, se encarga de cambiar la cadena en las 7 estrellas
1	Juego de palancas de cambios	Controlan los desviadores, son dos y están acopladas a las palancas de control.
1	Masa trasera	Esta por debajo del conductor, contiene el casete de 7 estrellas y tiene acoplada una estrella para transmitir la potencia hacia atrás.
1	Casete de 7 estrellas	Contiene a las 7 estrellas que van acopladas a la masa.
1	Cadena 1G	Transmite entre las estrellas delanteras y las traseras, esta en continuo movimiento, ya que se permite tener un movimiento y hacer los cambios, por lo que es especial.
4	Cadenas económicas	Dispuestas en los sistemas fijos de la transmisión.
8	Ruedas libres	Dispuestas a lo largo del sistema, para transmitir la potencia y en el caso del eje trasero, funcionan como diferencial.
1	Multiplicador	Contiene las tres estrellas delanteras, las barras y las barras de los pedales.
1	Par de pedales	Transmiten la potencia a los brazos de las estrellas.
1	Par de Tocles	Sujetan los pies del conductor a los pedales.
1	Eje de centros	Permiten que el multiplicador gire.
1	Guía de cadena	Dan dirección y control a la cadena más larga de la transmisión.



BT-C4-00

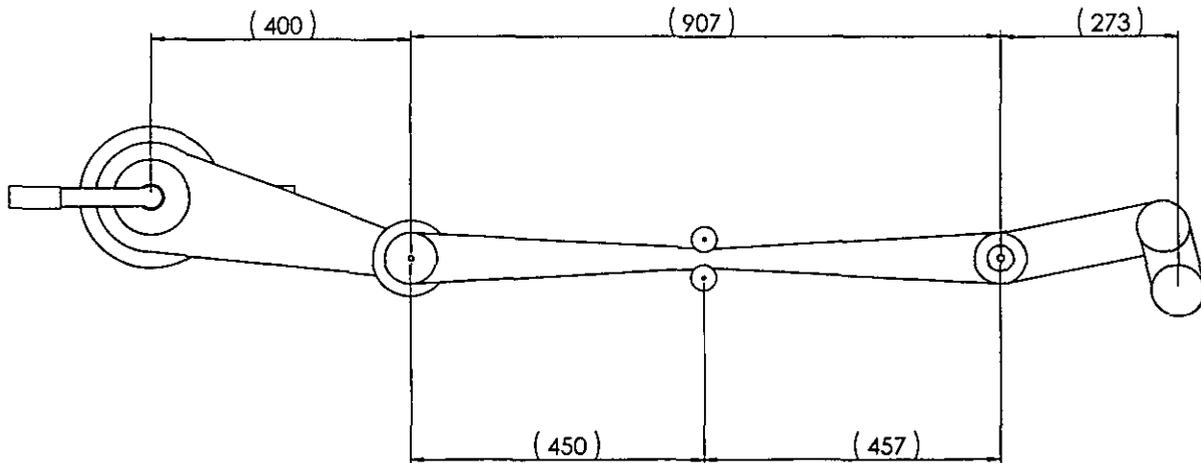
1 : 10	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble Transmision Isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C4-00



BT-C4-01

1 : 8	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble transmisión Vista superior	JRL
6/IV/01		BT-C4-01

BT-C4-03



1 : 8	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble transmisión Vista lateral	JRL
6/IV/01		BT-C4-03

4.2 Frenos

Este sistema se encarga de disminuir gradualmente la velocidad del vehículo cuando esta en movimiento, así como para mantenerlo inmóvil, este debe de ser seguro, rápido y resistente.

Propuesta de frenos

Como se puede ver en la tabla de selección de tipo de frenos, los que se seleccionaron fueron los de tipo "V- Brakes", los cuales trabajan por medio de fricción, al generar una fuerza que se opone al movimiento, a partir de dos elementos que están en movimiento relativo.

El sistema se acciona por medio de una palanca que jala un chicote, que a su vez esta conectado a unas barras en forma de V, que permiten el movimiento relativo de las gomas con el aro de la llanta, generando una presión que pone en fricción a las gomas con el aro de acero, haciendo así que la velocidad de la rueda disminuya y por ende la del vehículo.

Para el vehículo los frenos tienen sistemas independientes para las ruedas delanteras y traseras, los cuales cada uno cuenta con un acoplamiento que sincroniza a cada uno de los sistemas.

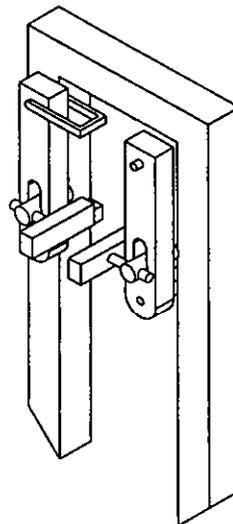
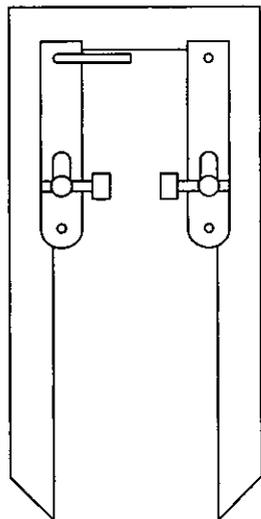
Estos juego de frenos están montados en las tijeras de cada una de las llantas, y los chicotes, van sujetos a lo largo de la estructura, por la cual llegar hasta las palancas de control y las palancas de frenado.

En el plano BT-C4-02 se muestra como esta montado este sistema en una tijera, todos están montados de la misma forma en cada tijera.

B4 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

Pzs	Nombre	Descripción
2	Palancas	Bicipartes que controlan los frenos.
	Chicotes	Transmiten la fuerza a los frenos.
	Cubiertas	Manguera de plástico que cubre los chicotes.
8	Bases de Frenos	Permiten acoplar los frenos a las tijeras.
2	Sincronizadores	Permiten que las llantas de cada uno de los sistemas, delantero y trasero, estén sincronizados.
2	Juegos de V-Brakes	Sistema comercial de bicicleta, que dirige y sostiene las gomas de frenado.

BT-C4-02



1 : 3	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble frenos Vista frontal e isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C4-02

4.3 Conclusiones preliminares cuarto capítulo

La propuesta de la transmisión trasera nos da muchas ventajas, ya que el conductor puede estar sentado en la parte delantera del vehículo, como se vera mas adelante, y tener todo el empuje en la parte trasera. Esta ubicación permite que la carga que se aplica en la parte trasera, evite que las llantas derrapen y así se evite un desgaste prematuro.

La transmisión tiene incorporado un sistema de cambios de velocidades, del mercado de las bicicletas, el cual permite tener diferentes relaciones de transmisión, que permitan tener un arranque suave y posteriormente alcanzar la velocidad crucero de 18 km/h. Al mismo tiempo la distribución de ruedas libres permite que el vehículo cuente con un tipo de diferencial, el cual permita que las ruedas traseras giren a diferentes velocidades, sin perder la capacidad de transmitir potencia.

El sistema de cambio esta incorporado en las palancas de manejo, teniéndolas a la mano para hacer los cambios correspondientes.

En cuanto al sistema de frenado, este esta adaptado a las cuatro ruedas, lo que hace que el vehiculo pueda frenar con mayor eficiencia, teniendo los sistemas trasero y delantero independiente. Esto disminuye la distancia de frenado, así como la estabilidad en el frenado. Al mismo tiempo el desgaste de las llantas se genera en las cuatro, por lo que estas duran más. En comparación de los bicitaxis con calandria, que solamente frena la bicicleta derrapando en una sola rueda, y teniendo un desgaste excesivo.

Los controles de los frenos están adaptados a las palancas de control por lo que el conductor puede manejarlas mientras conduce.

Capitulo V Dirección, Asiento conductor y llantas

La dirección es un sistema importante para cualquier vehículo, por lo que se puso especial atención en este sistema, se describen las bases que determinan la capacidad de movimiento de la dirección y como esta debe de diseñarse. Con lo que después se describe la propuesta y las características de la que se utilizo en este diseño.

