

86



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL CHASIS DE UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA MECÁNICA PRESENTA EL ALUMNO:

MIGUEL ÁNGEL VILLALPANDO CASTILLO

239210

M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ
DIRECTOR DE TESIS

CIUDAD UNIVERSITARIA

FEBRERO 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 mi madre, porque siempre confió en mi
A mi padre por todo su apoyo y comprensión
y a Toño por su valiosa ayuda

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
CAPÍTULO I El vehículo eléctrico	6
1.1 Comparación de un vehículo eléctrico con uno de combustión interna	7
1.1.1 Ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos	9
1.2 Sistemas que forman parte de un vehículo eléctrico	11
1.2.1 El bastidor	12
1.2.2 La suspensión	13
1.2.3 Frenos	14
1.2.4 La dirección	16
1.2.5 La Transmisión	18
1.2.6 Baterías	19
1.2.7 Motores	24
1.3 Seguridad	25
1.4 Vehículos Híbridos	28
1.5 El futuro del vehículo eléctrico	27
CAPÍTULO II Planteamiento del problema	29
2.1 Objetivo del trabajo de tesis	31
CAPÍTULO III Diseño de configuración	33
3.1 Primera evaluación de configuraciones	33
3.2 Segunda evaluación de configuraciones	44
3.3 Observaciones de las configuraciones	46

CAPÍTULO IV Diseño de detalle	52
4.1 Soldadura por resistencia	59
4.1.1 Soldadura por puntos	59
4.1.2 Soldadura por rodamiento	60
4.2 Puntos de unión de piezas de los tres grupos	63
CAPÍTULO V Cálculos	67
CAPÍTULO VI Conclusiones	75
APÉNDICE	
Apéndice A	76
Apéndice B	90
Apéndice C	96
Apéndice D	119
Apéndice E	122
REFERENCIAS	123

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El trabajo a realizar será el diseño del chasis para un *vehículo eléctrico biplaza* para ello es necesario apoyarse en los pasos que marca el diseño mecánico para la elaboración de proyectos y que para este proyecto es necesario tener varios puntos, desde que es un vehículo eléctrico, planteamiento del problema, diseño de configuración y finalmente diseño de detalle; en cuanto al diseño conceptual este no se considera ya que las partes que conformarán al chasis son comerciales lo que se sujeta a darle mayor peso a la configuración de los arreglos. La tesis abarca todos los puntos antes mencionados incluyendo una breve conclusión.

Comienza con los antecedentes necesarios para comprender la historia del automóvil y el entorno que rodea al desarrollo de este trabajo, continúa con el capítulo llamado "El vehículo eléctrico", en este se encuentran todas las características que tiene este tipo de vehículo, los sistemas que lo conforman, ventajas y desventajas, el impacto ambiental que representa y una visión a futuro de cuanto tendrá que cambiar el vehículo eléctrico para ser adoptado por la mayoría de las personas, finalmente se mencionan los vehículos híbridos, que son otra alternativa de transporte.

El capítulo dos que lleva por título "Planteamiento del Problema" se presenta la necesidad de solucionar la problemática del transporte en las grandes ciudades, en particular la ciudad de México, en donde la concentración de automóviles es cada día mayor, ocasionando caos vial y por consiguiente aumento en los gases contaminantes expulsados hacia la atmósfera provenientes de los motores de combustión interna, esto sugiere entonces, la introducción del vehículo eléctrico para solucionar el problema, lo cual es factible gracias a que el vehículo eléctrico tiene cero emisiones contaminantes además de ser silencioso. Como el vehículo propuesto es biplaza (para dos pasajeros) se propone la colocación de dos asientos más en la parte trasera que serán utilizados por niños no mayores de 12 años de edad.

El capítulo tres se llama "Diseño de configuración", en este ya se tienen diferentes arreglos de bancos de baterías como propuestas para ser colocados dentro del vehículo eléctrico, dado que las baterías ocupan un peso bastante considerable, por ello es necesario calcular el centro de masa de cada banco para poder saber la distancia exacta entre este y los ejes delantero y trasero para que el peso del vehículo sea repartido de la manera más segura, y teniendo la certeza de que los factores como la tracción, el peso a soportar por cada eje y el peso total del vehículo serán los más apropiados.

En el capítulo cuatro "Diseño de Detalle", una vez que se obtuvo el banco indicado así como la distribución correcta es necesario proponer el tipo de chasis a realizar, desde la forma y el material, hasta las partes que lo conforman y los diferentes tipos de unión entre cada una de las piezas.

Los planos de ensamble y de partes explican cada uno de los componentes y como serán unidas cada una de las piezas. Para las partes a unir se propone la soldadura por puntos dando una explicación del funcionamiento y sus tipos, por ejemplo el de puntos y el de cordón y los elementos que intervienen en dicha soldadura.

El capítulo cinco es el que contiene los cálculos realizados al chasis además de su interpretación, estos fueron realizados mediante fórmulas establecidas y por el método de "elemento finito" que es una representación del comportamiento del chasis en base al material y expuesto a diferentes cargas .

Finalmente las conclusiones que explican lo que se obtuvo con el trabajo realizado y el cumplimiento de los objetivos.

ANTECEDENTES

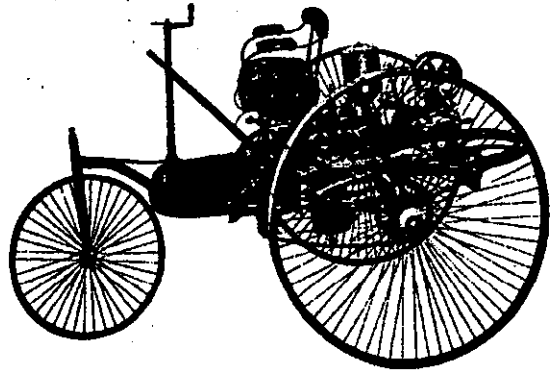
ANTECEDENTES

En la actualidad hablar de un automóvil es común entre toda la gente, pero en tiempos pasados su creación tuvo otras dimensiones.

El nacimiento del automóvil es considerado en el año de 1886 a partir de la fabricación del triciclo de Benz, que surge al no poder solucionar el problema de la dirección de las 2 ruedas delanteras y en cuanto a la forma de generar el movimiento era en base a un pequeño motor de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ ó 1 hp; las consideraciones de comodidad y velocidad no

eran consideradas en ese tiempo.

Posteriormente, desde 1901 se creó el automóvil de cuatro ruedas y algunos cambios por la necesidad de protegerse de la intemperie. En 1913, quien vino a revolucionar la industria automotriz fue



Henry Ford con el automóvil modelo "Ford T", donde su fabricación se basaba en fijar el chasis a una cadena que recorría la fábrica, donde se iba montando el resto de las piezas, así nació la producción en serie que su objetivo principal era abaratar los costos, dando la oportunidad de que mucha gente pudiera adquirir el modelo. La baja velocidad que se generaba era un punto importante a modificar, por lo que se diseñaron modelos de motores de mayor potencia al aumentar el número de cilindros e incrementar la relación de compresión entre otras cosas. Además, el sistema de transmisión cambió de cadenas a ejes cardán y el sistema de frenos con un sistema antibloqueo. En la carrocería se dan cambios que dan lugar a un mejor diseño de los vehículos, para 1923 la Empresa Studebaker utiliza por primera vez una carrocería hecha totalmente de acero.

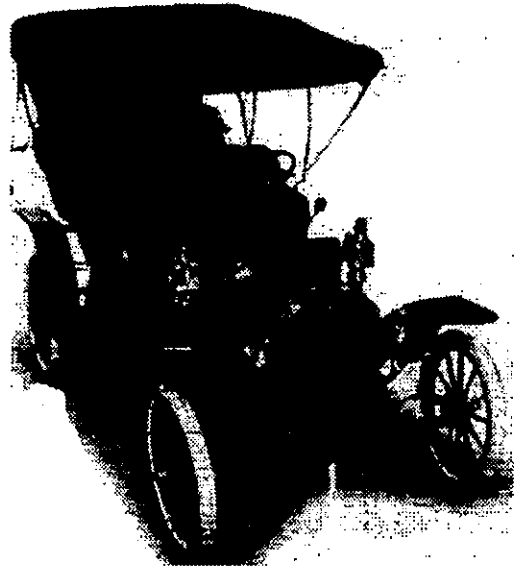
En 1948 con el modelo Porsche 356 que marca una base para los deportivos modernos, teniendo chasis tubular, motor central trasero y bajo peso, se comienzan a fabricar vehículos en donde la utilización del plástico, disminuye considerablemente el peso y mejora la estética.

Se mejoran los accesorios para dar una mayor comodidad dentro del automóvil, el tamaño varía de acuerdo a las propias necesidades

del conductor y se da un espacio para carga extra o equipaje, dependiendo del tamaño del vehículo y su potencia.

En los noventas los vehículos son fabricados con sistemas de seguridad, que en caso de algún accidente las carrocerías se deforman absorbiendo los impactos, se cuenta con bolsas de aire que con ayuda de los cinturones de seguridad protegen al conductor.

El neumático revolucionó en gran medida la industria automotriz, mejorando la comodidad y el sistema de suspensión. En un comienzo, en el año de 1898 se utilizaban ruedas de madera con bujes hechos de fundición, más tarde aparecen los primeros dibujos para esparcir el agua con rines de bicicleta que eran demasiado frágiles, los dibujos cambian para incrementar el agarre y mejorar la evacuación del agua, las ruedas son más robustas y pesadas; para 1960 las llantas se hacen más anchas, blandas y con canales más profundos para agua, los rines se fabrican de acero estampado incrementando su resistencia a los impactos y condiciones de camino. Actualmente se tienen llantas que se adaptan,



ya sea a suelo húmedo o seco y los rines son fabricados de materiales ligeros pero bastante resistentes, con una gran variedad de diseños.

Las industrias automotrices tienen un crecimiento considerable dando paso a una gran infraestructura y demanda de los automóviles, además de establecer modelos que cumplan con las necesidades actuales de comodidad, potencia y velocidad.

Un aspecto importante a considerar es la fabricación de vehículos que utilicen fuentes alternas de energía, los cuales requieren de otros sistemas de locomoción, utilizando combustibles diferentes al diesel y la gasolina, pueden ser de un solo



sistema o también llamados híbridos que conjugan dos o más sistemas interconectados.

En un futuro no muy lejano los fabricantes de automóviles tienen varias alternativas, como la implantación definitiva de controladores electrónicos ya sea de estabilidad, frenado o pérdida del control del vehículo, una navegación asistida gracias a imágenes holográficas que mostrarán indicaciones sobre la carretera, sensores de radar e infrarojos que permitirán "ver" en condiciones difíciles; además de ser mucho más seguros con la implementación de resinas sintéticas, y otros metales como el aluminio dejando atrás al acero; serán más económicos, menos contaminantes a causa de que los derivados del petróleo dejarán de ser los que aporten la energía; reciclables en un 100% ; finalmente los vehículos se consideraran inteligentes dado que la suspensión se adaptará a todo tipo de terreno.

CAPÍTULO I
EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

CAPÍTULO I EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La industria automotriz es una de las más importantes a nivel mundial y en México la segunda en importancia, su producción se basa principalmente en la fabricación de vehículos con motores de combustión interna, de igual forma el número de vehículos incrementa cada vez más y más teniendo como consecuencia que en las grandes ciudades como la Ciudad de México se tengan graves problemas de contaminación, debido a la aglomeración de vehículos lo que nos conduce a crear otras fuentes de energía alternas para evitar este problema.

Los avances tecnológicos mejoran los diseños de vehículos solares y eléctricos, creando una opción más en el futuro de la industria automotriz. Los vehículos eléctricos tienen ventajas, en la ciudad en comparación con un vehículo de combustión interna. Ventajas como la de no contaminar, es decir, cero emisiones, una autonomía considerable ya que las distancias recorridas son buenas para viajes cortos y en tiempos aceptables, las velocidades que se adquieren son óptimas para la ciudad y en autopista cumplen con el mínimo para viajar, en cuanto a las baterías en este caso las de plomo ácido tienen un tiempo de vida de aproximadamente 2 años, y su recarga es relativamente rápida si se considera que se recarguen por las noches. Un ejemplo es el EV1 que se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1 Vehículo eléctrico EV1 GM Company

Si nos referimos al manejo y comodidad de los vehículos eléctricos no tienen el menor problema ya que se comparan con cualquier vehículo actualmente diseñado de motor de combustión interna. Los expertos opinan que los atributos más importantes que se deben tomar en cuenta en los vehículos eléctricos son: distancias de operación, tiempo de recarga, intervalo de mantenimiento, aceleración y máximo grado de inclinación para obtener una velocidad constante, en segundo término se considera el peso, el espacio de carga y la velocidad máxima.

1.1 Comparación de un Vehículo Eléctrico (VE) con uno de Combustión Interna (VCI).

COMBUSTIÓN INTERNA:

Ignición

Distribuidor, bujías, chispa. Revisión periódica del motor para ponerlo a tiempo.

Enfriamiento

Radiador, agua para enfriamiento, sensor de temperatura (termostato). Revisión periódica del fluido de enfriamiento, reemplazo de líquido o anticongelante.

Escape

Tubos de escape, tubos de unión múltiple, silenciador, convertidor, Catalítico para control de emisiones, válvulas, bombas, mangueras. Mantenimiento periódico, reemplazo del escape y porcentaje partículas emitidas a la atmósfera permitido.

Combustible

Carburador, inyectores de gasolina, bombas de combustible, combustible, tubería, manguera, tanque, filtros de gasolina, filtros de aire. Mantenimiento al sistema de combustible, cambio filtros de aire y gasolina.

Mecánico

Monoblock/cabezas; bielas, bombas de aceite, pistones/anillos, engranes de cambio, ejes/rodamientos, bandas, alternador/estator. Desgaste de piezas, cambio de aceite y filtros.

Manejo

Transmisión, ejes de las ruedas, diferencial, frenos, rines/llantas, frenos. Mantenimiento periódico del sistema, cambio de líquido para frenos y llantas.

ELÉCTRICO:**Combustible**

Baterías, cargador. Cambio periódico de paquete de baterías (cada dos años aproximadamente), checar el fluido de las baterías.

Eléctrico

Motor, controlador. Reemplazo del motor, escobillas del motor.

Manejo

Transmisión, ejes, diferencial, frenos, rines/llantas, frenos.

Como se puede observar un vehículo de combustión interna requiere del mantenimiento de más sistemas en comparación con un vehículo eléctrico, lo que hace que este último sea más práctico y económico.

1.1.1 Ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos

Velocidad: Se cree que los vehículos eléctricos desarrollan bajas velocidades, lo que es probable si se trata de camionetas o vehículos grandes, ya que su peso aumenta considerablemente al tener que agregar más baterías, teniendo como consecuencia bajo rendimiento de velocidad. Pero en los vehículos eléctricos compactos, se pueden obtener velocidades tan grandes como en uno de combustión interna, esto depende de diferentes factores, como el diseño del chasis, la caja o cuerpo de la carrocería, capacidad del motor y del voltaje de las baterías. Por ejemplo si se requiere mayor voltaje es necesario colocar más baterías en el auto lo que implica un aumento de peso, entonces se tienen que valorar todos los aspectos anteriores para que al final se pueda obtener un vehículo eléctrico veloz.

Autonomía: El rango de distancia que puede recorrer un vehículo eléctrico es relativamente bajo, lo que limita a los conductores a ir tan lejos como deseen en un solo viaje, por lo que su aplicación depende de las necesidades de estos; si una persona no necesita recorrer distancias tan largas como el salir de su ciudad o el estar todo el día manejando, el uso del vehículo eléctrico cumple satisfactoriamente con sus necesidades

Adquisición de combustible: El mito de que el adquirir un vehículo eléctrico sea conveniente. El tener un vehículo eléctrico tiene la ventaja de que con un transformador adecuado se pueden recargar las baterías en cualquier lugar, simplemente con un contacto que suministre la energía eléctrica requerida. Lo que no puede suceder con los vehículos que utilizan como energía el gas por ejemplo, ya que no en cualquier parte se cuenta con estaciones para obtener dicho combustible.

Costo: El mito de que los vehículos eléctricos son demasiado caros. Cuando se tiene un vehículo eléctrico, el gasto por las recargas es bajo en comparación con lo que llega a costar la gasolina dando a fin de cuentas un ahorro considerable por cada kilómetro recorrido en comparación con los vehículos de combustión interna. Lo que resulta entonces caro es su adquisición en sí pero gracias a la tecnología en un futuro se fabricarán en mayor volumen lo que dará como consecuencia una disminución de su costo.

Desventajas de los vehículos eléctricos.

Viajes largos

Como ya se mencionó los vehículos eléctricos no son la mejor opción para viajes largos, como el ir de ciudad en ciudad en un mismo viaje. Cuando se presenta esta necesidad se tiene que recurrir a las otras alternativas como son el vehículo de combustión interna, también se puede utilizar un autobús, un avión o ferrocarril.

Compra o Fabricación

Depende de lo que se desee, ya sea fabricar, o comprar un vehículo eléctrico, es difícil encontrar modelos o variantes de los mismos en los mercados ya que actualmente los de combustión interna son los de mayor venta a nivel mundial.

Reparación

Esto no resulta fácil se requiere de conocer el vehículo o de personal capacitado para su reparación, además de que las partes o piezas no se consiguen tan fácilmente ya que no se cuenta con un mercado tan extenso como el de autopartes de vehículos de combustión interna.

Aire acondicionado, sistema de iluminación y elementos eléctricos.

En todo vehículo tanto de combustión interna como eléctrico se requiere de sistemas de iluminación, aire acondicionado, luces externas, ventiladores de enfriamiento y en algunos casos elevadores y seguros eléctricos.

Para los vehículos de combustión, esto es fácil de solucionar debido a que la energía que necesitan dichos sistemas se obtiene de la batería, pero además se cuenta con un generador que con ayuda del motor suministra gran parte de esta energía.

En los vehículos eléctricos es distinto porque no se cuenta con un generador y por consiguiente la energía es proporcionada directamente de las baterías, lo que hace que se consuma aproximadamente un 15% adicional de lo que se suministra al motor eléctrico, disminuyendo la eficiencia del vehículo.

1.2 SISTEMAS QUE FORMAN PARTE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

SISTEMA	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS
a) Sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none">- Motor eléctrico- Cableado- Controlador- Baterías
b) Sistema de Transmisión	<ul style="list-style-type: none">- Embrague- Caja de cambios- Flechas de transmisión
c) Sistema de Suspensión	<ul style="list-style-type: none">- Neumáticos/Rines- Amortiguadores- Brazos de suspensión- Ejes y ruedas
d) Sistema de Frenos	<ul style="list-style-type: none">- Discos- Zapatas- Pedal- Tubería de líquido para frenos

- e) Sistema de Plataforma y Carrocería
 - Distribución de baterías
 - Bastidor
 - Estructura de carrocería

- f) Dirección
 - Volante
 - Columna de dirección
 - Caja de dirección
 - Brazos

1.2.1 EL BASTIDOR

Sobre el bastidor se montan y sujetan los mecanismos del vehículo, soportando el peso del motor, caja de velocidades, transmisión y colgados de él la suspensión y las ruedas. Se conforma principalmente de largueros y travesaños, los primeros, por lo general son de acero estampado, en sección "U" doble "T" o rectangular, tienen cierta curvatura en la parte delantera para poder dar espacio a las ruedas delanteras ya que estas van orientadas según las necesidades de conducción, los travesaños son los que soportan el peso de la carrocería y de distintos elementos. A la distancia entre los ejes delantero y trasero se le denomina entre-eje y a la distancia entre dos ruedas de un mismo eje se le denomina entre-vía.