En cuanto al asiento del conductor, se habla de las características de la propuesta y las funciones que tiene este sistema, proponiendo una idea nueva y creativa, en cuanto a lo que existe en el mercado nacional.

De la misma forma se aborda el tema de las llantas, con lo cual se describe su función y como estas deben de contar con ciertas características. Así se describe la propuesta del diseñador, con sus ventajas y desventajas, dando las características de estas partes comerciales en la tabla B4.

5.1 Dirección

Este le permite al conductor tener un control en la dirección del vehículo Compuesto de los siguientes subsistemas para el diseño propuesto:

- Ejes de giro con tasas de bicicletas.
- Barras y sistema de compensación Ackerman
- Manijas de control.

Para este sistema se deben considerar los siguientes aspectos:

La compensación Ackerman nos permite que las llantas delanteras, al girar sobre ejes diferentes, tengan ángulos de giro distintos, haciendo que la llanta de adentro del giro tenga un ángulo mayor que la que esta en el lado opuesto, ya que al girar la llanta de adentro describe un arco más pequeño, como se muestra en la figura.

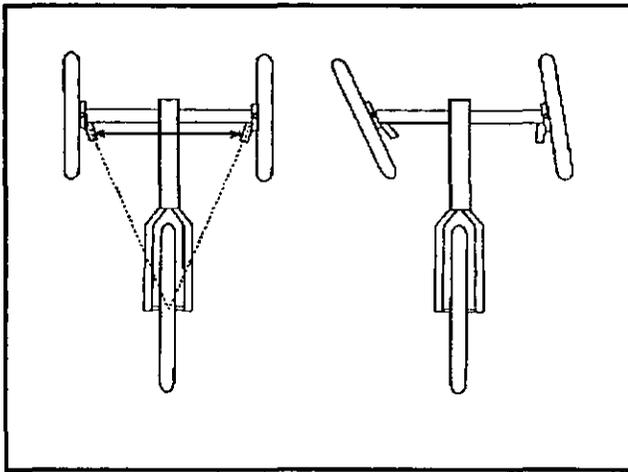


Fig 5.1 Compensación Ackerman

Esta compensación se logra al acoplar unas barras en cada eje de giro, con dirección al eje trasero, el cual define el radio de giro del vehículo, y estas se acoplan para que permitan hacer lo que antes se describió. Este sistema no es exacto, pero para vehículos de baja velocidad es muy adecuado y sencillo en diseño y manufactura.

La estabilidad se define como la tendencia que tienen las ruedas directrices a recuperar la dirección de marcha que es en línea recta. El diseño del vehículo debe tener una tendencia a mantener esta dirección como neutra, sin que el conductor tenga que hacer un gran esfuerzo, mientras que al girar las llantas estas deben tender a esta posición.

El ángulo "Chamber", el cual determina la inclinación de la línea de centro de la llanta con respecto de la vertical, al ver la rueda del vehículo desde el frente. Como se muestra en la figura

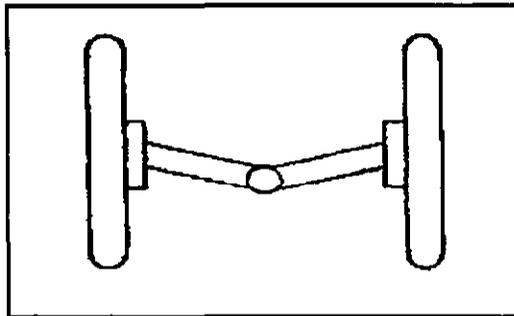


Figura 5.2 "Chamber" neutral

La inclinación del eje de giro o "Kingpin inclination", es un ángulo de estabilidad que ayuda a que la llanta regrese a la posición neutral. Este se mide entre el eje de giro y la base de la llanta, como se muestra en la figura.

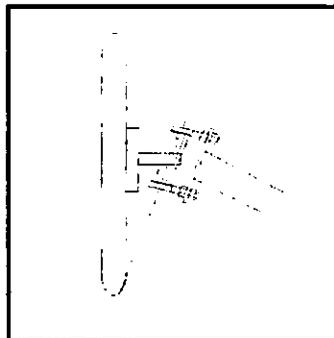


Figura 5.3 Inclinación "Kingpin"

Propuesta

Para la dirección de este vehículo se hacen las siguientes propuestas, las cuales se adaptaron a las condiciones descritas en el primer capítulo.

- Ángulo "Chamber": se considero un ángulo neutral.
- Ángulo de inclinación "Kingpin": se considero de 17° , el cual se deriva de las dimensiones de la llanta.

El control se logra por medio de dos palancas, las cuales están fijas al asiento del vehículo, permitiendo tener cierto giro relativo, con lo que se pueden acomodar a las características del conductor, el punto de giro de estas esta fijo y fue adecuado a las medidas antropomórficas del mexicano, haciendo un análisis entre las diferencias máximas, para encontrar un punto de coincidencia.

Estas palancas tienen un ángulo de giro de 50°, permitiendo en este rango el hacer los giros máximos del vehículo, las palancas están adaptadas a unos chicotes que llegan a una polea, que esta perpendicular al eje de giro de las llantas, ubicada en cada una de ellas. El giro de las palancas y el de las poleas tienen una relación de 1 a 6 lo cual permite tener el control sobre este rango. Las poleas se encuentran fijas al telescopio de las llantas, lo que transmite el movimiento a las tijeras de las ruedas.

Las ruedas están acopladas por medio de un tornillo, que permite el ajuste del sistema, que se encarga de sincronizar el movimiento de las llantas y este esta acoplado a unas barras que definen la compensación ackerman, dándole las características necesarias al sistema, para permitir giros sin tener complicaciones.

A5 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

Pzs	Nombre	Descripción
2	Palancas	Tubos de 15 cm de largo.
2	Coplees	Piezas fundidas en aluminio para unir las palancas y los chicotes de dirección.
2	Tornillos de 3/16 in	Para sujetar los coplees a la base de estos.
2	Rondanas de presión de 3/16 de in	Para los tornillos
2	Tuercas de 3/16	Para los tornillos
	Chicotes	Para los controles de la dirección.
	Cubiertas	Manguera de plástico para cubrir chicotes.
2	Poleas	Torneadas en aluminio y acopladas a eje de giro.
2	Juegos de Tasas	Bicipartes que permiten que la dirección gire.
2	Telescopios	Bicipartes que van acopladas a las tijeras delanteras.
2	Bases de giro	Para las palancas.
8	Solerás de 1 in de ancho y 1/8 in de espesor	Bases para los ejes de las ruedas.
4	Tornillos de 1/4 in	Para sujetar el asiento a la estructura.
	Loneta	Para asiento
2	Puños	Para las palancas de control.

5.2 Asiento conductor

Este sistema determina la posición del conductor, permitiéndole utilizar los controles del vehículo, como son dirección, frenos y cambios de velocidades, así como la aplicación de fuerza en los pedales.

La posición reclinada es ergonómica, así como la posición de pedaleo, teniendo una eficiencia mayor de 25% en comparación con la posición convencional de las bicicletas. Esta posición permite una mejor visibilidad, alcanzando hasta los 360° sin necesidad de un espejo retrovisor.

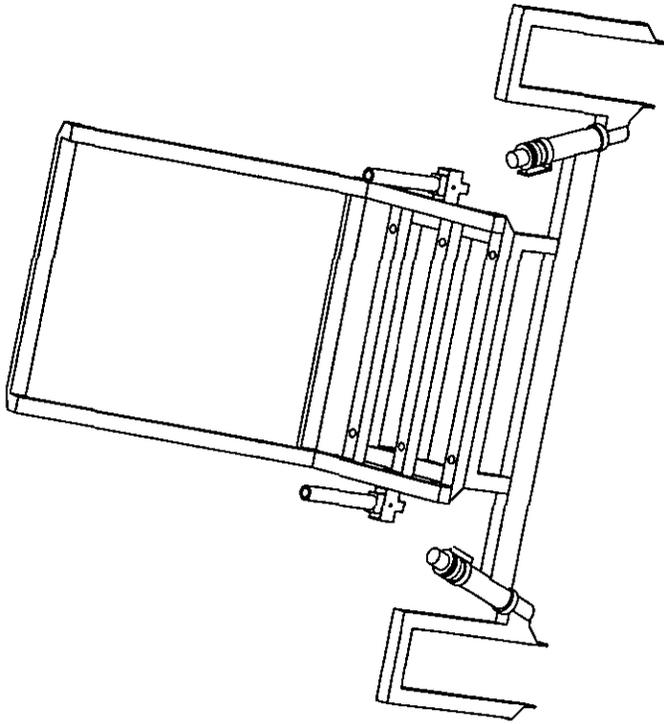
Propuesta

Las características del asiento del conductor son las siguientes:

- Esta fabricado en loneta impermeable.
- Montado sobre una estructura de tubular cuadrado de 25 X 25 mm.
- Base de 30 cm de largo y 40 de ancho.
- Respaldo a 120° de la base, con un largo de 50 cm y el mismo ancho que la base.
- La base tiene unos orificios que permiten tener un movimiento relativo a la estructura para diferentes conductores. Con un recorrido de 15 cm y 3 posiciones diferentes.
- Las palancas de controles se encuentran sujetas al asiento para permitir que se muevan al mismo tiempo.
- El asiento se encuentra 20 cm por encima del eje de pedaleo.

Como se puede observar en el plano BT-C5-00

BT-C5-00



1 : 8

mm

6/IV/01

RAFAEL ROMAY REYGADAS

Ensamble dirección
isométrico

RRR

JRL

BT-C5-00

10-C5-01

(528.35)

(495.51)