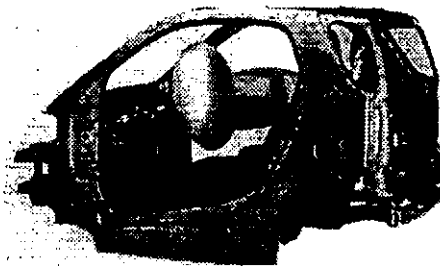


Figura 1.2. Estructura monocasco para vehículo compacto

El bastidor en sí se utiliza para los vehículos que están sometidos a grandes cargas y en cuanto a los de menor tamaño o también llamados compactos, se tiene una estructura que se une a una parte de la carrocería formando una caja o armadura la cual tiene una mayor rigidez, este se puede observar en la figura 1.2.

En la construcción de los bastidores se debe tomar en cuenta la ligereza e indeformabilidad, por esta razón los travesaños se unen a los largueros formando una equis a la mitad del bastidor.

El bastidor está sometido a esfuerzos de torsión que se generan al conducir en curvas por la fuerza centrífuga y de flexión que debido a las irregularidades del camino se transmite a través del sistema de suspensión. Puede llegar a suceder que por las malas condiciones del camino y el exceso de carga el bastidor llegue a fracturarse, ya que la absorción de los impactos por el sistema de suspensión no es suficiente ocasionando una deformación permanente en el bastidor y por consiguiente la fractura.

La estructura del bastidor debe ser diseñada de tal forma que el piso del vehículo quede lo más bajo posible para tener una mejor estabilidad, también en algunos casos se colocan chapas de material que se unen a los largueros y travesaños permiten una mejor resistencia tanto longitudinal como torsional.

1.2.2 SUSPENSIÓN

Los sistemas de suspensión, ya sea por muelles o resortes aíslan a los ocupantes del automóvil, de las irregularidades de la carretera, además de proporcionar comodidad en la conducción. Una buena suspensión debe poseer a la vez, elasticidad y capacidad de amortiguamiento. La elasticidad evita que las irregularidades de la carretera se transmitan a los pasajeros en forma de impactos.

El amortiguamiento es la capacidad de absorber parte de la energía de un muelle o resorte helicoidal en cuanto se comprime, si esta energía no se absorbe el vehículo oscilará indefinidamente. Las llantas y el acolchado de los asientos disminuye los impactos haciendo mas confortable el viaje. En general, la suspensión depende de las cargas que soportará el vehículo y de un buen diseño, además es necesario considerar que la disposición de los elementos estará definida por los ejes, es decir, en ocasiones no se utiliza el mismo sistema para un eje delantero que para un eje trasero, podemos mencionar entonces que existen sistemas de suspensión independiente y de ejes rígidos.

Para el diseño del vehículo eléctrico biplaza se utilizará un sistema de suspensión delantera independiente y trasera semi-independiente, porque el peso considerado es el de un auto compacto convencional, esta diseñado para las calles de la Ciudad de México y el sistema facilita la conducción.

El chasis de un vehículo de pasajeros debe estar diseñado para soportar fuerzas debidas a aceleraciones, desaceleraciones, impactos o por el cambio de dirección en la carretera; la manera de disminuir estas fuerzas es teniendo una buena suspensión. Algunas otras ventajas de la suspensión independiente son:

- Requiere un pequeño espacio (compacta)
- Las alteraciones de movimiento son absorbidas en su mayoría
- Se tiene una mejor estabilidad
- Bajo peso
- No hay una influencia mutua con las ruedas

1.2.3 FRENOS

El freno actúa gracias a la fricción que existe entre una parte fija del vehículo y un disco o tambor que gira con la rueda. Al producirse la fricción parte de la energía del vehículo se transforma en calor. Existen dos tipos fundamentales de frenos los de tambor y los de disco.

En los frenos de tambor dos zapatas curvas, cada una con un forro de fricción, presiona contra la superficie interna del tambor; en los frenos de disco se tiene un par de pastillas sobre las que actúa una presión hidráulica, se oprimen contra los lados de un disco metálico unido a la rueda.

Un sobrecalentamiento disminuirá la eficacia de los frenos de tambor y si es excesivo se dañan las zapatas, en lo que se refiere a los frenos de disco están más expuestos al aire y eliminan calor con mayor rapidez, por lo que tienen menor posibilidad de sobrecalentarse y perder eficacia. Se montaban por regla general en las ruedas delanteras, aunque actualmente ya se utiliza este sistema en las cuatro ruedas.

En cuanto al esfuerzo de frenado, este debería distribuirse de manera uniforme en las ruedas delanteras y traseras, pero varía de acuerdo a la distribución de peso en el vehículo, es decir, si se tiene un motor delantero o uno trasero, el número de personas que viajan en el, el equipaje y en el caso del vehículo eléctrico de la distribución de las baterías, pero cuando se encuentra en el instante de frenado parte del peso se descarga hacia delante y se suma al que soportan ya en sí las ruedas delanteras, esto mismo sucede aunque no con la misma magnitud en cuanto se acelera bruscamente pero en este caso las ruedas afectadas son las traseras. Lo que se requiere para nuestro diseño será de equilibrar el efecto de frenado entre las cuatro ruedas teniendo en cuenta la distribución del peso en condiciones normales.

El sistema de funcionamiento hidráulico de los frenos está basado en el hecho de que los líquidos utilizados son casi incompresibles; además de que la presión aplicada en cualquier punto de un líquido se transmite por igual en todas direcciones, el mecanismo utilizado es el de cilindro pistón accionado por un pedal, esta presión se transmite a otro cilindro que a su vez se conecta a los frenos, de tal forma que si el diámetro del segundo pistón es mayor, entonces, mayor será la presión que se le aplica desde el primero aunque su recorrido será mayor que el de mayor diámetro. En la figura 1.3 se muestra el esquema de los frenos de disco.

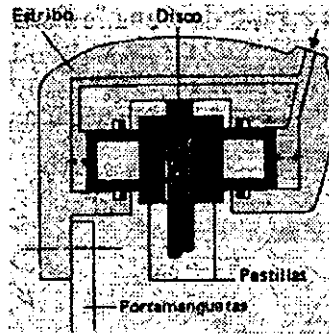


Figura 1.3 Frenos de disco

La mayoría de los fabricantes utilizan un líquido para frenos ajustado a un patrón SAE, en este se requiere que el líquido deberá mantener sus propiedades a elevadas temperaturas, teniendo un punto de ebullición alto y no atacará químicamente a las partes del sistema.

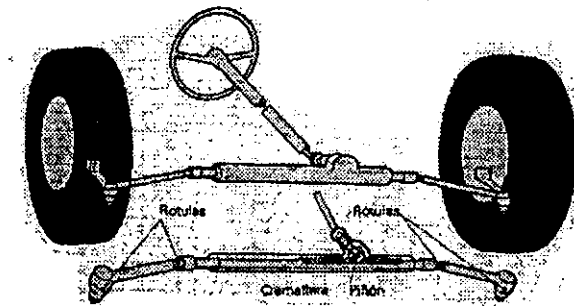
1.2.4 DIRECCIÓN

La conducción de cualquier vehículo depende del volante que orienta las ruedas delanteras en la dirección deseada, las ruedas traseras siguen dicha trayectoria. Si las ruedas estuvieran conectadas directamente al volante este sería muy difícil de mover por lo que se incorpora un sistema de desmultiplicación además de un dispositivo de asistencia mecánica para reducir el esfuerzo necesario de manejo.

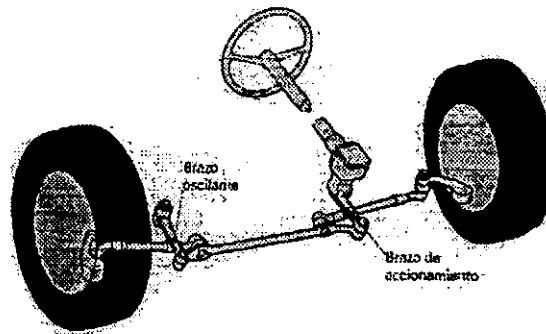
El vehículo se dirige en conjunto por una caja de reducción y un sistema de bieletas y palancas diseñadas para proporcionar al conductor un manejo con el menor esfuerzo posible.

El volante se une a una barra de dirección la cual contiene un sistema de piñón y cremallera en el que el piñón unido al eje del volante engrana con la cremallera

alojada en la barra de dirección, al girar el volante también gira el piñón y por consiguiente la cremallera se mueve de un lado a otro permitiendo orientar las ruedas a través de las bieletas; otro sistema es el de mecanismo de dirección donde el volante acciona un husillo y un dedo, un tornillo sin fin y una tuerca, que mueve un brazo unido a las ruedas por medio de articulaciones y bieletas. En la figura 1.4 se pueden observar dos tipos de dirección de piñón y cremallera y de mecanismo de dirección.



a)



b)

1.4. Tipos de dirección a) Piñón cremallera, b) Tornillo sin fin

1.2.5 TRANSMISIÓN

La transmisión adapta la potencia del motor a las necesidades de las ruedas del vehículo. En un vehículo convencional, por ejemplo en una configuración de motor delantero, la transmisión de inicia en el volante de inercia del motor y continúa a través del embrague, a la caja de cambio, árbol de transmisión y diferencial hasta las ruedas delanteras, los vehículos con motor delantero con tracción delantera o de motor trasero y tracción trasera no requieren árbol, utilizan ejes de transmisión cortos. El embrague, situado entre el volante e inercia y la caja de cambio permite desconectar el motor de la transmisión para liberarla del par antes de cambiar de velocidad.

La finalidad de la caja de cambio, es permitir el suministro de esfuerzo de tracción necesario en cualquier condición, es decir, ajustar el par motor a las revoluciones de las ruedas para diferentes velocidades. Se requieren de varios engranes para proporcionar una amplia gama de relaciones de velocidad entre el motor y las ruedas.

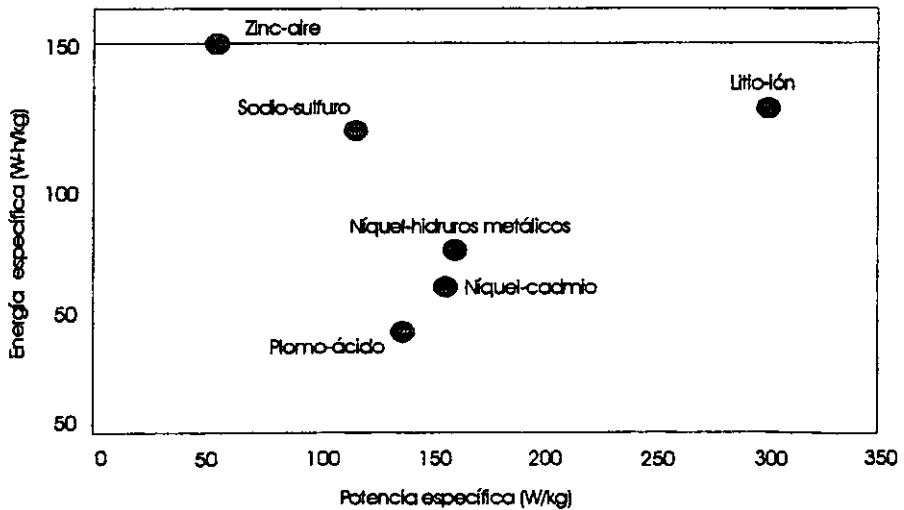
En muchas ocasiones el estar presionando el embrague en repetidas ocasiones resulta muy cansado para el conductor, además de que el embrague y los mecanismos sufren un desgaste considerable. De ahí que existan las cajas de cambio automáticas, que realizan los cambios de velocidad sin necesidad de embrague; en lugar de una palanca de cambio poseen una palanca de control que selecciona las posiciones de punto muerto, estacionamiento, marcha adelante y marcha atrás, utilizando la posición adecuada el vehículo puede moverse solo con presionar el acelerador.

1.2.6 BATERÍAS

Los principales parámetros técnicos de las baterías, desde el punto de vista de su aplicación en los vehículos eléctricos, son la energía específica, la potencia específica, ciclo de vida y el costo. La energía específica es la cantidad de energía (watts-hora) que la batería puede almacenar por unidad de masa para un índice específico de descarga.

El cálculo práctico del valor de la energía específica de una batería se ve afectado por varios factores que disminuyen los valores teóricos. La construcción de la batería requiere de materiales como son soportes, colectores, recipientes y el mismo cuerpo de la batería, que incrementarán el peso, pero que no son trascendentes en el proceso de transformación de energía (química-eléctrica).

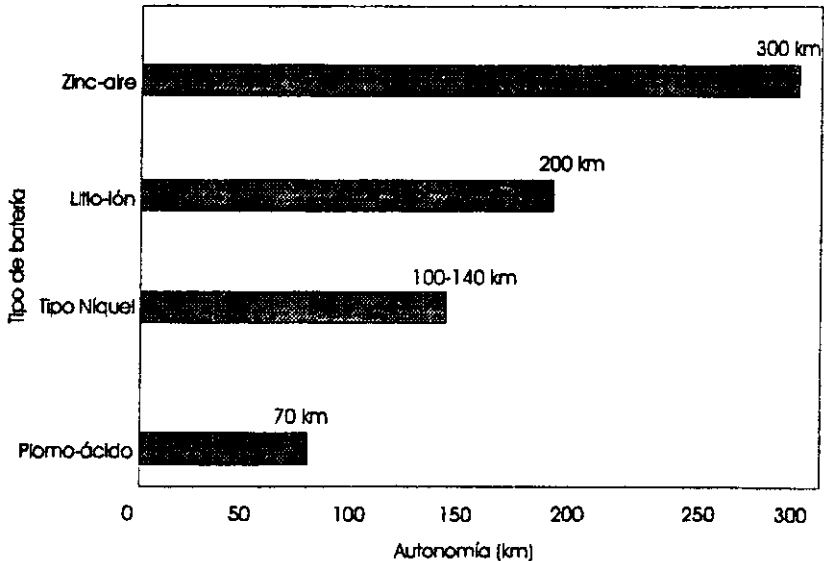
Por ejemplo estos factores limitan el valor de la energía específica de una batería de plomo-ácido aproximadamente a 35 Wh/kg cuando el valor teórico máximo es de 170 Wh/kg. Como se muestra en la gráfica 1.1



Gráfica 1.1. Energía específica contra potencia específica para diferentes tipos de baterías

Otra realidad en el desarrollo de las baterías es el hecho de que la energía específica tiende a seguir una relación inversa a la potencia específica; esta última es la cantidad de potencia por unidad de masa (w/kg) que la batería puede entregar a un estado de carga definido, generalmente 80%.

La autonomía es un factor muy importante, manifestándose como la distancia total que recorre el vehículo a velocidad media con una sola carga de baterías. Dependiendo del tipo de batería será la autonomía que presente el vehículo. En la gráfica 1.2 se muestran los valores de autonomía para diferentes baterías.



Gráfica 1.2 Autonomía de diferentes tipos de baterías.

Como se puede observar las baterías de Zinc-aire proporcionan una mayor autonomía, la desventaja de estas es su elevado costo, que no es factible si se desea fabricar un vehículo económico.

Es por eso que las baterías más económicas que se pueden adquirir son las de plomo-ácido como las utilizadas en los vehículos de combustión interna que son más económicas, con la diferencia de que las que se fabrican exclusivamente para los vehículos eléctricos soportan bastantes números de cargas y descargas. El tipo de batería a utilizar se muestra con más detalle en el apéndice A.

El ciclo de vida, esto es, el número de veces que la batería puede ser recargada, resulta de vital importancia. Idealmente, las baterías deberían durar tanto como el propio vehículo, pero esto resulta difícil. Se considera que por la tecnología empleada, la sencillez de operación y los materiales avanzados, un vehículo eléctrico puede durar aproximadamente 250 mil km. o 12 años aproximadamente. Si suponemos que un vehículo eléctrico circula 20 mil km al año y que los ciclos de carga-descarga se dan entre 50 y 80% de descarga, la vida de las baterías prevista deberá ser de al menos mil ciclos. Como se muestra en la tabla 1.1.

Especificaciones	A medio plazo	A largo plazo
Energía específica (Wh/kg)	80	200
Potencia específica (W/kg)	150	400
Años de vida	5	10
Ciclos de vida	600	1000
Tiempo de recarga	Por encima de 6 horas	Entre 3 y 6 horas

Tabla 1.1 Especificaciones en función del uso de la batería

Para que los vehículos eléctricos puedan competir con los de gasolina deben ofrecer las mismas características de autonomía, potencia, velocidad, aceleración, tiempo de recarga y costo. Entonces, el primer parámetro a seguir es la eficiencia, realizándose esfuerzos para incrementarla en consideración de los siguientes aspectos:

*Reducción del peso muerto del vehículo.

*Reducción de la resistencia al aire

- *Reducción de la resistencia al rodamiento
- *Introducción del frenado regenerativo
- *El control

La reducción del coeficiente aerodinámico (c_a) adimensional, es necesaria para reducir a su vez la fuerza de resistencia al aire que se incrementa también al cuadrado de la velocidad del vehículo. Para reducir este coeficiente se trabaja en la optimización del diseño de la forma de la carrocería.

Los automóviles modernos presentan valores de c_a de 0.3 a 0.4; en comparación, los automóviles diseñados para ser vehículos eléctricos alcanzan valores de 0.2 y 0.19 este último valor obtenido por el EV1 de la General Motors.¹

Otro aspecto importante es el de la resistencia al rodamiento, la cual ejerce una resistencia a la torsión en la rotación de las llantas; la razón de esta fuerza de resistencia al rodamiento con respecto a la carga normal de la llanta se llama coeficiente de resistencia al rodamiento (c_{rr}). La reducción de este coeficiente se incrementa con el aumento en la presión de las llantas. Las llantas a utilizar para el vehículo eléctrico se muestran con detalle en el apéndice A.

Una de las grandes ventajas de los vehículos eléctricos es el uso de motores eléctricos ya que estos aprovechan mejor la energía que brindan las baterías, en cambio los de combustión interna más de la mitad de la energía que generan los hidrocarburos se pierde en calor; los motores eléctricos tienen eficiencias de más del 90% que en comparación con los de combustión interna resultan con mayor ventaja.

¹ Referencia 1 C8 pp137

Una técnica de conservación de energía adicional en los vehículos eléctricos es el uso del freno regenerativo, a través del cual, al dejar de alimentar de energía eléctrica al motor, este se convierte en generador, con lo que el vehículo eléctrico se frena y al mismo tiempo genera energía para cargar las baterías.