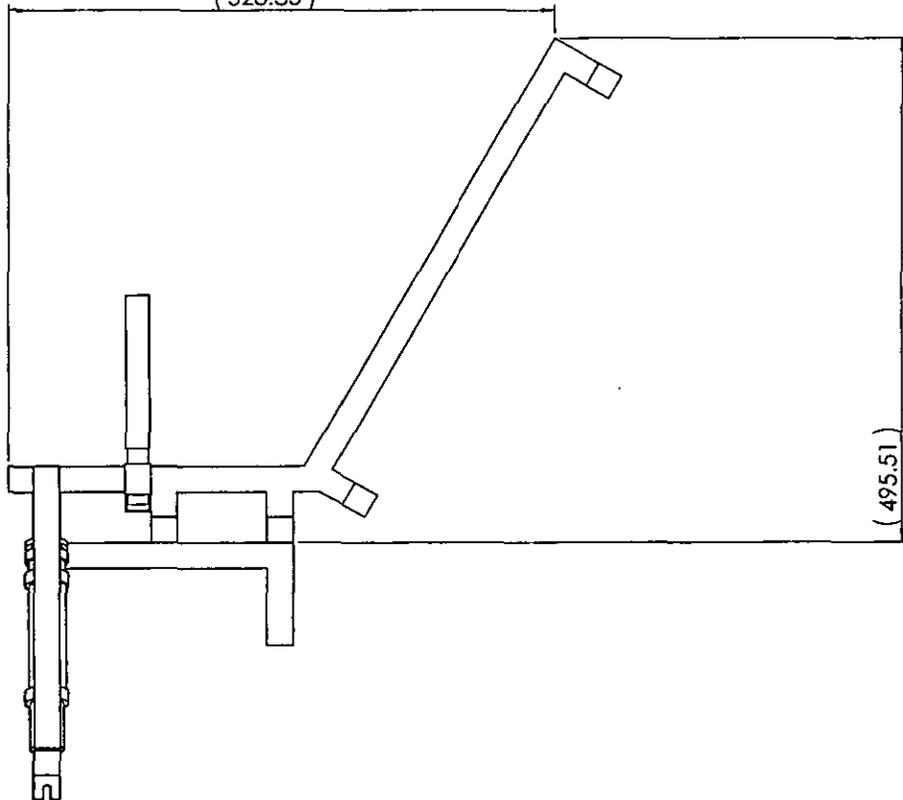
69

A

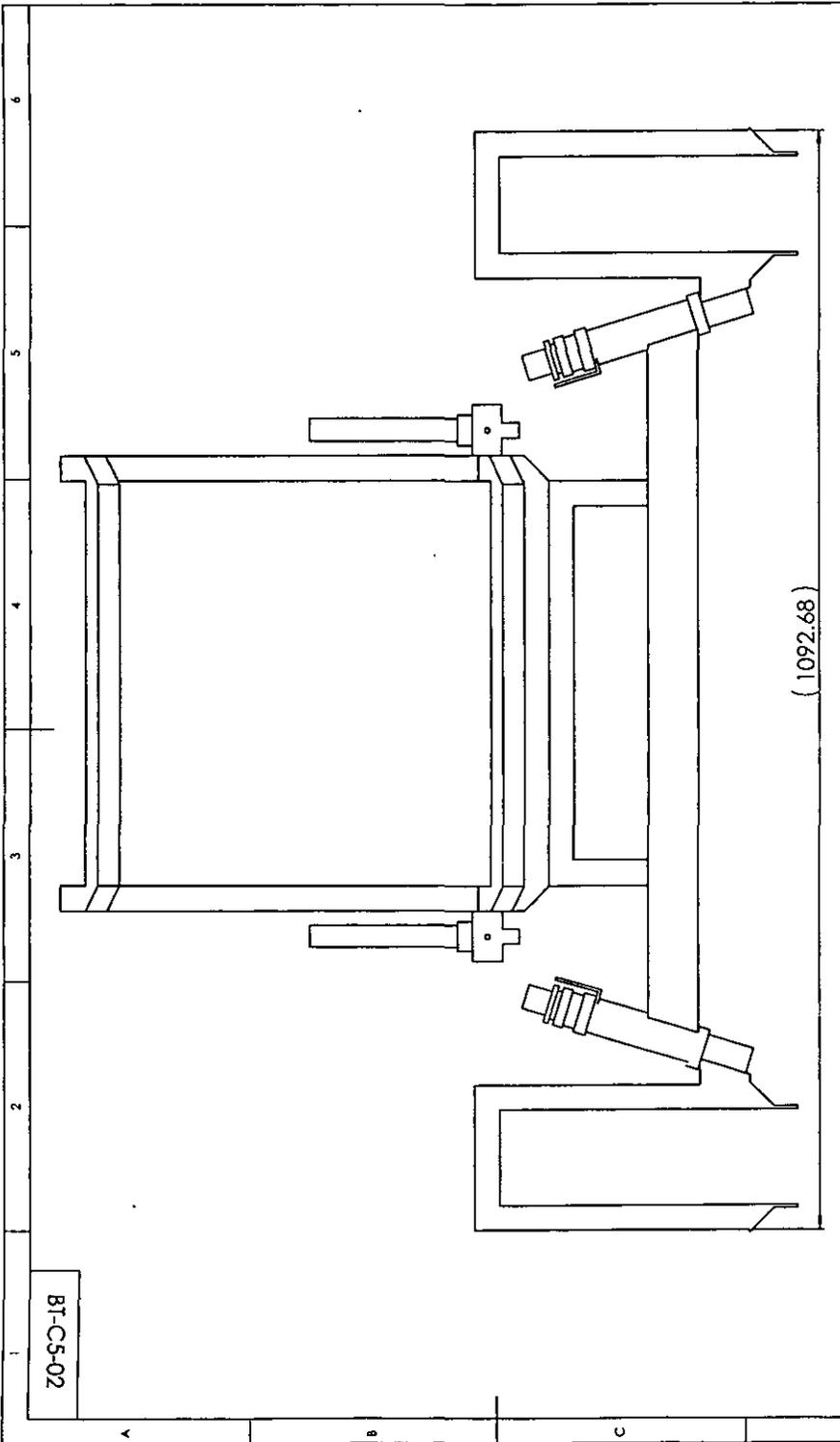
B

C

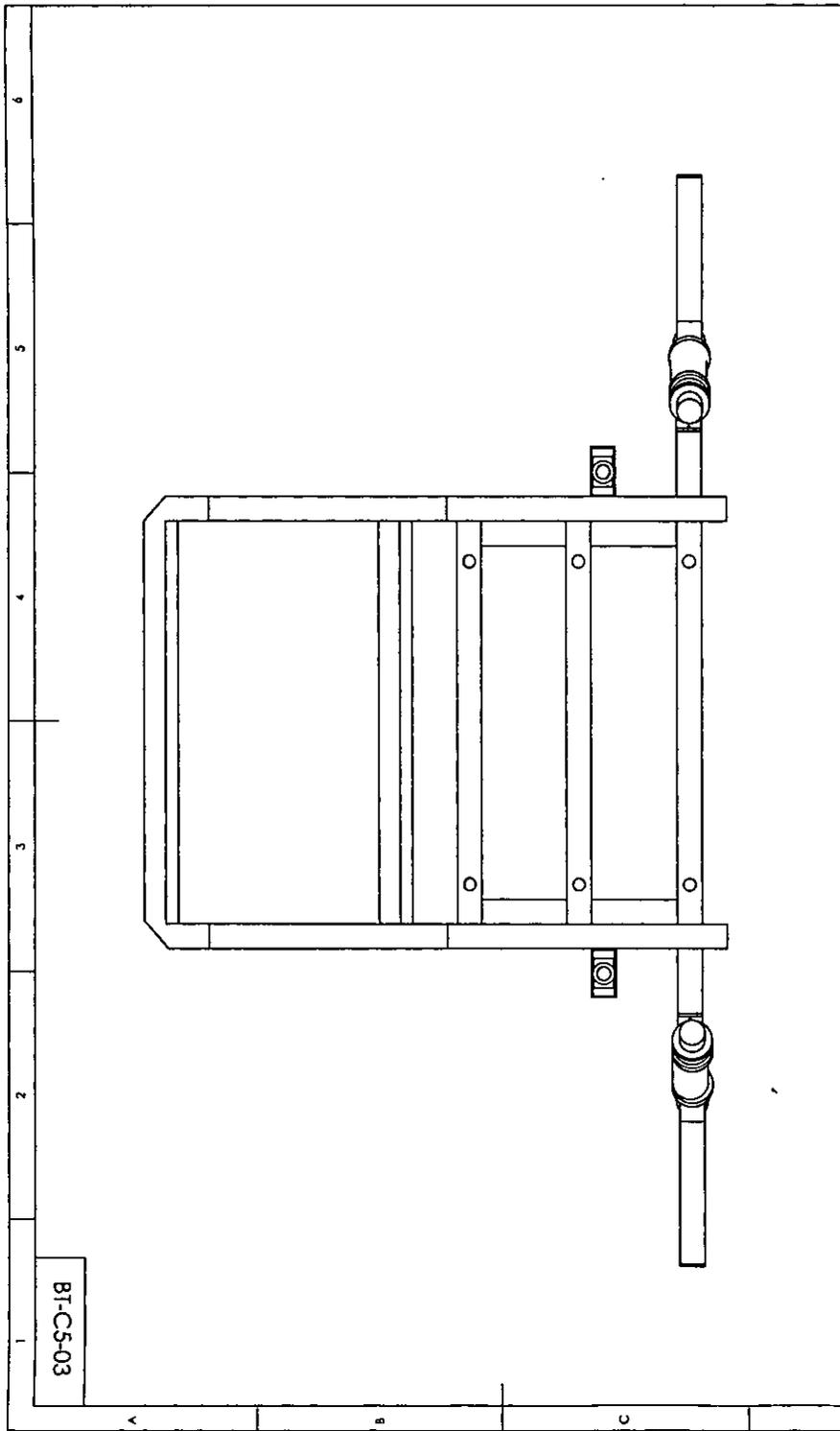
D



1 : 5	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble dirección Vista lateral	JRL
6/IV/01		BT-C5-01



1 : 5	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble dirección Vista frontal	JRL
6/IV/01		BT-C5-02



1 : 5	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Ensamble dirección Vista superior	JRL
6/IV/01		BT-C-5-03

5.3 Llantas

Las llantas, son el punto de reacción con el camino, siendo él ultimo eslabón de los comandos de salida. Se definen por el diámetro o rodada y por el ancho.

Su alineación en conjunto a todo el vehículo es muy importante, ya que de esta depende que el sistema de dirección actúe de manera correcta, así como el garantizar que los rodamientos no tengan un desgaste prematuro.

Otra característica importante a tomar en cuenta, es la presión de las llantas determina la vida útil de estas, por lo que se deben de mantener a la presión propuesta por el fabricante, para evitar que se desgasten prematuramente.

Propuesta

En este vehículo se usan llantas rodada 20, la cual nos da las siguientes características:

Ventajas:

- Mayor estabilidad por tener el centro de gravedad mas abajo.
- Menores cargas laterales en las llantas.
- Menor peso de las llantas y componentes. (Aro, Rayos)

Desventajas:

- Mayor desgaste de llantas
- Los diámetros más pequeños reaccionan más rápido a los baches y topes, causando que se mueva mas rápidamente a lo largo de estos.

El tener cuatro llantas nos da una mayor estabilidad y control de vehículo, como una mejor distribución de las cargas. De la misma forma los frenos en cada una de ellas nos ayuda a que el desgaste se distribuya uniformemente.

Estas son llantas comerciales que se especifican en la tabla siguiente.

B5 Lista de piezas comerciales utilizadas en este sistema

Pzs	Nombre	Descripción
4	Llantas reforzadas	Rodada 20, Carga máxima 75 kg, velocidad máxima 56 km/h, presión 40 lb/in ²
4	Aros de acero	Rodada 20
144	Rayos reforzados	
2	Masas Delanteras	Reforzadas, Mendoza, para 36 rayos.
2	Masas Traseras	Reforzadas, Mendoza, para 36 rayos.

5.4 Conclusiones preliminares del quinto capítulo

En cuanto a la propuesta de la dirección del vehículo, se adaptaron piezas de bicicletas comunes, con ciertas adaptaciones en la distribución y ángulos, pero esta nos permitió hacer el vehículo mas compacto, así como el tener un control mucho más preciso, dándole al conductor todo el control en dos palancas que se ubicaron a una altura y distancia ergonómica, dándole versatilidad a las palancas. La compensación ackerman nos permitirá dar las vueltas sin tener problemas de volcaduras o desgastes desiguales, así como una mejor estabilidad y maniobrabilidad.

En cuanto a la modificación de la posición del conductor, la cual consiste en un asiento tipo silla, donde el conductor se siente mientras recarga su espalda para ejercer la fuerza con todo el cuerpo, lo cual hace que el sistema de transmisión quede a una altura mayor por delante de dicha silla. Esto también tiene un impacto importante en la visión que tiene el conductor, ya que es mucho más amplia y cómoda, permitiendo una interacción con el medio que lo rodea, haciendo que el conductor pueda interactuar y observar todo lo que pasa a su alrededor.

De la modificación anterior se deriva que el vehículo sea de cuatro ruedas, ya que esto permite hacer la modificación de la longitud, permitiendo que el conductor se ubique sobre las llantas delanteras. Inclusive esto se suma a la potencialidad de un cuadríciclo, ya que este proporciona una mayor estabilidad y distribución de carga en la estructura, haciendo que el vehículo se vuelva mas seguro. La distribución de estas en la estructura asegura que el vehículo tampoco tienda a levantarse cuando la carga sea máxima, ni tampoco si el conductor abandona su posición, lo cual sucede en los modelos actuales de los bicitaxis.

Para hacer del vehículo más estable, la rodada de las llantas es más pequeña, pasando de 26" a 20", lo que hace que el centro de gravedad se mantenga mas cerca del piso. Esto también hace más accesible el paso para abordar el vehículo. Este cambio en dimensiones determina la estabilidad del vehículo y el cambio del centro de gravedad.