1.2.7 MOTORES

Comúnmente los motores utilizados para los vehículos eléctricos son los de corriente directa, ya que el par de arranque que generan siempre es mayor a los de corriente alterna, además de que la alimentación proviene de baterías de voltaje directo.

Actualmente se experimenta con materiales avanzados y superligeros sin escobillas, estos motores pueden producir 75 kW y 50 Newton por metro de capacidad de torsión con un peso de 13 kg. En la Tabla 1.2 se observan las características de diferentes vehículos eléctricos incluyendo el tipo de baterías de cada uno.

Tipo de vehículos	Capacidad de transporte	Peso Vehicular (kg)	Tipo de baterías	Tipo de motor	Autonomía (km)	Velocidad Máxima (km/h)
Vehículos grandes de uso personal	3-5 pasajeros hasta 850 kg	850 a 630	Plomo-ácido, níquel-cadmio, níquel-hidruros metálicos	Continua siendo de diversas características no hay un patrón determinado, los	75 hasta 322 dependiendo del tipo de baterías	80 a 161
Medianos de uso personal	4 pasajeros o hasta 363 kg	700 a 1000	Níquel-cadmio, níquel- hidruros metálicos, litio ión.	hay de corriente alterna o directa con o sin escobillas, de	48 hasta 390 dependiendo del tipo de baterías	72 a 140
Chicos de uso personal	2 pasajeros o hasta 250 kg	845 a 817	Níquel-cadmio plomo ácido	Imanes permanentes, etc.	40 hasta 110 dependiendo de l tipo de baterías	48 a 97
Pequeños de uso personal	2 pasajeros	377 a 580	Plomo ácido		Hasta 60	29 a 40

Tabla 1.2 Tipos de vehículos y baterías utilizadas comúnmente

1.3 SEGURIDAD

En un automóvil deben existir dos tipos de seguridad, la activa y la pasiva. Se entiende como seguridad activa a la propiedad del vehículo a no ser propenso a accidentes, es decir lo más seguro posible en cualquier circunstancia. Lo que contribuye a una seguridad activa es: la suspensión, la dirección, reparto de pesos, el diseño de la carrocería en el cual se debe tener en cuenta la visibilidad del conductor, procurando que los pilares que sujetan el toldo sean lo más finos posibles, evitándose al máximo lo que son los llamados ángulos muertos y aumentando la superficie acristalada. Otro punto de seguridad activa son los asientos ya que deben ser fabricados para dar el confort necesario al conductor y en cierta medida su protección sobre todo en la espalda, evitando el cansancio y sujetándole en las curvas. En cuanto a la seguridad pasiva es la que disminuye los daños que se puedan ocasionar a los pasajeros cuando el accidente es inminente, esto se logra por ejemplo dentro del vehículo evitando las partes o mecanismos salientes, por ejemplo se colocan acolchonados los tableros y en todas las partes con que pueda golpearse el conductor y los pasajeros.

Actualmente se dispone de árboles de dirección laminados o en forma de acordeón para que en caso de un impacto el volante no se desplace hacia el conductor, además de los cinturones de seguridad y las bolsas de aire. Los cristales tienen una capa plástica intermedia para que cuando se estrellen no se desprenda casi nada de los vidrios cortantes también están templados por ello los trozos que se forman en su ruptura son redondeados.

1.4 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

La industria automotriz se ha encargado del desarrollo de los ya mencionados vehículos híbridos, tomando en cuenta el eléctrico y haciendo una combinación con otro sistema, ya sea de celdas de combustible, turbinas de gas por mencionar algunos.

Un vehículo eléctrico híbrido es aquel que para su propulsión utiliza una combinación de sistemas, que a su vez consumen fuentes de energía diferentes.

Ventajas:

- Son capaces de conseguir una eficiencia doble, suprimiendo la mayor parte de las pérdidas de potencia que se producen en los vehículos tradicionales.
- El sistema de frenado tiene a su vez capacidad regenerativa de la potencia absorbida, lo que aumenta su eficiencia.
- El motor se dimensiona solo para una potencia promedio, ya que los picos de potencia los proporciona la fuente de energía alternativa.
- El motor puede desactivarse durante la marcha cuando no se necesita.

La eficiencia del sistema de tracción convencional puede mejorarse notablemente incorporando un sistema híbrido – eléctrico, parecido al que incorporan los vehículos eléctricos, impulsados por baterías que mueven sus motores eléctricos, pero con la diferencia de que este sistema incorpora una "Unidad Auxiliar de Potencia" que es un motor de combustión interna u otro dispositivo auxiliar cuya función es generar la electricidad para alimentar las baterías de forma eficiente. Las ventajas en comparación con un vehículo eléctrico son:

- Incremento de autonomía, ya que esta depende del combustible almacenado en el tanque.

- La unidad auxiliar no funciona continuamente, se desactiva automáticamente cuando no se necesita.
- Se elimina la necesidad de recargar las baterías cuando estas se agotan.

Estos diseños tienen la finalidad de alternar dichos sistemas en el arranque y en movimiento con aceleración constante, es decir, en cuanto arranca el vehículo se emplea el motor eléctrico, para que en cuanto se tenga una aceleración uniforme se transmita la potencia del sistema auxiliar aumentando con esto la eficiencia del sistema en conjunto, además de que cuando se frena el auto se aprovechan generadores en los frenos para recargar las baterías y evitar un desperdicio de energía.

1.5 EL FUTURO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Las grandes ciudades cada día incrementan más el tráfico de vehículos, el uso inmoderado de los automóviles creará grandes problemas en un futuro no muy lejano; la contaminación otro factor importante incrementará de tal forma que la única solución será dejar de utilizar los vehículos de combustión interna ya que gran parte de esta problemática es debido a este tipo de vehículos; finalmente el uso irracional del combustible, recurso no renovable, tanto en gasolinas como en diesel requieren de soluciones inmediatas una de ellas es el uso del vehículo eléctrico dadas las características y las ventajas que tiene antes mencionadas, las ciudades tendrán que incluir en sus medios de transporte los vehículos eléctricos lo que servirá a la conservación del ambiente y del ahorro energético de los productos derivados del petróleo. El vehículo eléctrico tendrá que mejorar y esto gracias a los avances tecnológicos que crearán vehículos más sofisticados con mayores velocidades y autonomías realmente considerables, es por ello que se trabaja en los dispositivos, las técnicas de fabricación y también el disminuir el costo de los modelos para que puedan ser fácilmente adquiridos por las

personas, aunque cuando los vehículos eléctricos comiencen a tener demanda, la producción a gran escala disminuirá considerablemente el costo.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad existen diferentes tipos de transporte como son: las aeronaves, el ferrocarril y los automóviles. Siendo los principales medios para el traslado de un lugar a otro. A su vez estos cuentan con diferentes sistemas, por ejemplo los movidos por motor de combustión interna requieren de la quema de combustible ya sea gasolina, diesel o turbosina, lo que le proporciona la energía deseada; también existen los que utilizan energía eléctrica para su movimiento, proporcionada por una serie de baterías las que se colocan en el vehículo. En el primer caso la quema del combustible produce gases que dañan a las personas generando altos índices de contaminación y la restricción de no poder circular en determinados días por dicha causa. Para el segundo caso el panorama es mucho mejor, estos no producen contaminantes y cubren la mayoría de las necesidades de un vehículo de combustión interna en la ciudad.

El gran incremento en el número de vehículos que se concentran en determinados sitios geográficos, donde la naturaleza no puede esparcir los gases producto de la combustión en los motores como son el CO, el CO₂, NO₂ y el O₃, originando la contaminación de la atmósfera y por consiguiente causando un grave daño a la salud de los seres vivos que se encuentran en dichas zonas. Por ello se introdujo el concepto de un vehículo eléctrico "biplaza" que considere a dos tripulantes adultos como máximo con la *opción* de brindar espacio para dos niños de hasta 12 años, esto por el espacio con que se cuenta en la parte trasera del vehículo, también un compartimiento para alguna carga de menor peso. Es decir, proponer un automóvil pequeño, económico, de fácil conducción, que no contamine. También que incluya el concepto de seguridad tanto pasiva como activa. Por otro lado, por experiencia propia generalmente los vehículos convencionales tienen el espacio para cuatro o cinco tripulantes, donde solo se utiliza, en su mayoría, menos de la mitad, es decir, solo una o dos personas comúnmente ocupan el vehículo, lo que lleva a un desaprovechamiento de espacio.

Asimismo la utilización de cada vez más automóviles incrementa el número de congestionamientos viales por consiguiente mayor desperdicio de tiempo.

Por experiencia propia durante las aglomeraciones, los motores de combustión interna permanecen encendidos, por ello aún estando detenidos siguen emanando gases contaminantes, además el movimiento del automóvil no es continuo sino en intervalos, es decir, avanzan unos cuantos metros y se detienen repetidamente en periodos de tiempo que oscilan alrededor de una hora. En los lapsos de avance y frenado es donde se genera la mayor contaminación lo que agrava el problema. Sin embargo, las distancias recorridas en la Ciudad de México son relativamente cortas, un recorrido casa – oficina - casa, oscila entre 60 y 80 km, considerando que la distancia que se requiere para recorrer la ciudad sobre una vía que lo atravesase de norte a sur y rebasando los límites con el Estado de México y zonas conurbadas es de aproximadamente 30 km, de igual manera, de este a oeste es de aproximadamente de 25 km. ²

Para efectos de este trabajo se consideró un vehículo eléctrico debido a la excesiva contaminación que emiten los vehículos de combustión interna en la Ciudad de México, que a pesar de los intentos por disminuir el problema estos resultan poco prácticos y llevan a otros problemas sin dar una solución eficaz. Evaluando al vehículo eléctrico como una forma de ayudar a la ecología. Existen otros vehículos como ya se mencionó en el capítulo I que también son alternativas de solución, pero con el vehículo eléctrico se ha trabajado en muchas ocasiones y en la Ciudad de México ya transitan con más frecuencia por ello, la adquisición de la fuente de energía en este caso las baterías no resulta un problema. Además que día con día se mejora su tecnología se considera que en el futuro será una buena opción para los medios de transporte.

2.1 Objetivo del trabajo de Tesis

Diseñar un chasis que se adapte a las necesidades de un vehículo eléctrico biplaza con las siguientes especificaciones.

Especificaciones del Vehículo eléctrico biplaza:

Peso vehicular : 800 kg.

Ancho: 1.74 m

Largo: 3.1 m

Entre-vía: 1.6 m

Entre-eje: 2.0 m

Capacidad: 2 adultos y dos niños menores de 12 años c/u.

Baterías: 12. Plomo - Acido con un peso de 30 kg, aproximadamente.

Autonomía: De 60 a 80 km, aproximadamente.

Opción a un motor generador

Velocidad de crucero: 60–70 km/hr

Velocidad máxima: 120 km/hr

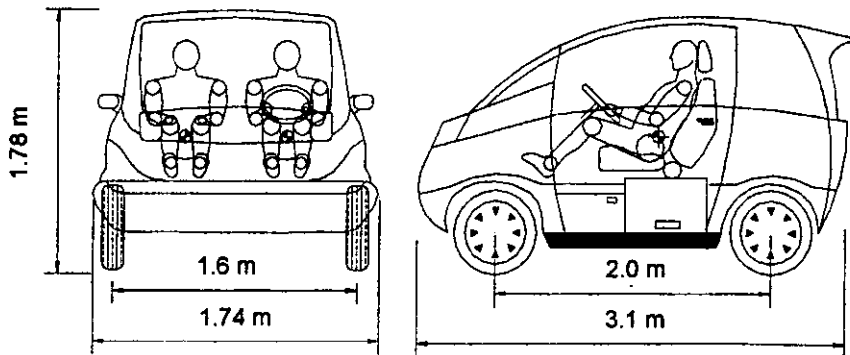


Figura 2.1 Dimensiones generales del vehículo

Además de las especificaciones y lo mencionado arriba, se deberán tomar las siguientes consideraciones:

- Partes fáciles de conformar y de materiales resistentes
- Tomar en cuenta aspectos ergonómicos
- Utilizar elementos comerciales
- Aplicar conceptos de seguridad pasiva y activa

Alcances

Los alcances del presente trabajo son:

- Planos de configuración
- Planos de detalle
- Resultados de FEM

CAPÍTULO III

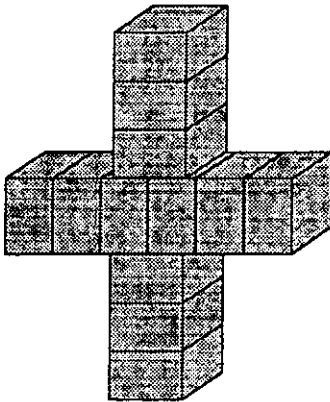
DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

CAPÍTULO III DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

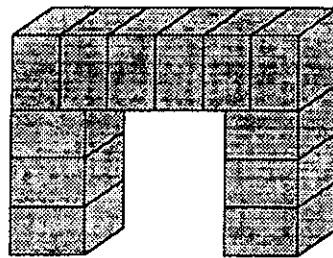
En el capítulo anterior se mencionó el objetivo de trabajo de tesis, que es el diseño de un chasis, en base a las necesidades mencionadas. Dentro del diseño es necesario identificar los elementos importantes que intervienen en el proceso, en este caso el banco de baterías es el que contribuye con un mayor peso en comparación con los demás elementos, por esta razón se analizarán configuraciones que brinden una óptima distribución de peso así como el espacio que ocuparán los diferentes arreglos de baterías. El número de baterías "12" se determinó analizando diferentes parámetros que se mencionan con detalle en el apéndice D.

3.1 Primera evaluación de configuraciones

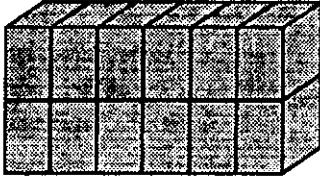
Para la distribución de peso del chasis fue necesario proponer diferentes configuraciones de bancos de baterías, como los que se muestran a continuación:



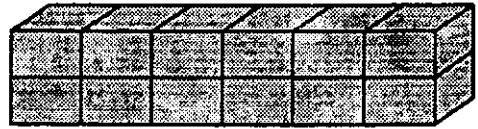
P 1



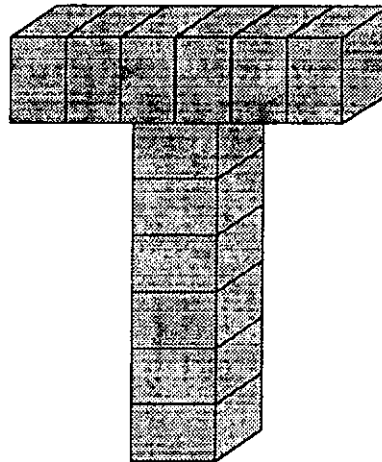
P 2



P 3



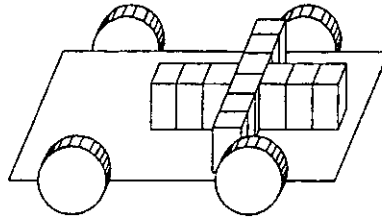
P 4



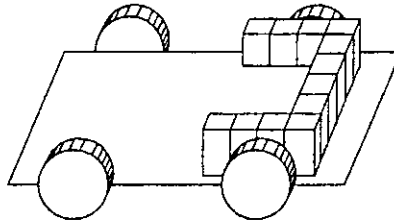
P 5

Figura 3.1 Configuraciones para el Vehículo eléctrico biplaza

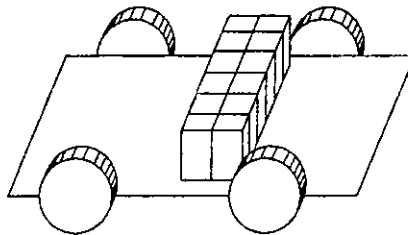
Las colocaciones aproximadas de cada uno de los bancos en el chasis se muestran en la figura 3.2



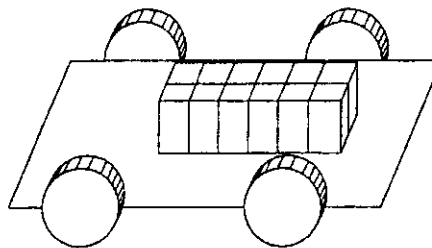
a)



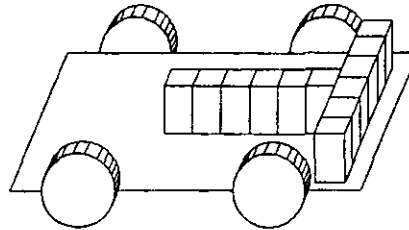
b)



c)



d)



e)

Figura 3.2 Posición aproximada de los bancos de baterías

Fue necesario determinar para cada uno de los bancos la posición del centro de masa siendo este a su vez el punto donde se concentraría el peso de todas las baterías, como se muestra en los planos I al V del Apéndice A .

De los cinco bancos de baterías se obtuvieron 16 configuraciones posibles (Chasis-baterías), teniendo entonces:

PROPUESTAS DE BANCOS DE BATERÍAS					
CONFIGURACIONES	B1	B2	B3	B4	B5
	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1
	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2
		2.3	3.3		5.3
		2.4	3.4		5.4

TABLA. 3.1 Propuestas de baterías a evaluar.

Se observa que no todos los bancos cumplen necesariamente con 4 configuraciones posibles, esto es debido a que los bancos B1 y B4 tienen dos ejes

de simetría de modo que al girarlos 180° como los demás bancos sería prácticamente la misma configuración que la que no está girada.

Es necesario tener presentes los parámetros de diseño que nos indican cuales son los requerimientos más importantes a considerar en cada una de las configuraciones. Así poder evaluar en base a estos.

La siguiente tabla nos muestra cuales son esos parámetros y la descripción de cada uno de ellos.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
1 Estabilidad	La altura de la colocación de las baterías debe evitar la volcadura del vehículo.
2 Tracción	Al tener tracción delantera el peso que soporte el eje delantero deberá soportar por lo menos el 50% del peso total del vehículo.
3 Espacio para equipaje	Tener suficiente espacio para equipaje
4 Espacio para pasajeros	Los pasajeros deberán tener facilidad de movimiento, así como confort.
5 Cambio de baterías	Las baterías deberán poder cambiarse con facilidad.
6 Maniobrabilidad	El peso del eje delantero debe permitir el giro de la dirección.
7 Visibilidad	El conductor debe tener la mejor visibilidad posible.
8 Espacio Motor/reductor y baterías	Se debe contar con suficiente espacio para alojar el motor, el reductor y las baterías.
9 Efectos de trayectoria	Por efectos de infravirado el vehículo debe tener más peso en el eje delantero.

TABLA 3.2 Descripción de parámetros.

En lo que corresponde a la estabilidad todas las configuraciones cumplieron con los requerimientos, dado que las baterías se alojan en la parte baja del vehículo generando una gran cantidad de masa en esta zona creando modelos seguros que no sufren volcadura fácilmente.

También, se consideró que el vehículo debería ser de tracción delantera para proporcionar mejor maniobrabilidad, por consiguiente la colocación del motor sería en la parte delantera evitando el tener que colocar una flecha cardan si se tuviera un vehículo de tracción trasera.