Capitulo VI Carrocería, Tarima y Capota

La carrocería es un componente que determina la apariencia del vehículo, ya que se encarga de darle cuerpo y un aspecto agradable, por lo que fue necesario definir sus características y así determinar el proceso de fabricación de la fibra de vidrio, contactando a proveedores, de los cuales se obtuvieron manuales y presupuesto del material necesario, lo cual se incluye para dar una idea general de la manufactura de este sistema. De la misma forma se consideraron dimensiones ergonómicas para darle las características de confort necesarias, sin dejar a un lado la norma que marca algunas consideraciones.

Para la tarima se hace una propuesta que cumple con las especificaciones de diseño y con la norma, dando un sistema sencillo y sobretodo de un costo adecuado, el cual le da una apariencia innovadora al diseño.

Al final del capitulo se habla de la capota y sus características de la cual se dan las dimensiones y sus funciones, dándole al vehículo una apariencia moderna y cubriendo al pasaje de las inclemencias del tiempo.

6.1 Carrocería

La carrocería, es el elemento que se encarga de darle cuerpo al vehículo, teniendo los siguientes subsistemas:

- Asiento de pasajeros.
- Salpicaderas traseras.
- Compartimento para cosas del conductor.

Este sistema en nuestro caso particular, se fabricara en fibra de vidrio, lo cual se puede ver en la tabla de selección de carrocería.

Propuesta

Debido a que el costo y tiempo necesario para fabricar una pieza de fibra de vidrio son elevados, la propuesta solo se considerara las geometrias, materiales y costos que refieren a esto, así como algunas consideraciones que se hicieron, para este.

Después de que se realizo una investigación de mercado, el proveedor de la materia prima cotizo el molde para la carrocería en \$ 6000, lo cual incluiría todo el material necesario para su fabricación y nos permitirá hacer todas las piezas deseadas.

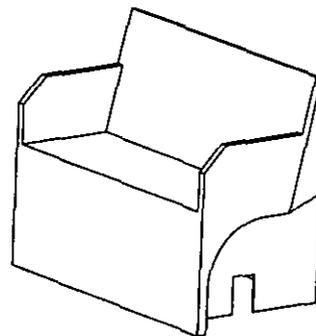
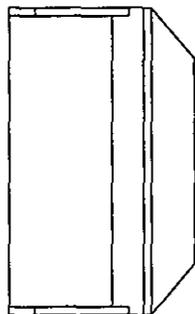
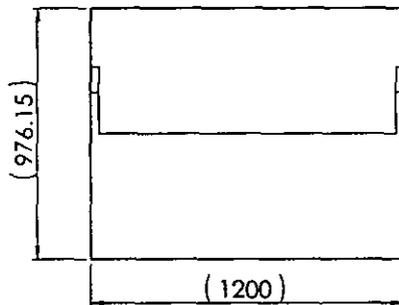
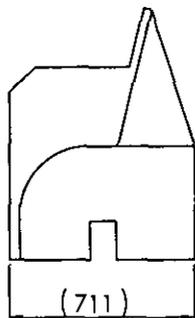
De la misma forma se cotizo que la pieza terminada tendría un costo de aproximadamente \$800 pesos, lo cual nos da un parámetro adecuado en cuanto al costo de este sistema.

Lista de Material

- Resina 33072
- Catalizador D-300
- Octoato de cobalto
- Thinner estandar
- Carbonato de calcio y Talco industrial
- Monomero de Estireno
- Petatillo 600 grs.
- Coremat 2 mm y de 4 mm
- Gel coat blanco y negro
- Pelicula Separadora

A continuación se incluye el plano de la pieza a realizar, el cual es el BT-C7-00. Toda la carrocería consta de tres capas de fibra de vidrio con la resina correspondiente, lo cual le da a esta la resistencia suficiente para resistir las carga que genera el pasaje. Las dimensiones que se utilizaron para la carrocería cumplen con los limites que estipula la norma, a lo cual restaría involucrarle un poco de diseño industrial, para quitar la apariencia tan cuadrada y darle una apariencia más innovadora.

BT-C7-00



1 : 20	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Carrosería de fibra de vidrio 3 vistas e isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C7-00

6.2 Tarima

La tarima constituye la zona de tránsito del vehículo, la cual se fabrica en lamina de acero antiderrapante, lo cual permite que esta este fija a la estructura, además que la resistencia y dureza le permiten tener una vida útil larga.

En el plano BT-C7-01 se muestran las vistas de esta pieza, así como el isométrico, dándonos una idea de este componente.

6.3 Capota

La capota se encarga de proteger a los pasajeros de las posibles inclemencias del tiempo: sol extremo o lluvia. Esta compuesto de un material que impida el paso de estos elementos. Sostenido por una estructura rígida.

Propuesta.

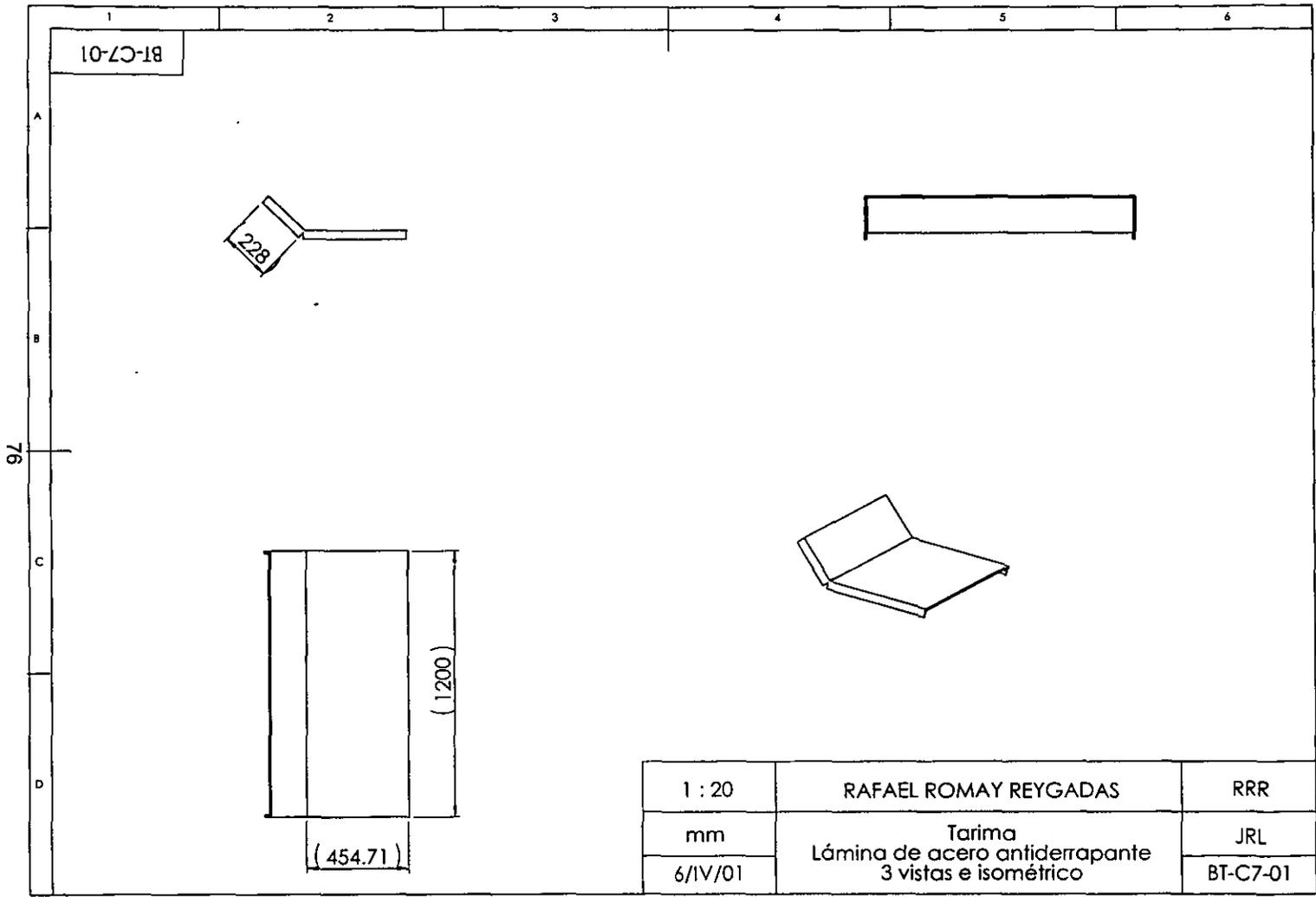
Este sistema como se vio en la definición de sistemas debe de ser abatible y tener el menor peso posible, por lo que la propuesta consiste en lo siguiente:

- Fabricado en loneta, con una sección de vinyl transparente.
- Estructura abatible de poco peso.