De todas las configuraciones posibles se tuvieron que eliminar aquellas que mostraban tracción trasera ya sea con el motor en la parte delantera o en la trasera.

Una segunda evaluación se hizo al considerar que el peso que deberían soportar los ejes del vehículo sería de un 50 a un 60% del total de la carga en el eje delantero y el resto soportado por el eje trasero, esto para poder asegurar que la tracción fuera efectiva tanto en lugares planos como pendientes.

La interpretación de las configuraciones se basa en la siguiente figura.

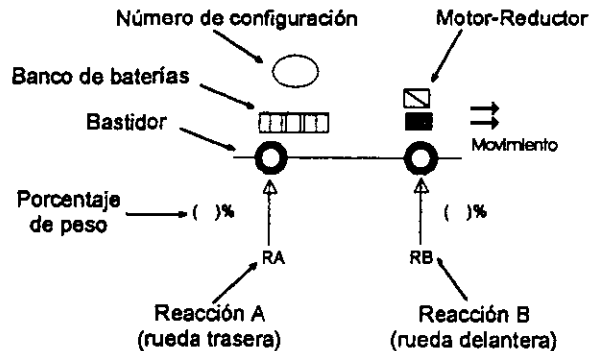


Figura 3.3 Esquema de configuraciones.

Al realizar los cálculos se tuvo los siguientes resultados en porcentajes de peso para cada una de las configuraciones.

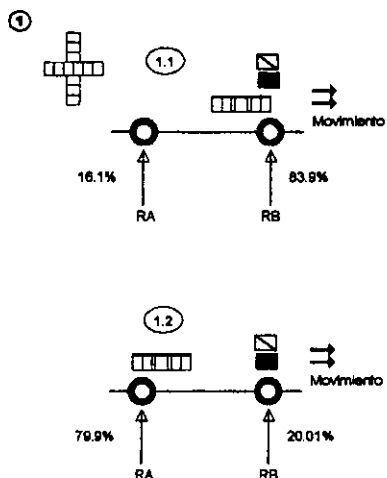


FIGURA 3.4 Distribución de peso para las configuraciones 1.1 y 1.2

Como se puede observar en la figura 3.4 el porcentaje de peso de las reacciones para 1.1 es mayor en RB lo que supone ser un buen arreglo, el arreglo 1.2 no cumple con las condiciones para la tracción. Además al analizar el paquete de baterías se nota que el desperdicio de espacio es notable para ambos casos.



FIGURA 3.4.1 Desperdicio de espacio del banco de baterías B1

La zona sombreada es el espacio desperdiciado en el arreglo ya que no se puede colocar ningún dispositivo en ese sitio.

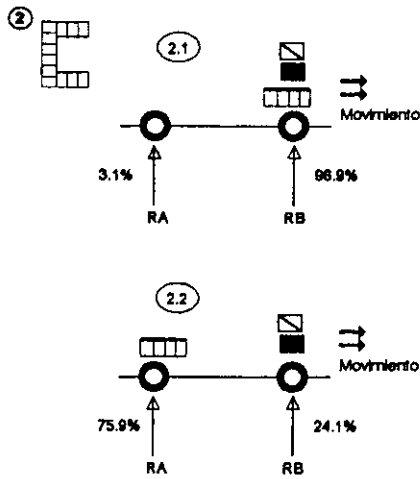


FIGURA 3.5 Distribución de peso para las configuraciones 2.1 y 2.2

En la figura 3.5 la configuración 2.1 si cumple con las condiciones para la tracción, pero con 2.2 no sucede lo mismo.

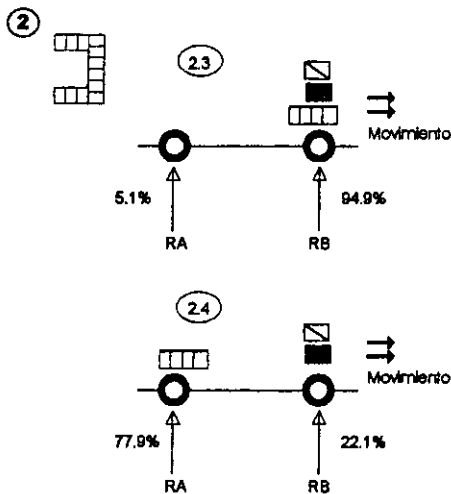


FIGURA 3.5.1 Distribución de peso para las configuraciones 2.3 y 2.4

Para complementar el arreglo del banco de baterías número 2 en la figura 3.5.1 se tienen arreglos similares a los de 3.5 pero con la diferencia de que el banco se encuentra en posición opuesta; se podría considerar que tanto 2.1 como 2.3 cumplen con el requerimiento pero la figura 3.5.2 nos muestra que dada la posición de las baterías, estas interfieren con el movimiento de la dirección en las ruedas delanteras como se muestra a continuación.

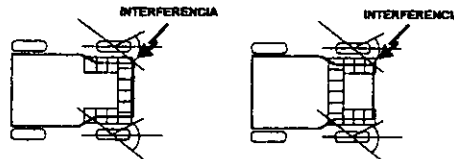


FIGURA 3.5.2 Zona de interferencia para las configuraciones 2.1 y 2.3

Es fácil notar las zonas de interferencia entra las ruedas delanteras y en los bancos de baterías de cada configuración

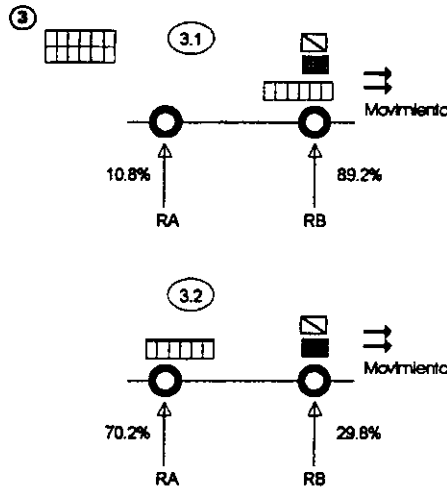


FIGURA 3.8 Distribución de peso para las configuraciones 3.1 y 3.2

Para el arreglo de la figura 3.6 se tiene que 3.1 si cumple con las condiciones de tracción pero el espacio que se tiene a los lados del banco de baterías es demasiado estrecho por lo que los pasajeros no tendrían espacio suficiente para

moverse dentro del vehículo por otro lado 3.2 no cumple con las condiciones de tracción.

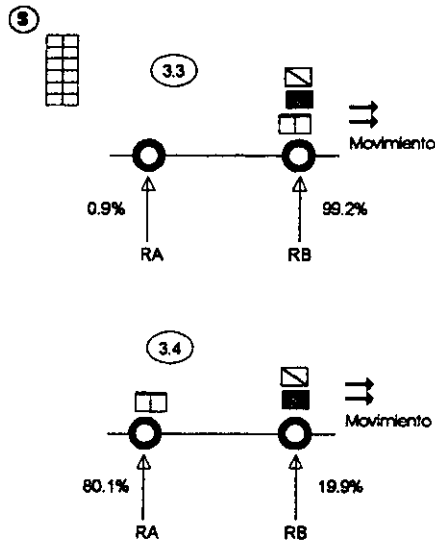


FIGURA 3.6.1 Distribución de peso para las configuraciones 3.3 y 3.4

En la figura 3.6.1 la configuración 3.3 cumple con los requerimientos de peso y no considera una interferencia con los demás elementos que conforman el vehículo, en tanto 3.4 no cumple con las condiciones de tracción.

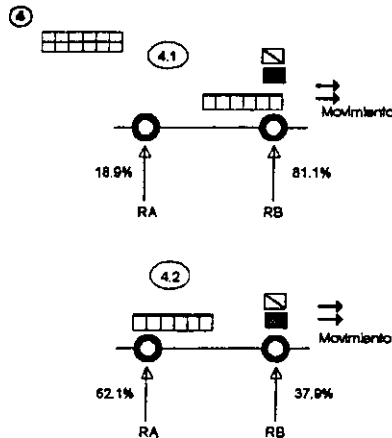


FIGURA 3.7 Distribución de peso para las configuraciones 4.1 y 4.2

Para esta configuración se tiene que 4.1 cumple con el peso en RB aunque nuevamente el espacio para los pasajeros no será el mejor dado que en cada lado del banco de deja muy poco espacio, en 4.2 no se cumple con las condiciones de tracción.

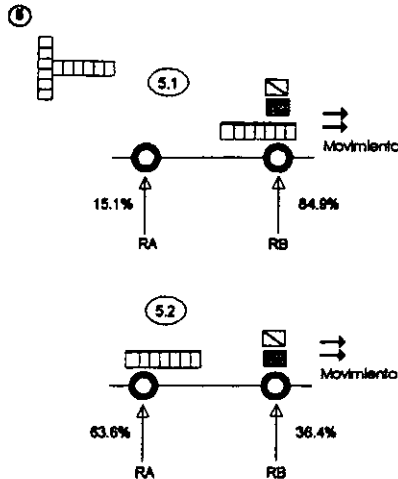


FIGURA 3.8 Distribución de peso para las configuraciones 5.1 y 5.2

La figura 3.8 nos muestra dos configuraciones , la primera 5.1 cumple con el peso requerido, pero para 5.2 no sucede así.

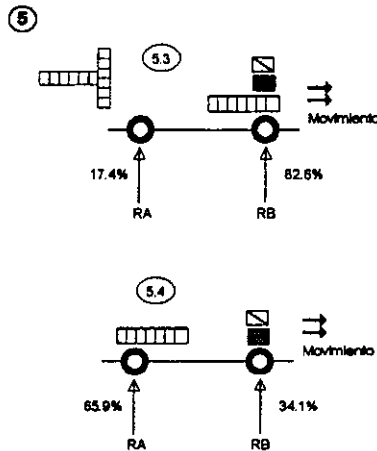


FIGURA 3.8.1 Distribución de peso de las configuraciones 5.3 y 5.4

En 3.8.1 tenemos que es similar a lo sucedido en la figura 4.5 debido a que solo se invierte la posición del banco de baterías, la diferencia entonces para poder evaluar se tiene por que la configuración 5.3 aparentemente si mantiene las características requeridas pero existe una interferencia entre el banco y las ruedas delanteras debido al giro de la dirección, como se muestra a continuación.

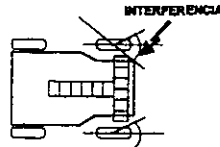


FIGURA 3.8.2 Zona de interferencia de las configuración 5.3

Finalmente al realizar una primera evaluación tenemos que solamente 3.3 y 5.2 satisfacen los requerimientos hechos con anterioridad.

Debemos mencionar que aunque no se logró en ninguna configuración el porcentaje exacto requerido con anterioridad de 50 a 60% del peso total del vehículo en el eje delantero, las configuraciones elegidas se tienen que seguir evaluando con medidas más precisas para determinar cual cumple y a que distancia se encuentra cada banco de baterías con una mejor aproximación para cada caso y así poder realizar una segunda elección.

3.2 Segunda evaluación de configuraciones 3.3 y 5.2

En esta segunda evaluación se tuvo que determinar la distancia de los paquetes de baterías con más precisión de tal forma que se forzó en el cálculo un 50% y 50% en el primer caso y un 40% y 60% para el segundo dentro de las dos configuraciones estudiadas.

El resultado obtenido fue el siguiente:

Para la configuración que debe tener un 50% y 50% de peso en cada uno de los ejes se requiere de una distancia de 1.24m entre el eje delantero y el centro de masa del paquete de baterías, como lo muestra la siguiente figura.

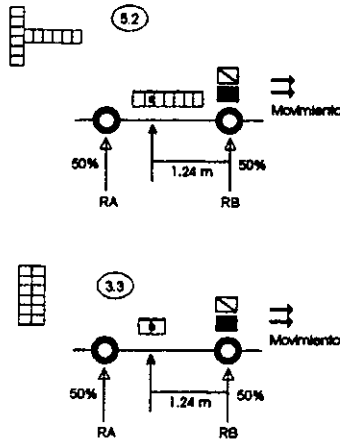


FIGURA 3.9 Distancia del centro de masa del banco de baterías al eje delantero para un porcentaje de 50% y 50%

En la configuración que debe cumplir con un 60% del peso total en el eje delantero y un 40% en el eje trasero la distancia entre el eje delantero y el centro de masa del paquete de baterías es de 1.0m por lo que la distancia entre el paquete y el eje trasero es entonces la misma.

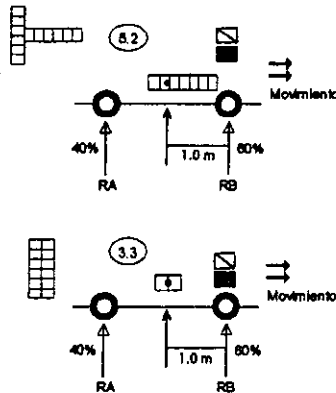


FIGURA 3.10 Distancia del centro de masa del banco de baterías al eje delantero para un porcentaje de 40% y 60%

Cabe mencionar que la distancia obtenida entre ejes y paquetes, es independiente de la forma de estos ya que solo depende de saber donde se encuentra en centro de masa de cada una de las configuraciones de los paquetes.

Con los cálculos anteriores se pasó a dibujar con medidas reales para obtener las distancias y espacios que se tienen para cada una de las configuraciones, las cuales se presentan en los planos del 1 al 8 del Apéndice A.

Para obtener las dimensiones de los pasajeros así como el espacio que ocuparían dentro del vehículo fue necesario utilizar la referencia número 11, donde se manifiestan las dimensiones reales basadas en métodos antropométricos para un pasajero sentado con los datos que ahí se manejan

	Estatura máxima (mm)	Peso máximo (kg)
Hombre alto	1900	111.2
Mujer pequeña	1470	30.5

Los datos anteriores manejan cifras de un máximo en un hombre alto y un mínimo en una mujer pequeña, para poder abarcar todas las cifras que se encuentren dentro de este intervalo.

3.3 Observaciones de las configuraciones

3.3 50% y 50%. Para esta configuración vemos que la distancia que se requiere entre los ejes y el centro de masa del paquete de baterías, no interfiere en el espacio de los pasajeros, ya que estos se encuentran por arriba del paquete, lo que hay que considerar entonces, es la forma de intercambiar las baterías porque se tiene que proponer un sistema que aparte los asientos, para poder sacarlas del vehículo, en otra opción se tendrían que colocar rieles para sacar las baterías por la parte frontal y por un extremo lo que significaría un diseño mas complejo.

3.3 40% y 60% En esta configuración las baterías quedan demasiado adelante lo que ocasiona que el motor reductor no se pueda colocar fácilmente, además al igual que en la configuración anterior, es difícil realizar en intercambio de las baterías.

5.2 50% y 50% Esta configuración se muestra más aceptable por la razón de que el paquete de baterías no influye con los pasajeros, el banco nos proporciona un mejor espacio en sus alrededores, y la forma de intercambiarlo es sencilla se propone, entonces un riel que corra transversalmente al vehículo, de tal forma que las baterías salgan por un costado, no teniendo que tener sistemas complejos o de alguna manera quitar elementos del vehículo para realizar el cambio.

5.2 40% y 60% Para esta configuración se tiene que es similar a la anterior y que no afecta en nada el cambio de las baterías, aunque al hacer la comparación se nota que en esta el espacio no es tan favorable, porque se dejan dos pequeños espacios en la zona que está delante y detrás del banco, y estos espacios no se pueden ocupar para algo relevante, entonces si notamos que para la configuración anterior las baterías se recorren hacia atrás, estos espacios se vuelven uno solo haciendo que este sea más útil, ya sea para equipaje o algún tipo de herramienta. Para lograr una mejor elección en base a las configuraciones antes mencionadas es necesario comparar los parámetros entre sí para darles el porcentaje necesario. Como se muestra en la Tabla 3.3

Parámetro	1																								SUMA	%																											
1.Estabilidad	1	0	0	1	0	0	1	0	2																3	8.33																											
2.Tracción	0								1	0	1	0	0	1	0	3												3	8.33																								
3.Espacio equipaje	1								0							0	1	0	0	1	0	4												3	8.33																		
4.Espacio pasajeros		1							1							1						1	0	0	1	0	5												5	13.89													
5.Cambio de baterías			0							0						0						0	0	1	0	6												1	2.87														
6.Maniobrabilidad				1							1						1					1					1					0	1	1	7												7	19.45					
7.Visibilidad					1							1						1									1					1					0	0	0	8												8	16.67
8.Espacios Motor/reductor y baterías					0							0							0								0					0					0	1	1													2	5.55
9.Efectos de trayectoria						1							1							1							1					1					0	1	0													6	16.67
																									38	100.00																											

Tabla 3.3 Comparación entre parámetros de diseño

Se establece también un valor porcentual de satisfacción el cual se aplicará a los parámetros en la matriz de decisión.

TABLA DE SATISFACCION		
Porcentaje	Descripción	
100%	Completa satisfacción	Objetivo satisfecho en todos sus aspectos
90%	Satisfacción aceptable	Objetivo satisfecho en sus aspectos importantes
75%	Satisfacción considerable	Objetivo satisfecho en la mayoría de sus aspectos
50%	Satisfacción moderada	Punto intermedio entre completa y nula satisfacción
25%	Satisfacción insuficiente	Satisface en menos de la mitad de sus aspectos
10%	Satisfacción nula	No satisface el objetivo

TABLA 3.4 Descripción de porcentajes de satisfacción

La tabla 3.5 nos muestra la matriz de solución en conjunto de las 4 últimas configuraciones analizadas.

PARÁMETRO	SOLUCIONES POSIBLES							
	3.3 (50%,50%)		3.3 (60%,40%)		5.2 (50%,50%)		5.2 (60%,40%)	
1.- Estabilidad	8.33*1.0=	8.33	8.33*1.0=	8.33	8.33*1.0=	8.33	8.33*1.0=	8.33
2.- Tracción	8.33*0.9=	7.49	8.33*1.0=	8.33	8.33*0.75=	6.25	8.33*0.9=	7.49
3.- Espacio equipaje	8.33*1.0=	8.33	8.33*0.9=	7.45	8.33*0.75=	6.25	8.33*0.75=	6.25
4.-Espacio pasajeros	13.89*0.9=	12.50	13.89*0.9=	12.50	13.89*0.5=	6.94	13.89*0.5=	6.94
5.-Cambio de baterías	2.78*0.9=	2.50	2.78*1.0=	2.78	2.78*0.25=	0.69	2.78*0.25=	0.69
6.-Maniobrabilidad	19.45*1.0=	19.45	19.45*0.75=	14.58	19.45*0.9=	12.50	19.45*0.75=	14.58
7.-Visibilidad	16.67*0.9=	15.00	16.67*0.9=	15.00	16.67*0.9=	15.00	16.67*0.9=	15.00
8.-Espacio Motor/reductor baterías	5.55*1.0=	5.55	5.55*0.75=	4.16	5.55*0.9=	4.99	5.55*0.9=	4.99
9.-Efectos de trayectoria	16.67*0.75=	12.50	16.67*0.9=	15.00	16.67*0.75=	12.50	16.67*0.9=	15.00
TOTAL %		91.65		88.13		73.45		79.27

Tabla 3.5 Matriz de decisión

Para finalizar este análisis, se decidió entonces elegir la configuración 3.3 50% y 50%, ya que esta cumple mejor con las características requeridas y apoyándonos en la matriz de decisión de la tabla 4.5, determinamos que esta es la mejor elección.

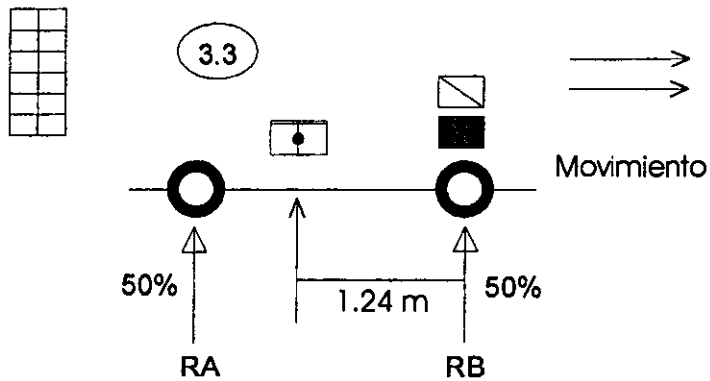


Figura 3.11 Configuración elegida

CAPÍTULO IV
DISEÑO DE DETALLE

CAPÍTULO IV DISEÑO DE DETALLE

En base a la configuración obtenida en el capítulo anterior se procederá a realizar el diseño de detalle, en este se darán a conocer las partes que conforman al chasis, así como los elementos adicionales para su fabricación

Al realizar el diseño de las partes que conforman al chasis se necesita identificar cuales son los elementos que se acoplarían al chasis, como son la suspensión delantera y trasera, el motor, el reductor de velocidades, caja de velocidades y el soporte de la carrocería. Dado que las partes que conforman los sistemas antes mencionados, requieren ser de fácil adquisición en el mercado, por lo que se optó por partes comerciales de automóviles conocidos, por ello se tomó la referencia de dos automóviles que se encuentran actualmente en circulación, el JETTA Modelo 95 fabricado por la Volks Wagen y el Chevy modelo 98 fabricado por Chevrolet Motor Company, cuyos sistemas de suspensión tienen la capacidad para adaptarse al diseño propuesto.

El sistema de suspensión a utilizar en la parte delantera es Mc Person, dado que es uno de los más comunes y nos brinda espacio delantero, siendo este a su vez de fácil adquisición ya que sus partes son comerciales. Este sistema es como el que se muestra a continuación, basado en el automóvil JETTA.

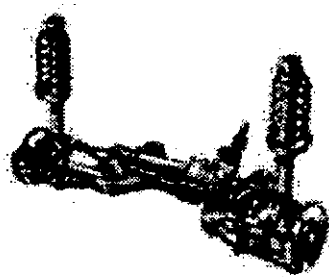


Figura 4.1 Suspensión McPerson JETTA A4

En cuanto a la suspensión trasera se tomo un sistema compacto que permitiera brindar espacio en la cajuela y que también proporcionara resistencia a las fallas en el camino y confort para los pasajeros, se tomó entonces la suspensión trasera que tiene el Chevy, tal como se muestra a continuación.

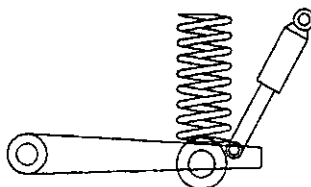


Figura 4.2 Suspensión trasera Chevy

Debido a que la suspensión delantera no se puede colocar por si sola es necesario el soporte llamado "puente", el cual unirá a la suspensión con la carrocería, el puente considerado es el del automóvil JETTA, se tomaron todas sus dimensiones para poder acopiarlo a la carrocería, por esta razón las modificaciones de dimensiones dadas al chasis cumplen con las del propio puente. En el plano # 9 del apéndice C, se muestran las dimensiones de dicho puente.

En cuanto a la parte trasera se tomó también el puente que tiene el JETTA para dar soporte a la suspensión en esta zona y mayor rigidez al chasis, junto con las partes de sujeción de la suspensión.

Para continuar con el diseño de detalle es necesario recordar los datos obtenidos en el capítulo anterior, donde la configuración elegida, fue la número 5.2 con 50% y 50% de peso a soportar en el eje trasero y delantero.

Se pensó en un chasis, conformado por elementos tubulares y láminas para dar resistencia y rigidez al mismo, esta decisión se tomó para manejar un nuevo concepto de estructura, debido a que con los perfiles tubulares comerciales se pueden construir estructuras especiales, pero se tiene un exceso de materiales, por ejemplo en algunos puntos donde se vaya a unir con una lámina, solo se podría realizar con tornillos, remaches y soldadura mientras que elementos laminares se puede utilizar el proceso de punteado.

La realización de las partes que conforman al chasis se dividieron en grupos denominados como grupo A, grupo B y grupo C.

El grupo A pertenece a los elementos laminares centrales del chasis como, las láminas conformadas que cubren la batería y dan su soporte, además de la rigidez requerida en esa zona. La lámina utilizada es de calibre 18 (1.2 mm) de espesor.

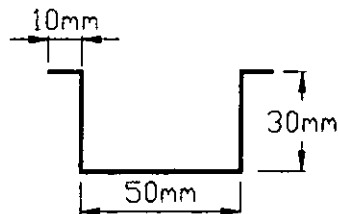


Figura 4.3 Perfil utilizado para el grupo A

En el grupo B se tienen los perfiles estructurales que conforman la parte delantera y trasera del vehículo, estando unidos a las láminas del grupo A, estos soportarán los impactos, delanteros y traseros que pueda sufrir el vehículo, el espesor de estos perfiles es de 2 mm.

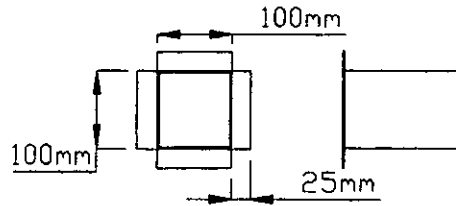


Figura 4.4 Perfil estructural para el grupo B

La figura 4.5 muestra el arreglo de los elementos del grupo A y B

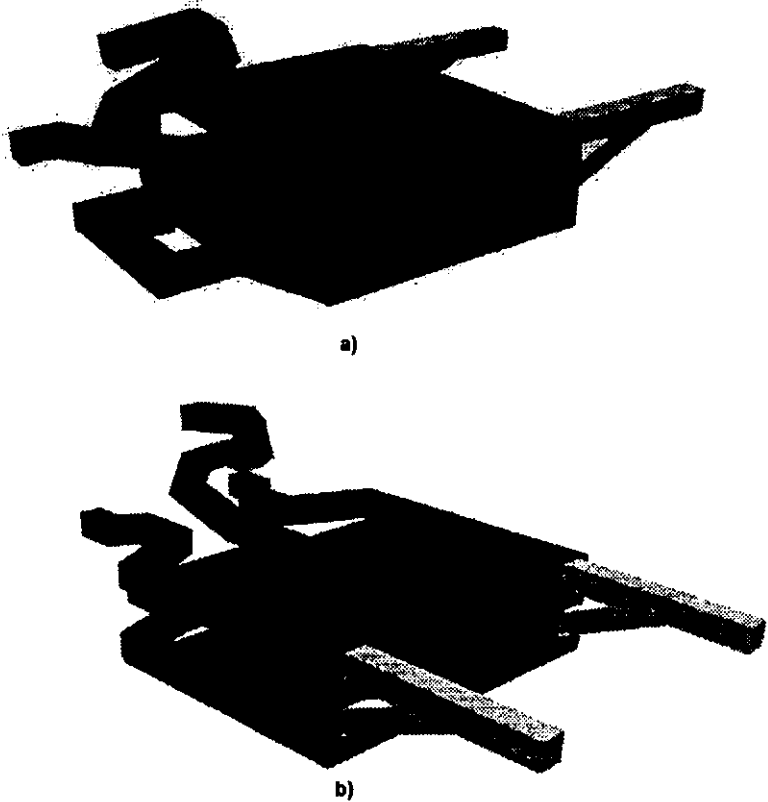


Figura 4.5 Arreglo final del chasis, grupos A y B

Finalmente el grupo C esta considerado como los elementos que van unidos los demás grupos y forman la estructura de la carrocería en sí, dando rigidez al sistema y proporcionando seguridad a los pasajeros, en todos los puntos restantes del vehículo. Estos son de lámina conformada de calibre 18 (1.2 mm) de espesor.

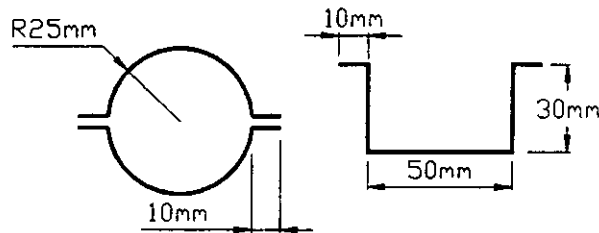


Figura 4.6 Perfiles estructurales para el grupo C

Debido a que el chasis debería soportar los impactos en la parte delantera y trasera, se colocaron perfiles que pudieran absorber la energía provocada en los choques, evitando así transmitir el impacto al interior del vehículo.

Estos tienen las mismas dimensiones que los perfiles a donde se unen, con la diferencia de que tienen forma de "acordeón", para poder deformarse con facilidad, cuando esto sucede se absorbe la mayor parte de la energía provocada por un impacto.

Estos se muestran en la siguiente figura.

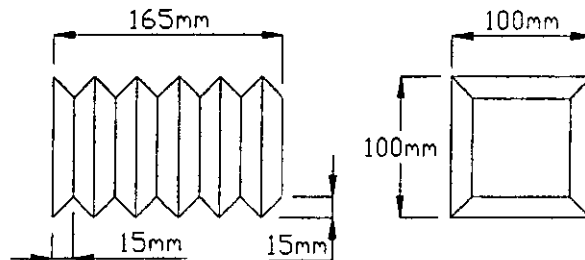


Figura 4.7 Perfiles en forma de "acordeón" para absorber energía

Cabe mencionar que también se pueden fabricar elementos cilíndricos con agujeros en dicho cuerpo para facilitar la fabricación.

Una vez obtenidos los componentes de cada grupo se procedió a establecer y dimensionar cada una de las piezas, de manera que se tuviera el tamaño real para poder armar el chasis todos los planos se encuentran en el apéndice C. En el plano # 10 se muestran las partes que conforman el grupo A y la forma en que quedan colocadas dentro del vehículo, se observa la protección a las baterías y el espacio para su alojamiento. Para el grupo B es necesario indicar que se trata de perfiles colocados para dar una mayor protección, además de darle rigidez al chasis creando una estructura como se muestra en los planos # 11, # 12 y # 13, fue necesario mostrar este grupo en tres planos dada la complejidad de los arreglos, divididos en parte alta, parte baja, central y trasera. En el apéndice C también se muestran los planos de partes del grupo C.

En la siguientes figuras se muestran los isométricos de las partes que conforman al vehículo eléctrico antes mencionadas.

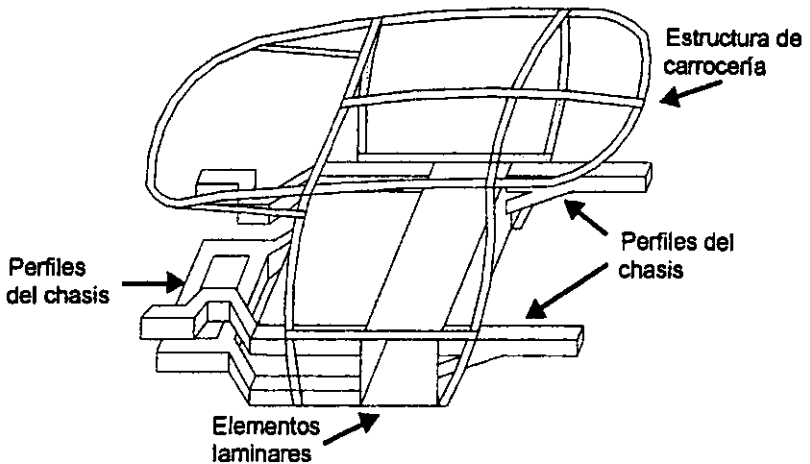


Figura 4.8 Isométrico de chasis y carrocería

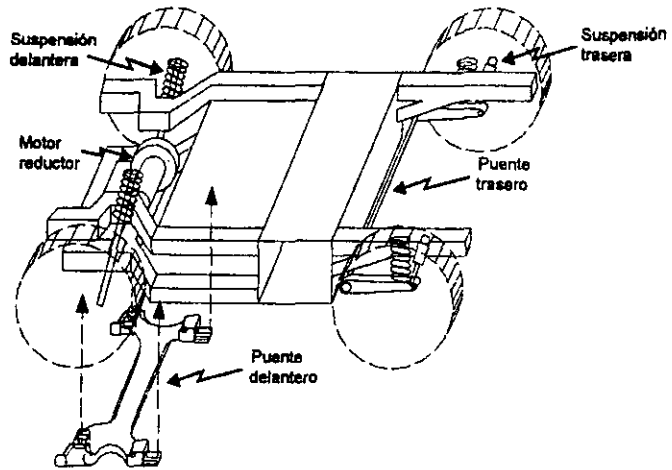


Figura 4.9 Isométrico de chasis y elementos

4.1 SOLDADURA POR RESISTENCIA

Para la unión de las piezas del chasis se requiere de soldadura por resistencia es por esa razón es necesario conocer cuales son sus características.

La soldadura se realiza por medio de procesos en donde se genera calor y presión. El calor se genera por resistencia al paso de una corriente.

El equipo de soldadura se clasifica atendiendo a su funcionamiento eléctrico en: monofásica y trifásica.

4.1.1 Soldadura por puntos

Es la forma que más se utiliza, su aplicación es simplemente prensar dos o más piezas del metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas para dar lugar a su soldadura o unión. Se requiere de una secuencia de su ejecución como se muestra a continuación:

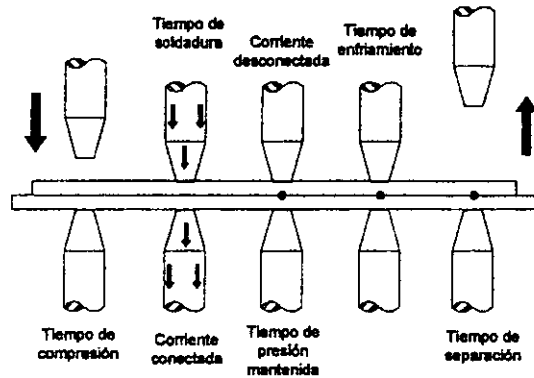


Figura 4.10 Secuencia de soldadura por puntos

-Tiempo de compresión: El tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo y la primera aplicación de la corriente.

- Tiempo de soldadura: El tiempo en el que pasa la corriente de soldar a través de las partes que se estén uniendo expresado ordinariamente por ciclos.
- Tiempo de mantenimiento de la presión: Es el tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura después de haber terminado el paso de la corriente de soldar. Este tiempo permite que se enfríe o endurezca la pequeña región plástica de soldadura.
- Tiempo de separación: Se elimina la presión (regresan las puntas).

4.1.2 Soldadura por rodamiento

La soldadura de costura por rodamiento o *soldadura de costura*, consiste en hacer una serie de soldaduras de puntos a traslape. Se emplean dos electrodos circulares rotatorios (ruedas electrodos), o un electrodo rotatorio y uno tipo de barra para transmitir la corriente. Todas las soldaduras de costura por rodamiento son a traslape además existen dos tipos generales de costura: la longitudinal y la circular.

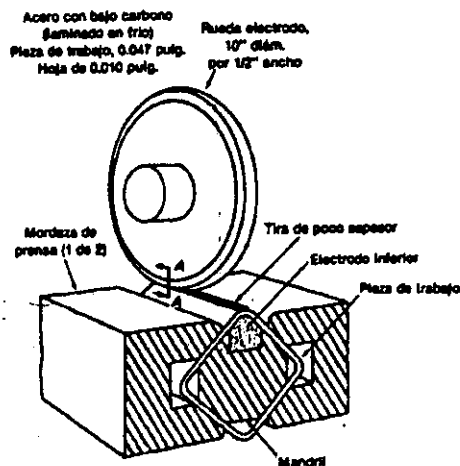


Figura 4.11 Electrodo rotatorio y de tipo de barra

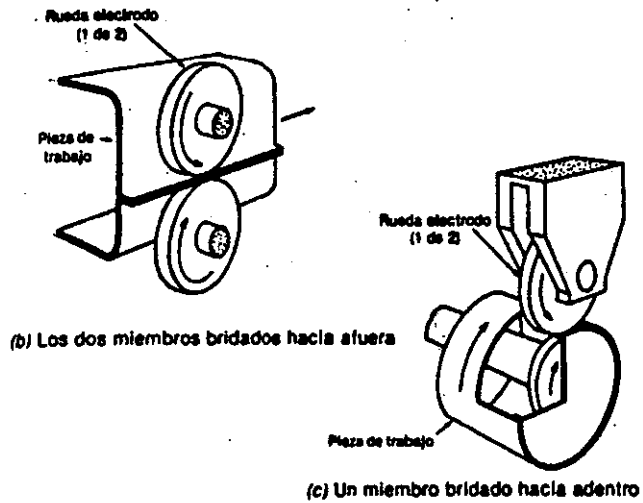
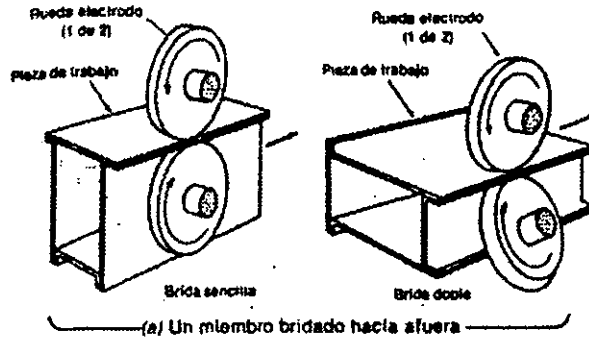


Figura 4.12 Tipos de costura por rodamiento

Una máquina longitudinal tiene sus electrodos dispuestos el forma tal que alimentan la pieza de trabajo, haciéndola avanzar hacia la garganta de la máquina. Las máquinas circulares tienen los electrodos dispuestos de tal forma que alimentan la pieza de trabajo transversalmente a la garganta de la máquina.