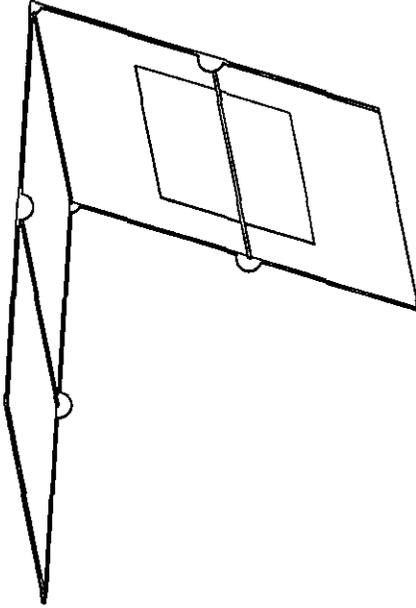
La estructura abatible, debe de darle a la capota la rigidez necesaria para soportar la carga y las fuerzas generadas por el aire que genera una fuerza que se opone al movimiento, ya que el sistema en conjunto debe de ser liviano, la parte de la estructura solo se encarga de darle forma a la capota.

La capota se fabricara en loneta y la resistencia dependerá de una serie de tensores que estarán cosidos a dicha pieza, la cual se unirán a la carrocería y le darán la resistencia suficiente al sistema.

En los planos BT-C7-02 y BT-C7-03 se pueden observar los croquis de este sistema.



1 : 20	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Tarima Lámina de acero antiderrapante	JRL
6/IV/01	3 vistas e isométrico	BT-C7-01



BT-C7-02

6

5

4

3

2

1

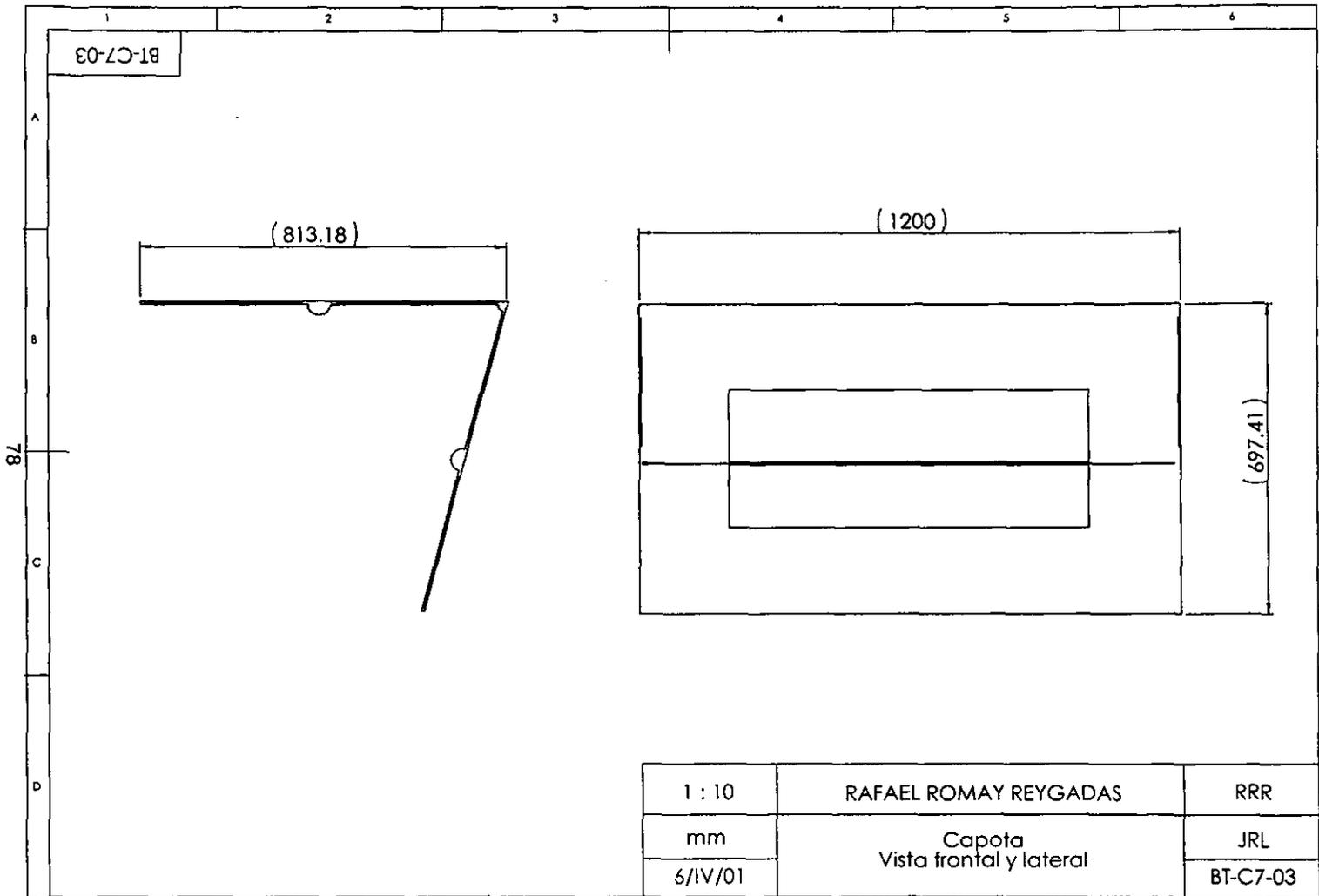
y

z

x

o

1 : 5	RAFAEL ROMAY REYGADAS	RRR
mm	Capota Isométrico	JRL
6/IV/01		BT-C7-02



6.4 Conclusiones del sexto capítulo.

La carrocería esta fabricada en fibra de vidrio, lo que asegura su resistencia, durabilidad y bajo peso en función de las otras características. El espacio de los pasajeros también contara con las características necesarias para garantizar le mayor comodidad y espacio necesario para transportar dos adultos en las mejores condiciones e inclusive si es necesario a un niño. Este diseño se determino por medio de las medidas ergonómicas necesarias que necesita una persona para estar cómoda.

En cuanto a la tarima, la fabricación de esta en lamina de acero y fija a la estructura nos da las características necesarias para soportar las condiciones de trabajo, a esta se le deberá dar un acabado con un primer transparente, lo que evite que esta se oxide. La textura de esta pieza evitara que el pasaje resbale o en caso de llevar algún paquete sobre de esta, este se mantendrá en su lugar. De la misma forma la geometría de la tarima, el pliegue que esta al final, sirve para contener los paquetes que se pongan sobre esta.

La capota tiene características peculiares, ya que solo esta soportada en una estructura sencilla, y esta sujeta por tensores, lo cual le da la rigidez necesaria para soportar las condiciones de trabajo, mientras la hace un componente ligero y sobre todo abatible, lo que hace que el vehículo ocupe un espacio muy pequeño al doblar la capota. La parte transparente de la capota, da cierta visibilidad al conductor y al pasaje, haciendo que el viaje sea cómodo y no se entorpezca por las condiciones climáticas, como puede ser el sol excesivo o la lluvia.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Capítulo VII Análisis de costos y Aportaciones a futuro

Este capítulo hace referencia al análisis de costos de los materiales que se requieren para la fabricación del vehículo, así como una extrapolación del costo que tendría en el mercado. Al mismo tiempo se hace una comparación con dos vehículos, el que cubre el mercado nacional y otro que cubre un mercado internacional, dando las diferencias y características generales de los tres, basando las comparaciones en el costo y peso del vehículo, sin dejar a un lado las características de cada uno de ellos.