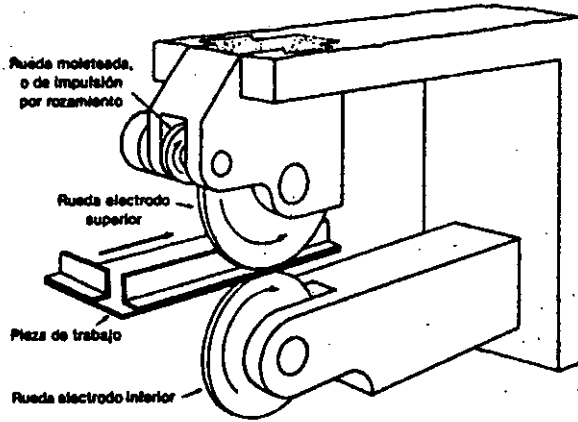


Figura 4.13 Máquina longitudinal

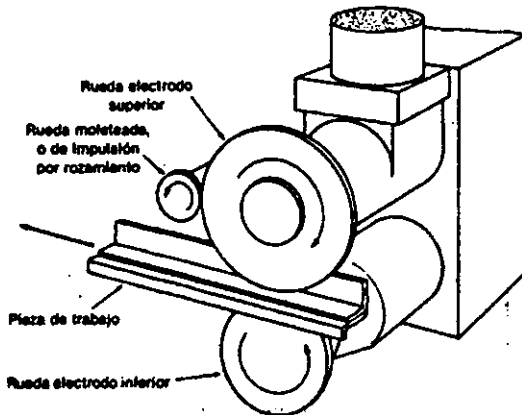


Figura 4.14 Máquina circular

4.2 PUNTOS DE UNIÓN DE PIEZAS DE LOS TRES GRUPOS

Una vez teniendo las características es necesario saber la forma de unión de cada una de ellas, tomando en cuenta su geometría y dimensiones, por lo que a continuación se explica como son estas uniones para cada uno de los grupos mencionados anteriormente.

GRUPO A

En este grupo aparecen elementos laminares y perfiles para la cubierta y el refuerzo respectivamente, por lo que los tipos de unión serán como se indica en la figura 4.15 a) y b)

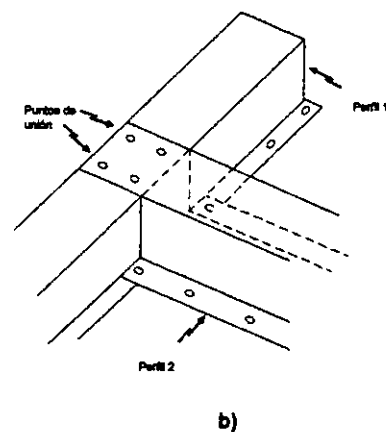
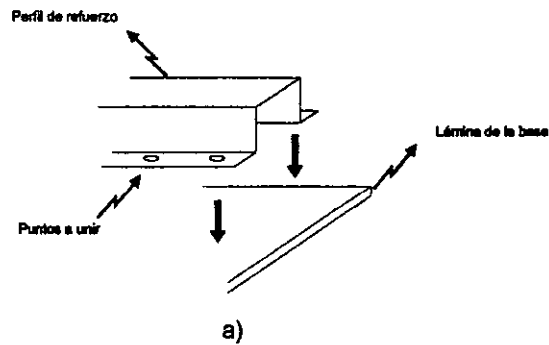


Figura 4.15 Tipo de unión de perfiles y base de refuerzo

En necesario indicar que en las figuras aparece como punto de unión pero esto puede ser también en la soldadura de costura.

GRUPO B

A diferencia del grupo anterior este como ya se mencionó anteriormente consta de perfiles de 2 mm. de espesor de sección transversal cuadrada, los cuales van unidos con los elementos laminares del grupo A y con otros perfiles del mismo grupo, teniendo la forma de unión que se muestra a continuación:

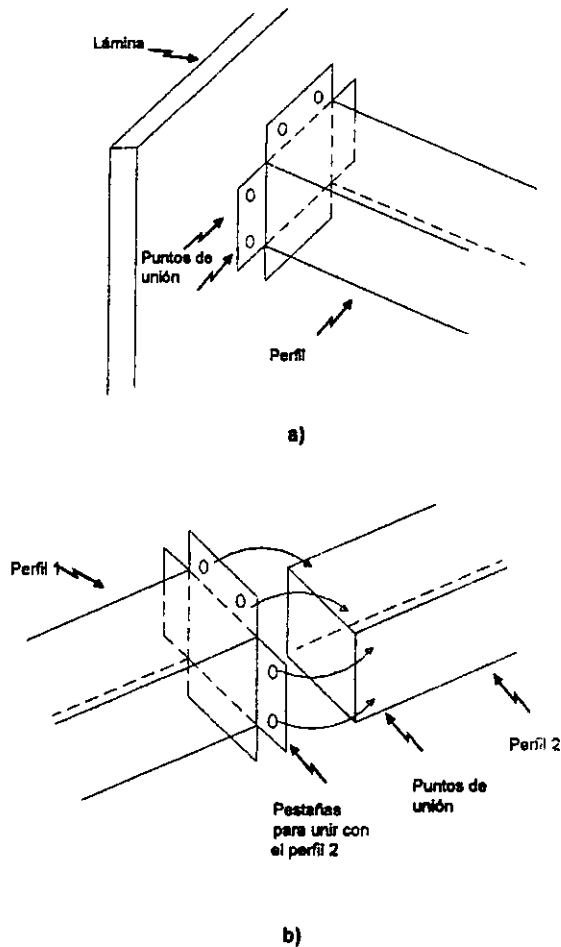
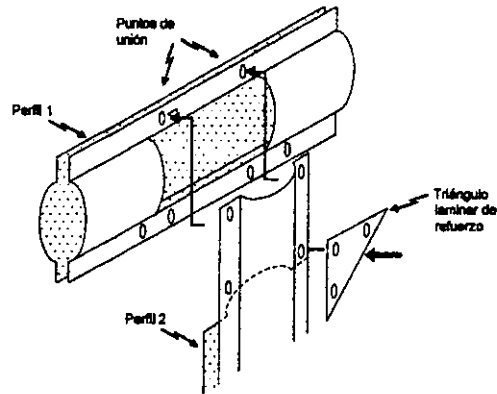


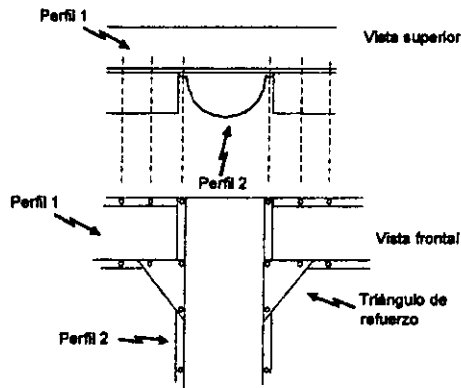
Figura 4.16 Unión de elementos del grupo B

GRUPO C

Para el grupo C se tiene un tipo de perfil como el mostrado en la figura 4.6, siendo este utilizado en la estructura que soporta a la carrocería, además que la configuración permite proteger a los tripulantes en caso de un choque o volcadura. La unión entre estos perfiles se muestra a continuación en la siguiente figura.



a)



b)

Figura 4.17 Forma de unión entre perfiles del grupo C

En la figura anterior se observa que las uniones requieren de pequeños cortes transversales en el perfil 1 para que el perfil 2 se pueda unir a este, también se requiere de unos triángulos laminares que se unen a ambos perfiles como se muestra para dar un mayor soporte y rigidez a toda la estructura.

CAPÍTULO V

CÁLCULOS

CAPÍTULO V CÁLCULOS

Los cálculos se realizaron de dos formas, la primera de ellas fue realizando un análisis estático de fuerza cortante y momento flexionante, para obtener los puntos en donde se presenta el valor máximo para cada uno de ellos. Con estos valores se prosiguió a calcular los esfuerzos totales como son el de tensión y compresión así como el cortante máximos. Este cálculo simplificado servirá como referencia al aplicar el análisis por FEM. Estos cálculos se muestran con mayor detalle en el Apéndice B.3.

La segunda forma de análisis fue por medio de elemento finito con ayuda del Software "COSMOS", herramienta que sirve para evaluar diferentes tipos de piezas o ensambles ya sea en análisis estáticos, dinámicos o magnéticos, por mencionar algunos, proporcionando valores útiles correspondientes a cada punto de la pieza o ensamble. Para utilizarlo fue necesario determinar las cargas y los puntos en donde se colocarían estas y las restricciones. La figura 5.1 nos muestra en una vista lateral del chasis la colocación de cada una de las cargas. Este modelo se simplificó debido a que el programa no soporta demasiada información.

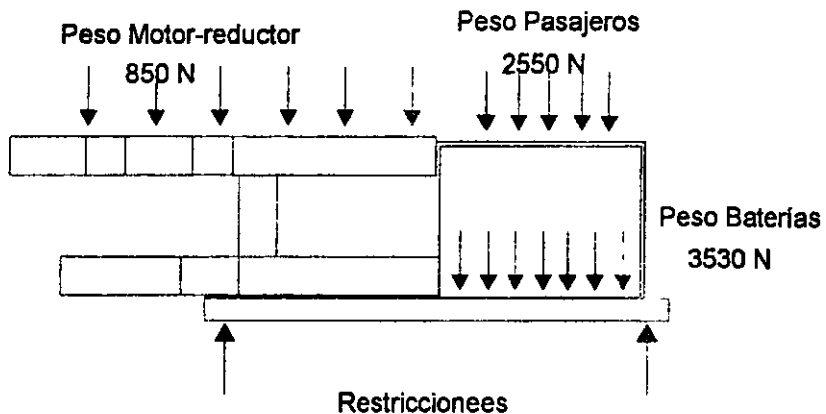


Figura 5.1 Cargas y restricciones utilizadas en elemento finito

El material a utilizar fue un Acero 1020 el cual tiene las siguientes propiedades:

- Módulo de elasticidad 200 GPa
- Resistencia a la tensión 420 MPa
- Resistencia a la cedencia 350 MPa
- Densidad 7900 kg/m³

Al proporcionar los valores anteriores al Software se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestran en las figuras 5.2 a, 5.2 b, 5.3 a, 5.3 b, 5.4 a y 5.4 b. Las figuras 5.2 a y b muestran el resultado de aplicar el criterio de Von Mises, en el cual se observa que la región de mayor esfuerzo es de 64.7 MPa, que comparada con la resistencia de cedencia ocupa solo el 18.5% de su valor.

Las figuras 5.3 a y b muestran el resultado de aplicar la intensidad de esfuerzos en el que se observa que el mayor esfuerzo es de 71MPa, siendo este de solo el 20.3% del esfuerzo de cedencia.

Las figuras 5.4 a y b muestran el desplazamiento que se produce por las cargas, es de 3 mm, que en comparación con las dimensiones del chasis resulta despreciable.

Finalmente si se comparan los resultados obtenidos mediante elemento finito con los realizados en el apéndice B.3 son similares, pero cabe mencionar que en estos últimos se idealizó todo en chasis como una viga de sección transversal rectangular y esto nos da resultados aproximados y una idea de cual será el valor real de los esfuerzos.

Análisis de Elemento Finito

Elemento 2,22,1 :: Estado Actual Resol.
Unidad: N/m²

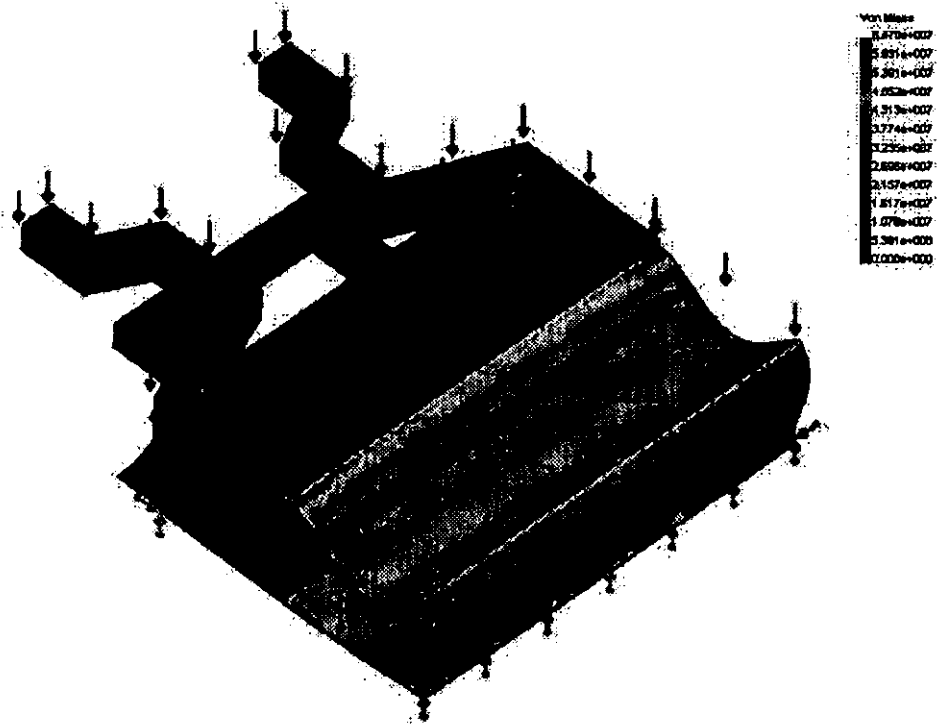


Figura 5.2 a Esfuerzos de Von Mises

Análisis de Elemento Finito

Ejemplo 2.23-1 :: Static Nodal Stress
Units : N/m²

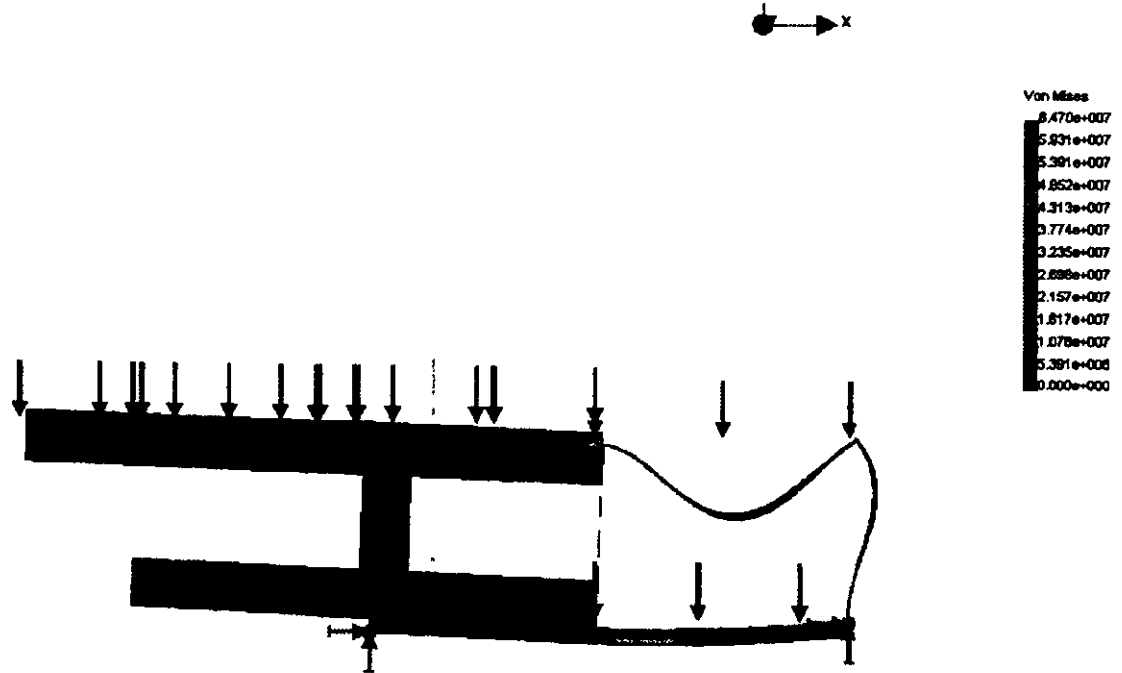


Figura 5.2 b Esfuerzos de Von Mises (vista lateral)

Análisis de Elemento Finito

Element 62,23,1 - Shell: Nodal Stress:
Units: MPa

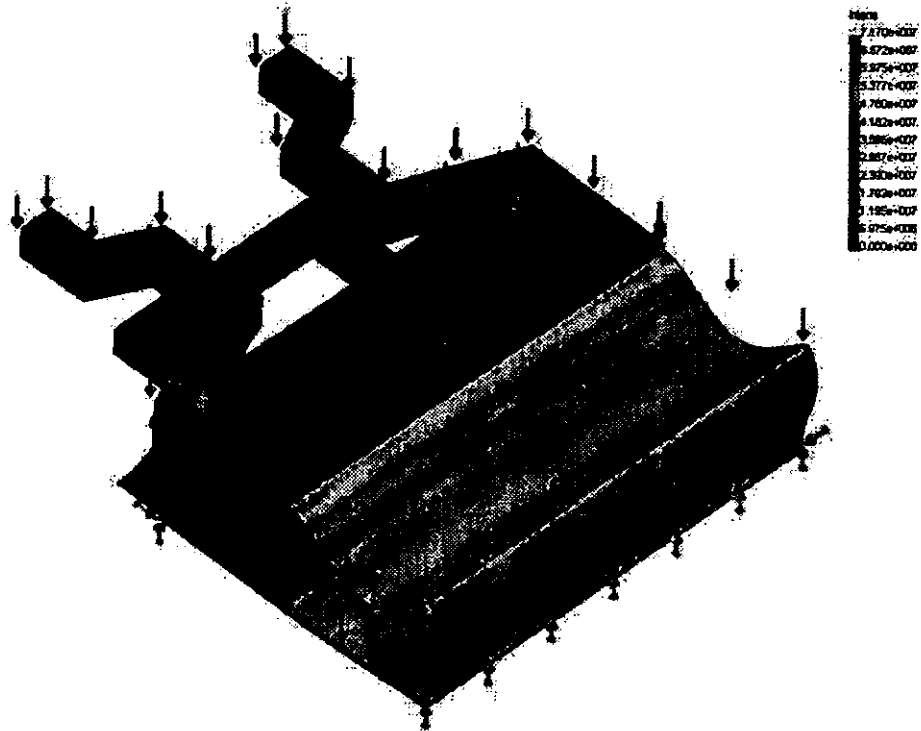
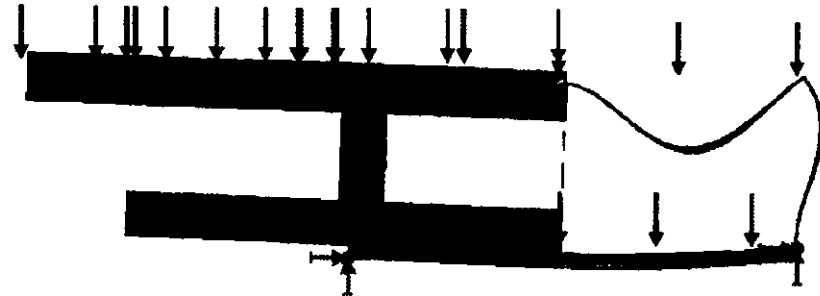
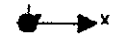


Figura 5.3 a Intensidad de esfuerzos

Análisis de Elemento Finito

Elemento2.23-1 :: Static Nodal Stress
Units : N/m²



Intens

7.170e+007
6.572e+007
5.975e+007
5.377e+007
4.780e+007
4.182e+007
3.585e+007
2.987e+007
2.390e+007
1.792e+007
1.195e+007
5.975e+006
0.000e+000

Figura 5.3 b Intensidad de esfuerzos (vista lateral)

Análisis de Elemento Finito

Elemento 2.23-1 - 2D de Desplazamiento
Unid: m

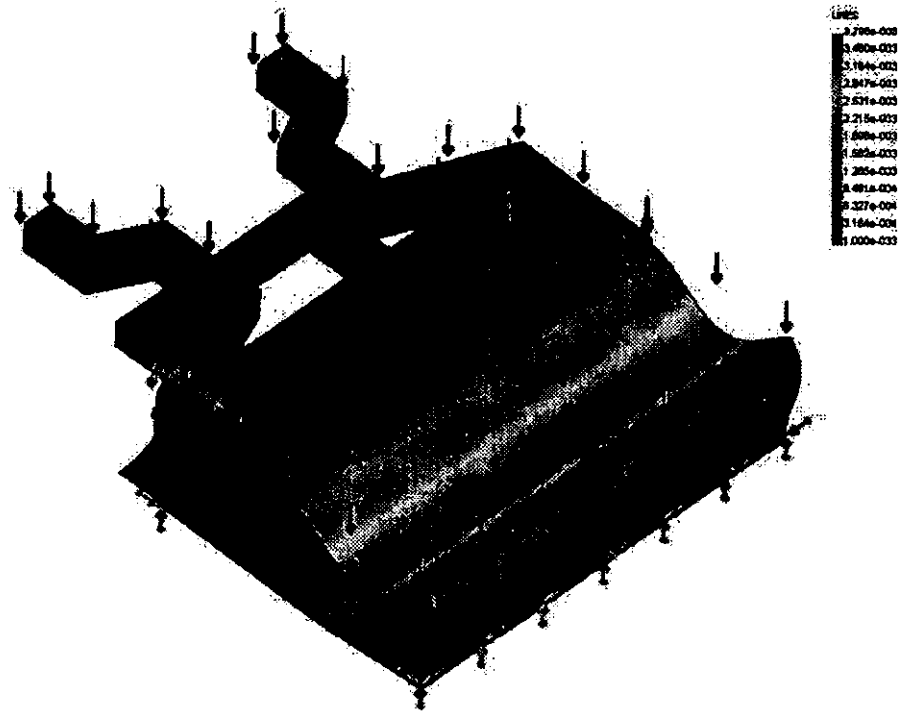


Figura 5.4 a Desplazamiento

Análisis de Elemento Finito

Ensamble2.23-1 :: Static Displacement
Units : m

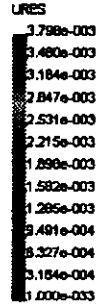
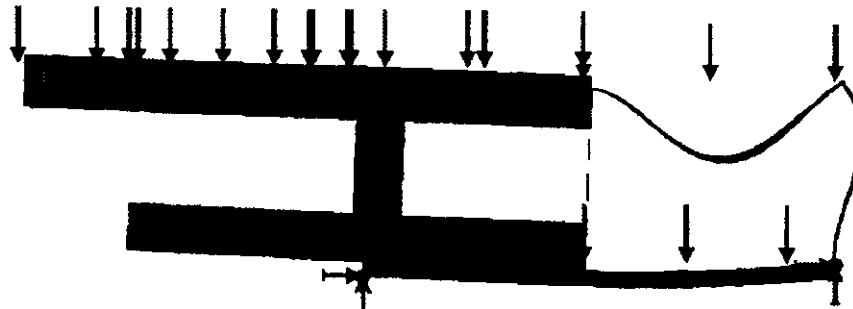
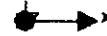


Figura 5.4 b Desplazamiento (vista lateral)

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo se ha creado un diseño que satisface las necesidades mencionadas en el capítulo II, en donde se requería un vehículo eléctrico que como prioridad se adaptara a las condiciones que existen en la Ciudad de México. Se obtuvo la configuración más adecuada en base a la disposición de un banco de baterías, de ahí en el diseño de detalle las partes que requeriría el chasis proponiendo tipos de ensamble que fueran similares a lo que se utiliza actualmente en la fabricación de vehículos.

Más adelante la realización de los cálculos de esfuerzos brindó una serie de resultados que interpretaban el comportamiento del chasis al sometimiento de cargas dichos resultados demuestran que se trata de una estructura confiable en demanda de los requerimientos mencionados a lo largo del trabajo.

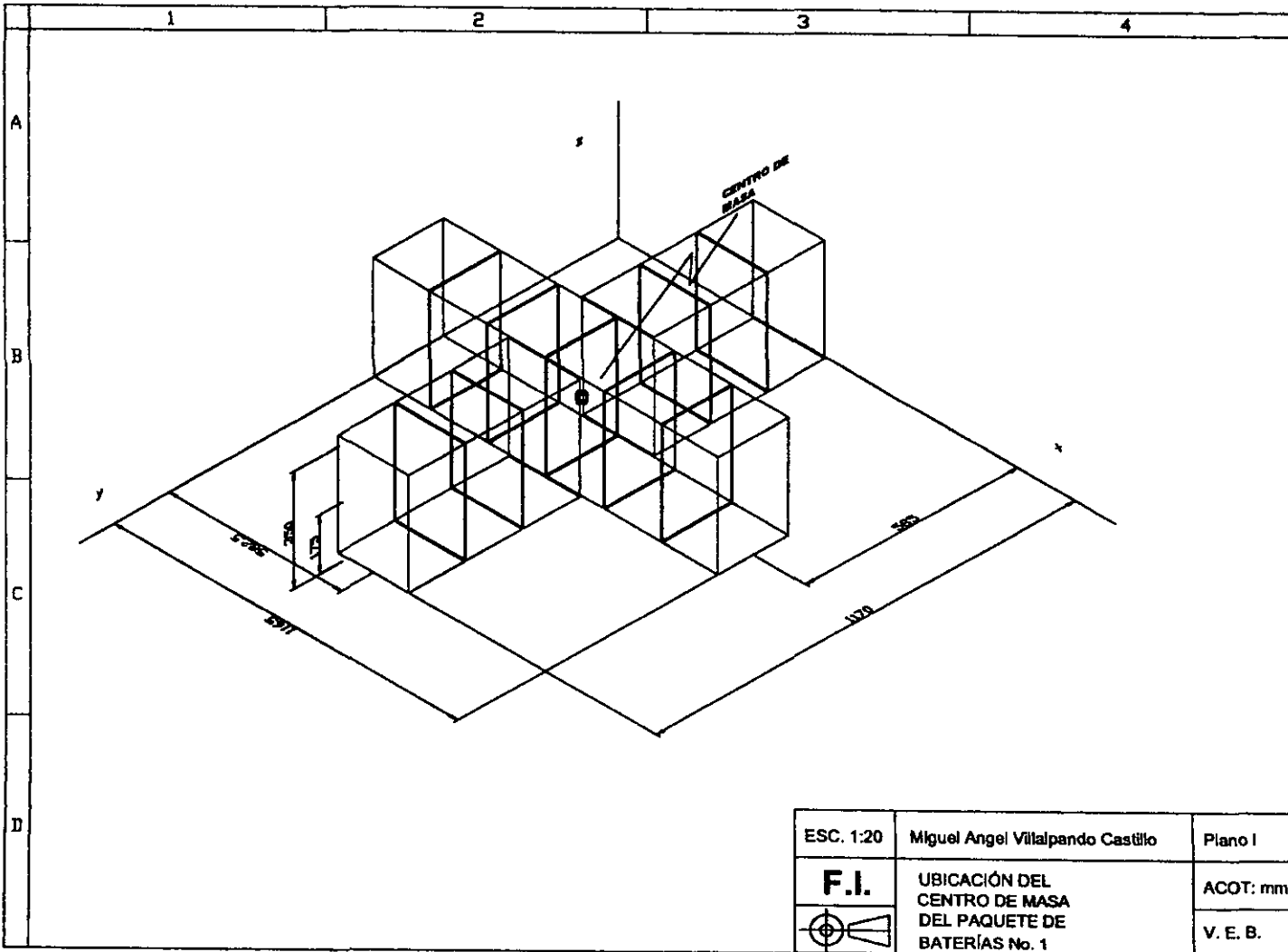
Se concluye entonces con respecto al objetivo lo siguiente:


- Se obtuvo una configuración óptima en el manejo de espacio para el banco de baterías
- El vehículo cuenta con una estabilidad aceptable debido a la disposición del banco de baterías
- El cambio de baterías resulta sencillo por la forma en que están colocadas
- Los materiales utilizados son de uso comercial y por lo tanto de fácil adquisición
- Es un vehículo biplaza que se puede convertir en uno de cuatro plazas para dos niños
- La forma del chasis junto con los materiales soportan cargas si sufrir deformación notable ni ruptura

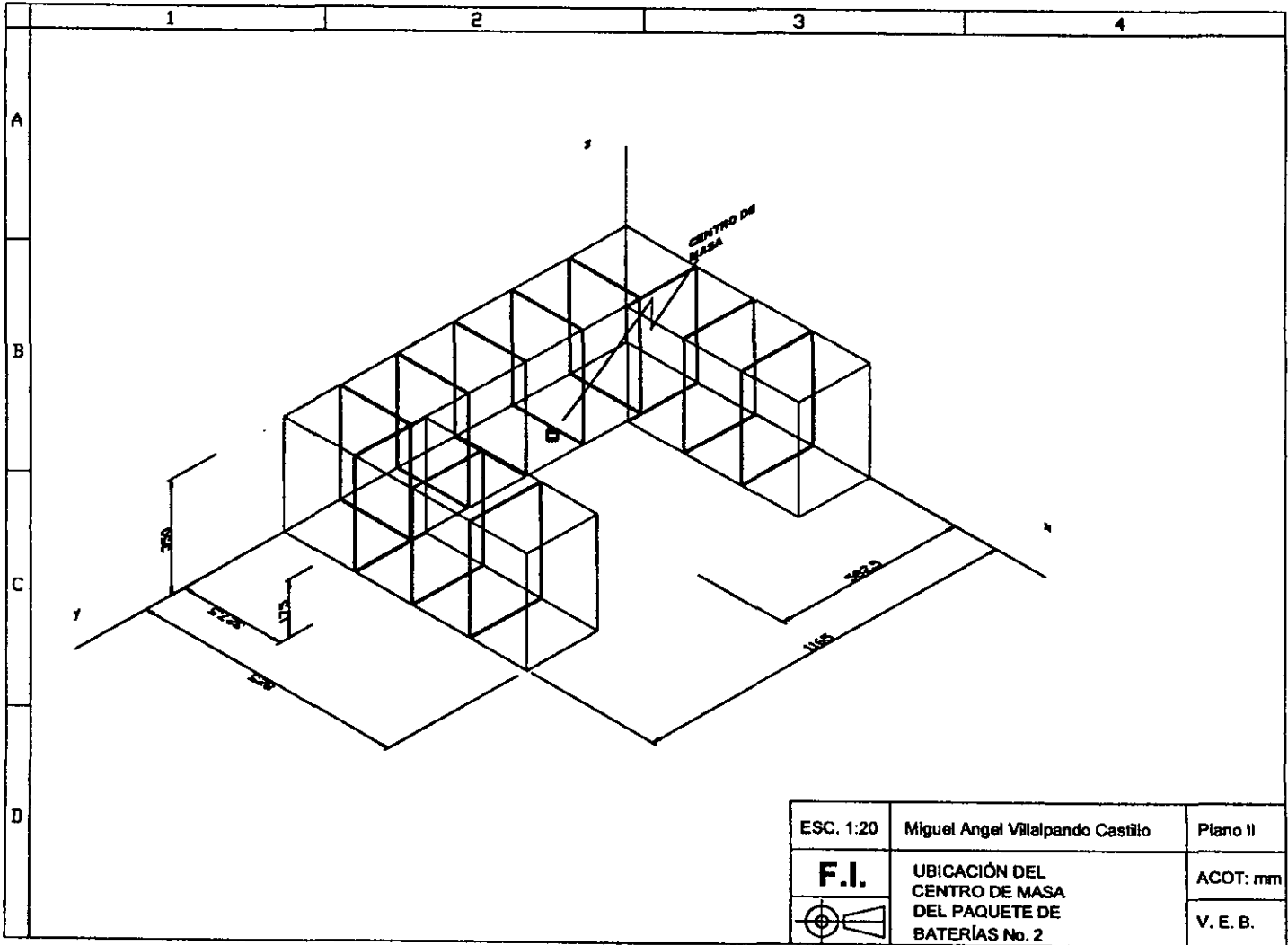
APÉNDICE

APÉNDICE A**Planos de configuración.**

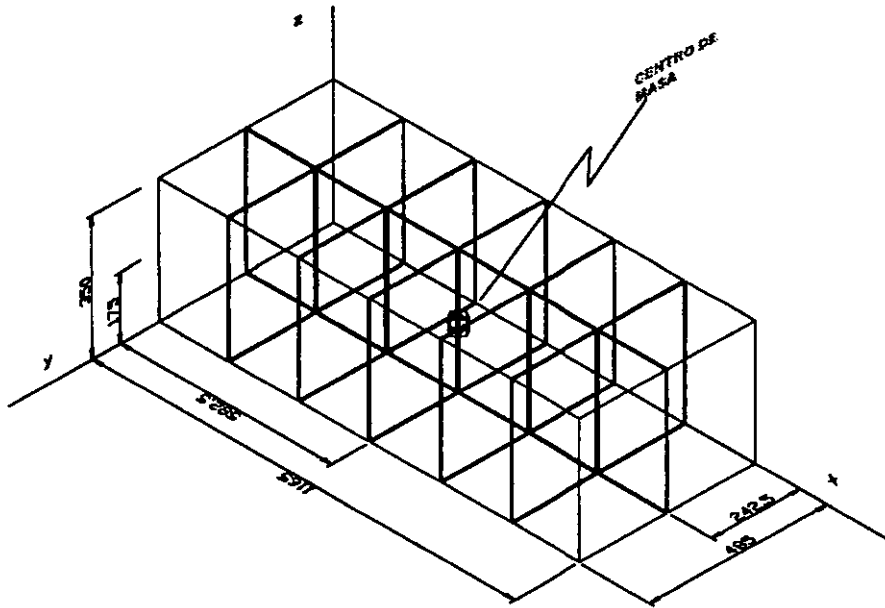
Nombre	Plano
Ubicación del centro de masa del paquete de baterías No. 1	I
Ubicación del centro de masa del paquete de baterías No. 2	II
Ubicación del centro de masa del paquete de baterías No. 3	III
Ubicación del centro de masa del paquete de baterías No. 4	IV
Ubicación del centro de masa del paquete de baterías No. 5	V
Vista lateral de configuración 3.3 40% 60%	1
Vista superior de configuración 3.3 40% 60%	2
Vista lateral de configuración 3.3 50% 50%	3
Vista superior de configuración 3.3 50% 50%	4
Vista lateral de configuración 5.2 40% 60%	5
Vista superior de configuración 5.2 40% 60%	6
Vista lateral de configuración 5.2 50% 50%	7
Vista superior de configuración 5.2 50% 50%	8




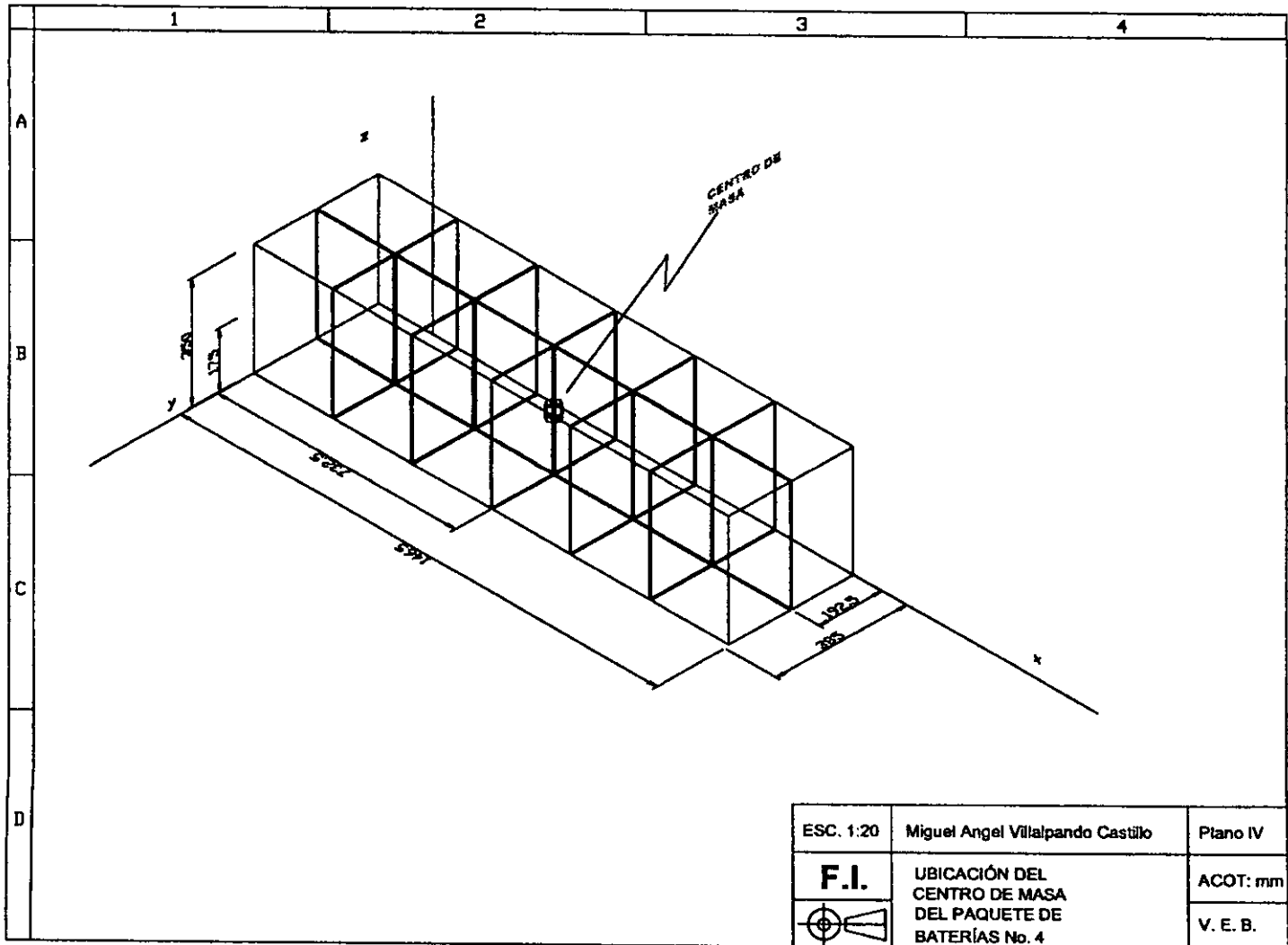
ESC. 1:20	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano I
F.I.	UBICACIÓN DEL CENTRO DE MASA DEL PAQUETE DE BATERÍAS No. 1	ACOT: mm
		V. E. B.