Las aportaciones a futuro nos marcan la continuación del proyecto, donde la fabricación y los análisis más minuciosos de los sistemas permitan que se genere una evolución en este campo y más aun a nivel nacional.

7.1 Análisis de costos

A continuación se presenta una tabla donde se incluyen los costos de los diferentes materiales que se requieren para fabricar el prototipo, al mismo tiempo se incluye un peso aproximado de cada uno de los sistemas y el porcentaje que representa cada uno de ellos.

Esta se desprendió del análisis y adquisición de todos los materiales necesarios para la fabricación del prototipo, dándonos un punto de vista cuantitativo que nos permite analizar las características del prototipo.

Tabla A7

Sistema	Costo [\$]	Porcentaje costo [%]	Peso [kg]	Porcentaje peso [%]
Bicipartes	2200	40	20	20
Suspensión	1200	21	8	8
Perfiles	550	10	40	40
Uniones	550	10	12	12
Fibra de vidrio	800	15	15	15
Capota	200	4	5	5
Total	5500	100	100	100

Como observamos en la tabla el costo de los materiales y piezas necesarias es tanto como \$5500, lo cual representa el costo de la materia prima y son costos de menudeo, por lo que la fabricación de un lote grande nos podría disminuir este costo al menos un 10%.

Al costo anterior se deberán sumar los costos de manufactura y las ganancias, teniendo como resultado el costo de venta del producto terminado. Considerando que el costo de manufactura fuera igual al costo de la materia prima hablaríamos de \$11000 y considerando una ganancia del 40% tendríamos que el costo en el mercado aproximado sería de \$15,000.00, dándonos un parámetro para hacer la siguiente tabla.

Ahora se describirá por medio de una tabla algunos datos obtenidos de la investigación de mercado, donde se incluyen los costos y pesos de dos vehículos similares que se encuentran en el mercado nacional y en el extranjero respectivamente, siendo parámetros de comparación importantes.

Tabla B7

Vehículo	Lugar de fabricación	Costo [\$]	Costo [%]	Peso [kg]	Peso [%]
Cuadriciclo	Alemania	30,000	200	75	-25
Bicitaxi	México	3,500	25	90	- 10
Prototipo	F.I.	15,000	100	100	100

De la tabla B7, podemos hacer las siguientes comparaciones:

Primero con el cuadriciclo alemán.

- El precio de este representa el doble del prototipo.
- El peso de este es 25% menor al del prototipo.
- Las características de ambos vehículos son similares, contando ambos con los mismos sistemas, pero el extranjero está fabricado en materiales ultraligeros y ultra-resistentes, lo que justifica la diferencia del costo y del peso.

Segundo con el bicitaxi mexicano.

- El precio de este representa un 25% del costo del prototipo.
- El peso de este solo es 10% menor al del prototipo.
- Las características del bicitaxi actual no son comparables, ya que este solo tiene los sistemas básicos para permitir el movimiento del vehículo, sin tener las características del prototipo, lo cual justifica la diferencia de precio y el aumento en peso.

7.2 Aportaciones a Futuro

Para estos vehículos también se incluirá la propuesta que el conductor cuente con algunas características básicas, teniendo que cumplirlas para hacerse acreedor a una licencia especial para estos vehículos, teniendo que renovarla periódicamente. Algunos de los puntos que deberá cumplir son los siguientes:

- Contar con licencia de manejo, la cual asegura el conocimiento básico de las leyes de tránsito.
- Tener una condición física básica.
- Tener un trato amable y brindarle atención al cliente.
- Ser capaz de manejar dinero.
- Estar dispuesto a conocer la zona así como un poco de su historia.
- Mantener el vehículo en buenas condiciones.

Las propuestas anteriores son viables en el entendido que estos vehículos pueden tener una gran demanda y distribución en México, haciendo de este servicio un proyecto rentable para inversión y adaptación a la vida social. Esto bajo la premisa que es un servicio de transportación para residentes o en dado caso para turistas que quieran conocer el lugar.

Para su tránsito cotidiano es necesario incluirle un sistema de reflejantes, que permita a los demás conductores ver la presencia del vehículo, así como la posibilidad de dar vueltas o frenar, cumpliendo así con un par de normas básicas de tránsito. Para esto se incluirá algún tipo de batería muy pequeña que pueda cumplir dicha función.

8.1 Conclusiones

Para concluir el presente documento podemos decir que el diseño es una actividad creativa, apoyado en leyes y teorías que permiten tener una opción viable. Esta actividad no debe dejar de lado las diferentes opciones que existen en el mercado, así como apegarse a las especificaciones que se tienen, obteniendo una solución que puede ser óptima, aunque no la única. De la misma forma se relaciona de una manera estrecha lo que es la práctica y la teoría, ya que el mercado nos ofrece opciones y medidas nominales, las cuales el diseñador debe conocer y explotar, para generar un buen diseño.

Por otra parte se tuvo un avance progresivo, en el cual cada una de las propuestas se desarrolló sobre conceptos que se cubrieron en diferentes cursos a lo largo de la carrera, extrapolando en algunos puntos la información existente. Esto permitió tener un orden y control que facilitó la toma de decisiones y la corrección de algunos errores que se habían cometido.

Basado en todo el trabajo podemos decir que el prototipo tiene muchas ventajas para poder atacar el mercado nacional y satisfacer una necesidad latente que existe, tomando en cuenta las siguientes ventajas:

- Cuenta con suspensión trasera, que le da a los pasajeros una sensación de confort y seguridad, mientras que esto disipa la energía que se genera por las imperfecciones del camino haciendo que los impactos no se transmitan directamente al vehículo.
- La estructura está diseñada sobre un análisis de fuerzas y un factor de seguridad, apegado a la norma, lo que asegura una resistencia suficiente para las condiciones de trabajo, asegurando que el vehículo no se colapse o tenga algún problema de fractura.
- La transmisión permite que el conductor aumente más del 25% su eficiencia, mientras que cuenta con 21 cambios de velocidades que puede controlar sin contratiempos, además la adaptación del diferencial evita que el vehículo pueda volcarse.
- Los frenos en las cuatro llantas y la sincronización en cada una de las secciones (delanteros y traseros), aseguran un frenado controlado, mientras el desgaste de las llantas se distribuye uniformemente, sin tener un desgaste prematuro de alguna de las llantas. Además controlado por el conductor desde palancas que tiene en los controles.
- La dirección es suave y con una maniobrabilidad eficiente, además de contar con una autoalineación, que asegura que el vehículo mantenga la dirección. Utilizando un sistema de palancas innovador, que se adecuan ergonómicamente a las características del conductor.
- El asiento del conductor le permite ir cómodamente recargado y ejerciendo la fuerza con todo su cuerpo, por lo que no se lastima la espalda y puede ejercer mejor la fuerza. Mas aun tiene una visibilidad completa del camino y este sistema tiene tres posiciones para adaptarse fácilmente a diferentes conductores.
- El cambio en el tamaño de las llantas, permiten tener un viaje mas seguro, ya que esto hace más estable el vehículo, al bajar el centro de gravedad, manteniendo unas condiciones de viaje adecuadas.

- La carrocería en fibra de vidrio da una apariencia moderna, mientras que es resistente y durable, mientras se hace uso de materiales nuevos que son más versátiles.
- La tarima de lamina de acero antiderrapante y su geometría, aseguran que el pasaje y su equipaje no se resbalen, dando las condiciones de seguridad necesarias para este elemento.
- La capota abatible, les brinda a los pasajeros una protección contra las inclemencias del tiempo, mientras que les permite observar todo el entorno, brindándoles un paseo agradable y confortable.

Por otra parte es importante resaltar que se tomaron en cuenta todas las normas que existen en cuanto a estos vehículos, por lo que el diseño es funcional y puede incluirse en el mercado sin complicaciones, teniendo la confianza de que no va verse afectado por las condiciones de trabajo.

Así mismo podemos hablar de los materiales que se utilizaron, ya que el tubular Zintro y la fibra de vidrio, le dan al vehículo características excepcionales en resistencia, duración y apariencia, por lo que el mantenimiento del vehículo no es muy caro y sus características no decremantan con el tiempo.

La propuesta que se hace del prototipo es un primer acercamiento a este tipo de vehículo, y algunos de los sistemas no tienen las características optimas, pero si cumplen satisfactoriamente su función. Ya que el diseño de un vehículo como este representa un trabajo extenso y una especialización en el campo, lo que hace posible la búsqueda de los sistemas óptimos. Esto también nos demostró que los avances tecnológicos están ligados a un costo, el cual debe de estar bien justificado.

En cuanto a la viabilidad de este proyecto, podemos decir que es grande, ya que los conductores, usuarios y las autoridades correspondientes, están conscientes de las deficiencias de los vehículos que actualmente circular por algunos sitios de la Ciudad de México e inclusive están buscando una reglamentación y alineamiento de estos. Lo cual se podría garantizar con el prototipo que se diseño, siguiendo adelante con la puesta en marcha de un programa de reglamentación y control de estos vehículos, la cual hasta la fecha no han podido lograr el gobierno.

Aunado a lo anterior, un censo que se realizó en 1999, mostró que existían mas de 4000 vehículos de este tipo distribuidos en las diferentes delegaciones políticas de la capital, mientras que otros estados y zonas aledañas al D.F., cuentan con este tipo de transporte, por lo que estamos hablando de un mercado muy grande que debe de atacarse y reestructurarse. Es ahí donde el prototipo propuesto podría tener in papel importante, siendo la demanda un factor que inclusive podría disminuir los precios de fabricación y hacerlo más accesible.

Como se puede observar en el apartado de análisis de costos, el prototipo tiene un costo mayor y un peso mayor del propuesto e inclusive de los vehículos actuales, lo cual se deriva de todos los sistemas innovadores que lo componen, así como de un vehículo seguro y confortable que se adecua a las necesidades, cumpliendo con las normas que rigen este tipo de transporte. Lo cual se justifica, ya que el vehículo cumple con las especificaciones establecidas y permite que tanto el conductor como el pasaje disfruten de un viaje cómodo, seguro y contando con características superiores a los que actualmente se encuentran en el mercado nacional.

En cuanto al diseño que se hizo, fue muy claro que la teoría debe de acercarse a la practica y a los recursos que hay en el mercado, ya que en este caso es importante el costo final del prototipo, es tarea del ingeniero el conocer las piezas que hay en el mercado, así como las medidas nominales, las propiedades y las características, ya que esto es de suma importancia para poder hacer una propuesta viable.

Retomando la hipótesis que se planteo en un principio, se puede decir que es posible tener un bicitaxi que presente seguridad, confort y eficiencia, con la tecnología existente, aplicando los conocimientos de la ingeniería, sin embargo esto tiene un costo y debe de cubrirse de alguna forma, lo cual se puede ver en función de la diferencia que existe entre el prototipo y el modelo actual que cubre el mercado nacional. Ya que el prototipo es una propuesta que debe de evolucionar y no pretende ser el diseño optimo, pero el costo de un vehículo con las características planteadas no diferirá mucho de la propuesta.

Con todo lo anterior se puede concluir que es labor del ingeniero el mantener su mente abierta a nuevas opciones que cubran necesidades latentes, adaptando y haciendo todas las consideraciones pertinentes para poder aportar a la sociedad opciones que hagan mas sencilla la permanencia en el mundo, sin dejar de lado el impacto social y ambiental que puedan tener sus propuestas.

Anexo I
Tabla de dimensiones generales

Descripción de pieza	Medidas de la norma [mm]	Medidas escogidas [mm]
Asiento de pasajeros		
• Ancho	450-600	550
• Altura	380-430	500
• Profundidad	380-450	400
• Angulo	4° -15°	10°
Respaldo de pasajeros		
• Altura	400 MIN	500
• Ancho	450	550
• Angulo	90°-95°	95°
Descansa brazos		
• Altura	-----	570
Asiento conductor		
• Ancho	-----	400
• Altura	-----	150
• Profundidad	-----	300
• Angulo	-----	0°
Respaldo de conductor		
• Altura	-----	500
• Ancho	-----	400
• Angulo	-----	120°
Ancho total máximo	1200	1200
Largo total	-----	2200
Altura total	-----	2000
Altura del piso a la estructura	350 max	260
Defensa trasera		
• Altura	350	350
• Distancia a ocupantes	200 MIN	200
Rodada llantas	-----	20 pulg.

Anexo II
Lista de bici partes necesarias

No. de piezas	Nombre	Descripción
4	Llantas Reforzadas	Dimensiones 20 x 2.150 x 2 1/4 Rodada 20 in Con Cámara Marca Tornel Carga máxima de 75 kg. Velocidad máxima 56 km/h Presión 40 lb/in ²
4	Rines de acero	Rodada 20 in Para 36 rayos
144	Rayos reforzados	Para llanta 20 in Reforzados
2	Masas Delanteras Reforzadas	Marca Mendoza Para 36 rayos Reforzada
2	Masas Traseras Reforzadas	Marca Mendoza Para 36 rayos Reforzada
2 juegos	Frenos	V-Brake
1	Desviador Delantero	Marca Acera Shimano Jalón hacia abajo Para multiplicador de 3 estrellas
1	Desviador Trasero	Marca Altus Shimano Para 8 pasos
1 juego	Palancas de Cambios y Frenos	Marca Alivio Shimano Para V-Brakes 24 velocidades
1	Masa Trasera	Marca Altus Shimano Para 7 velocidades
2 juegos	Tasas	
1	Casete de Sprockets traseros	Marca Shimano 7 velocidades relación de dientes de 28-11
1	Cadena	Marca Shimano IG
4	Cadenas	Económicas 114 Eslabones
10	Ruedas libres	16 dientes
1	Multiplicador	Marca Shimano Dual Altus 3 estrellas
1	Eje de centros	Marca Shimano Altus Sellado

Bibliografía

Textos Consultados

- Orthwein C. William; Diseño de componentes de Maquinas
Primera Edición, CECSA, México 1996
- Charlotheaux M. ; Suspensión y Dirección. Serie técnica del automóvil
Traducción de Miguel Vallmitjana, Boixareu Editores, Barcelona 1979
- Herbert E. Ellinger, Richard B. Hathaway ; Automotive Suspension, Steering and Brakes. Prentice Hall inc, 1980
- Szczepaniak Cezar, Aragon Marres Rigoberto; Fundamentos de diseño del automóvil. CECSA
- Andrea M.H.P, Trottete; Chasis. Técnica del Automóvil
Boixareu Editores, Barcelona 1979
- Norton L. Robert; Diseño de Maquinaria
Mc Graw-Hill, México 1992
- Giles J. G.; Steering, Suspension and Tyres
London Oloffe Books LTD, London 1968
- Shingley E. Joseph; Mechanical Engineering Design
Mc Graw-Hill, Sydney 1972, Segunda edición
- Dul J, Weerd Meester B; Ergonomics for beginners
Taylos & Francis, London 1991
- Osborne David J; Ergonomía en acción
Editorial Trillas, México 1987
- Beer & Jonston; Mecánica de Materiales
Mc Graw- Hill, 1982
- Eugenio Peschard; Resistencia de Materiales
UNAM, México 1963

Direcciones de Internet

- Ping.be/citygogo/epcem.htm
- bikeculture.com/bikeculture
- audicoupe.demon.co.uk
- ihpva.com
- bicycleweb.com
- monroe.com/rrsusp.htm
- petereland.freeserve.co.uk/steering.html
- rqriley.com/suspensn.html
- uct.ac.za/depts/psychology/bok/steer.html