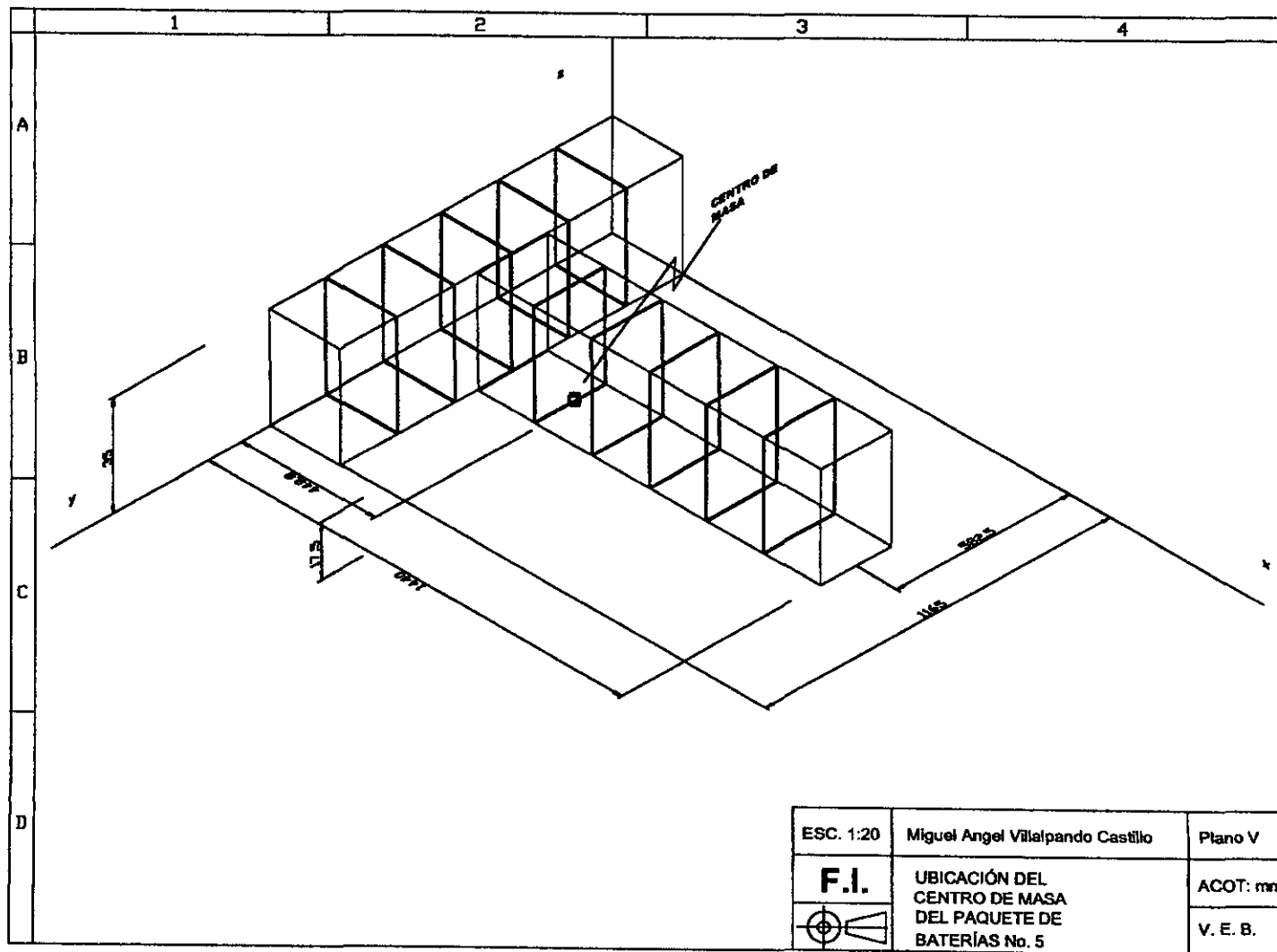


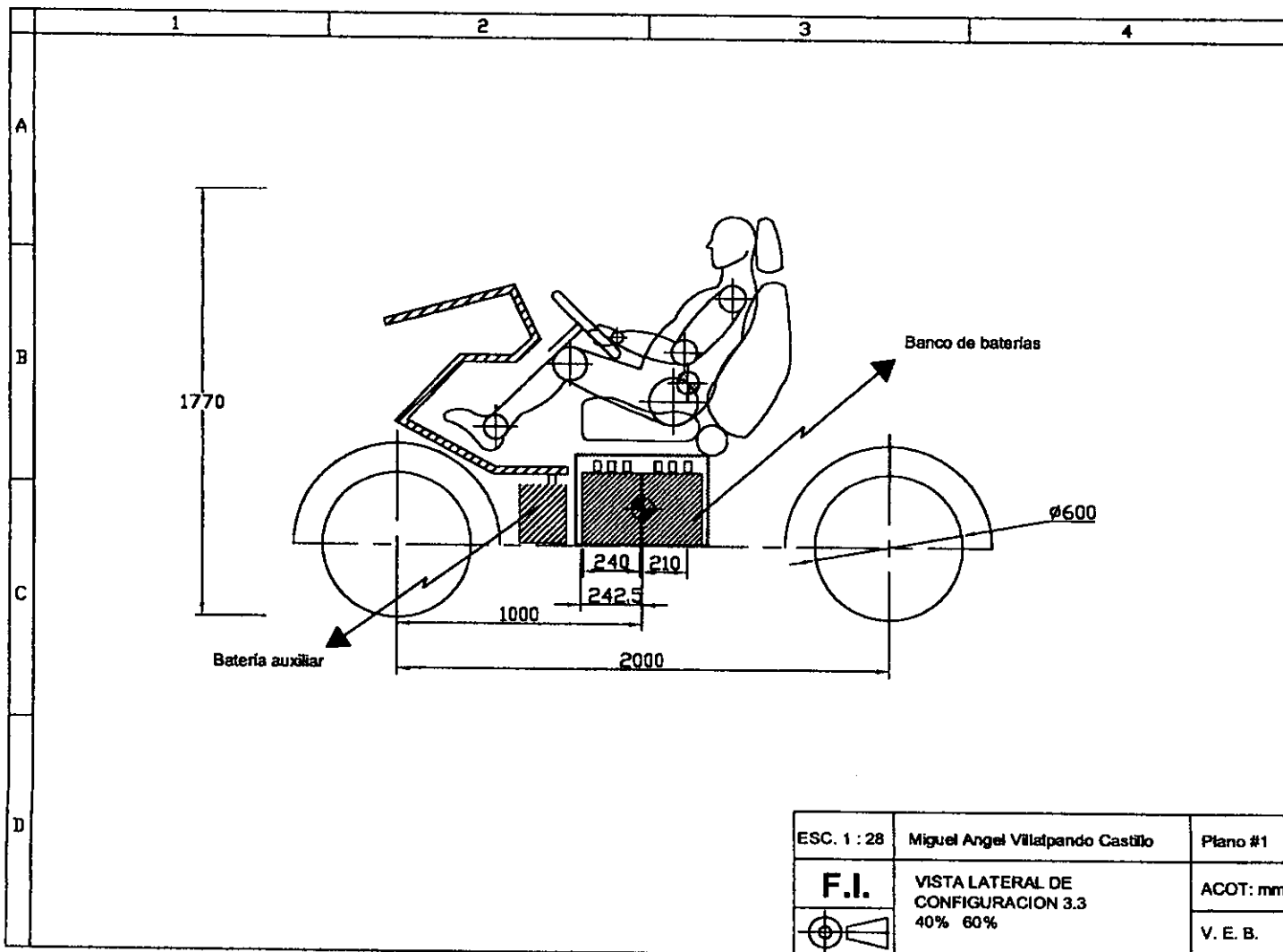
ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



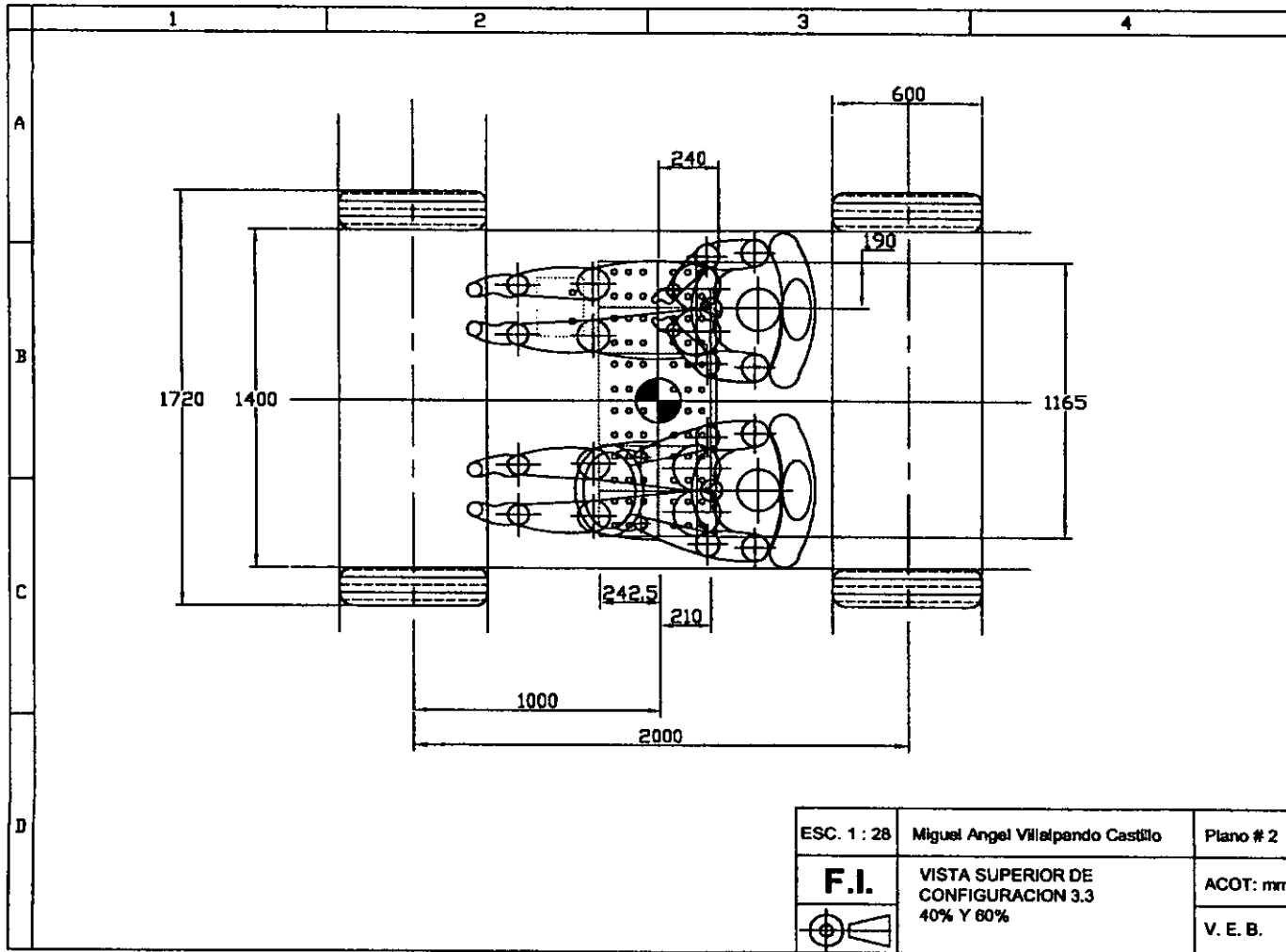
ESC. 1:20	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano III
F.I.	UBICACIÓN DEL CENTRO DE MASA DEL PAQUETE DE BATERÍAS No. 3	ACOT: mm
		V. E. B.

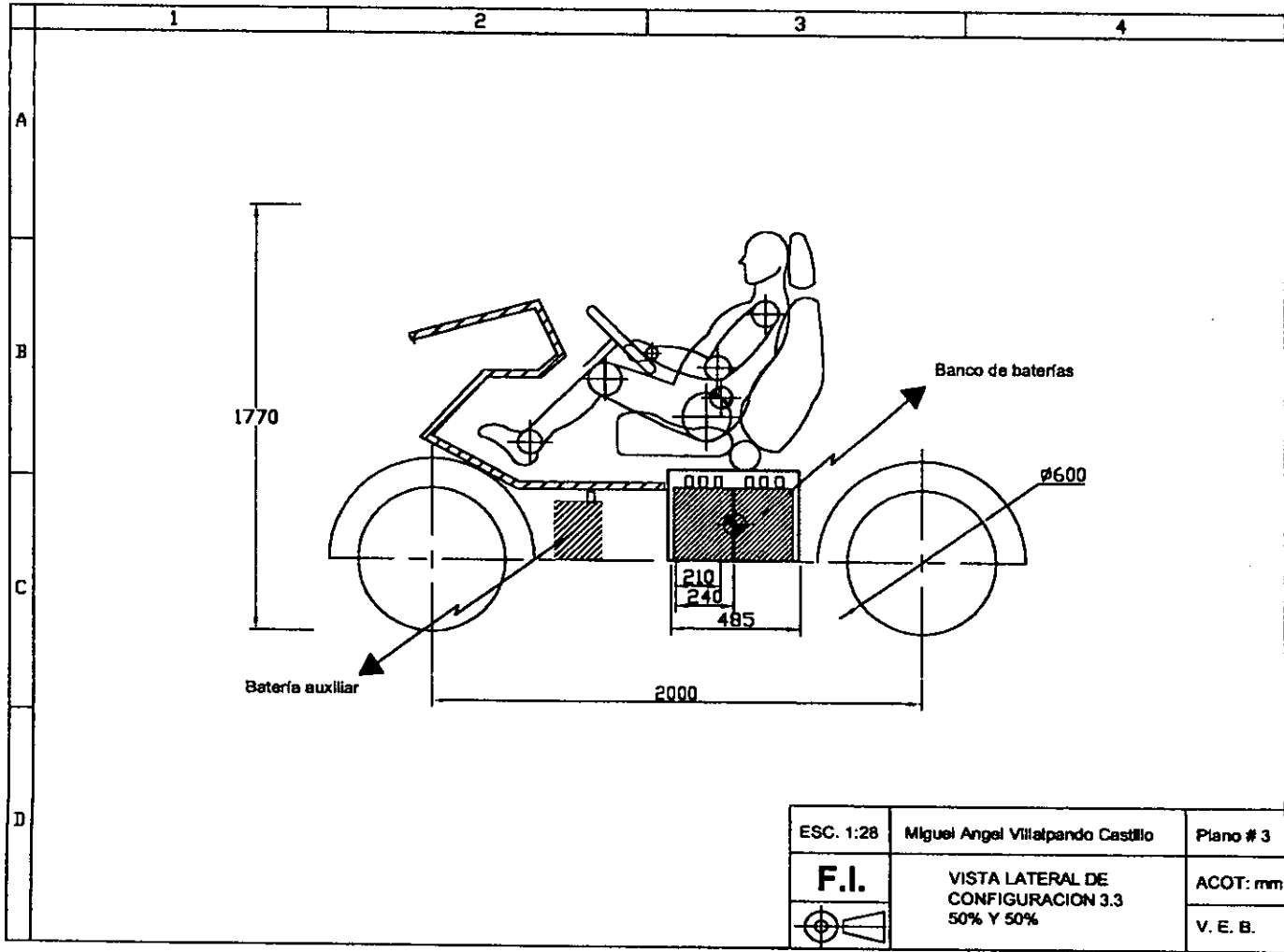


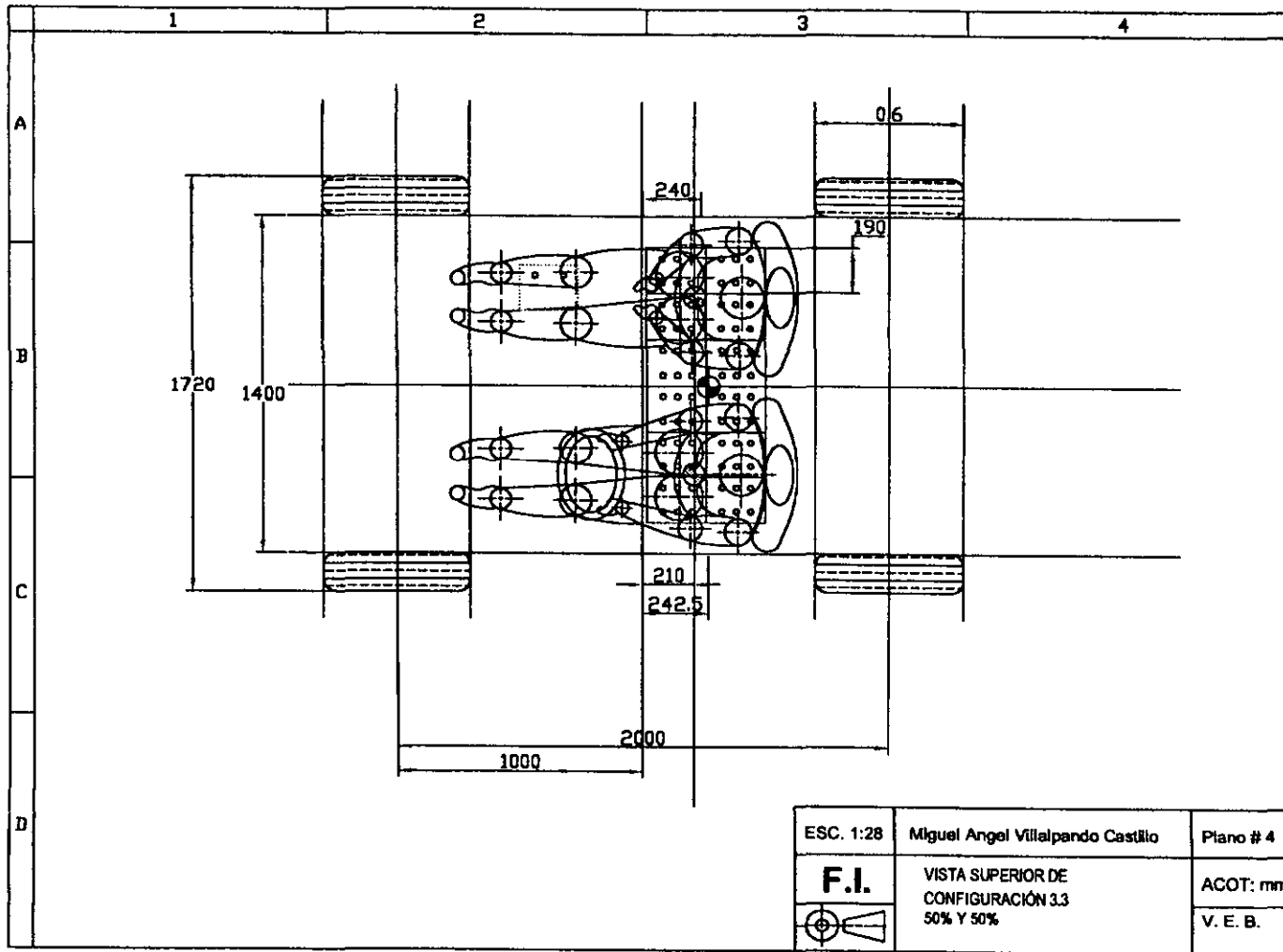


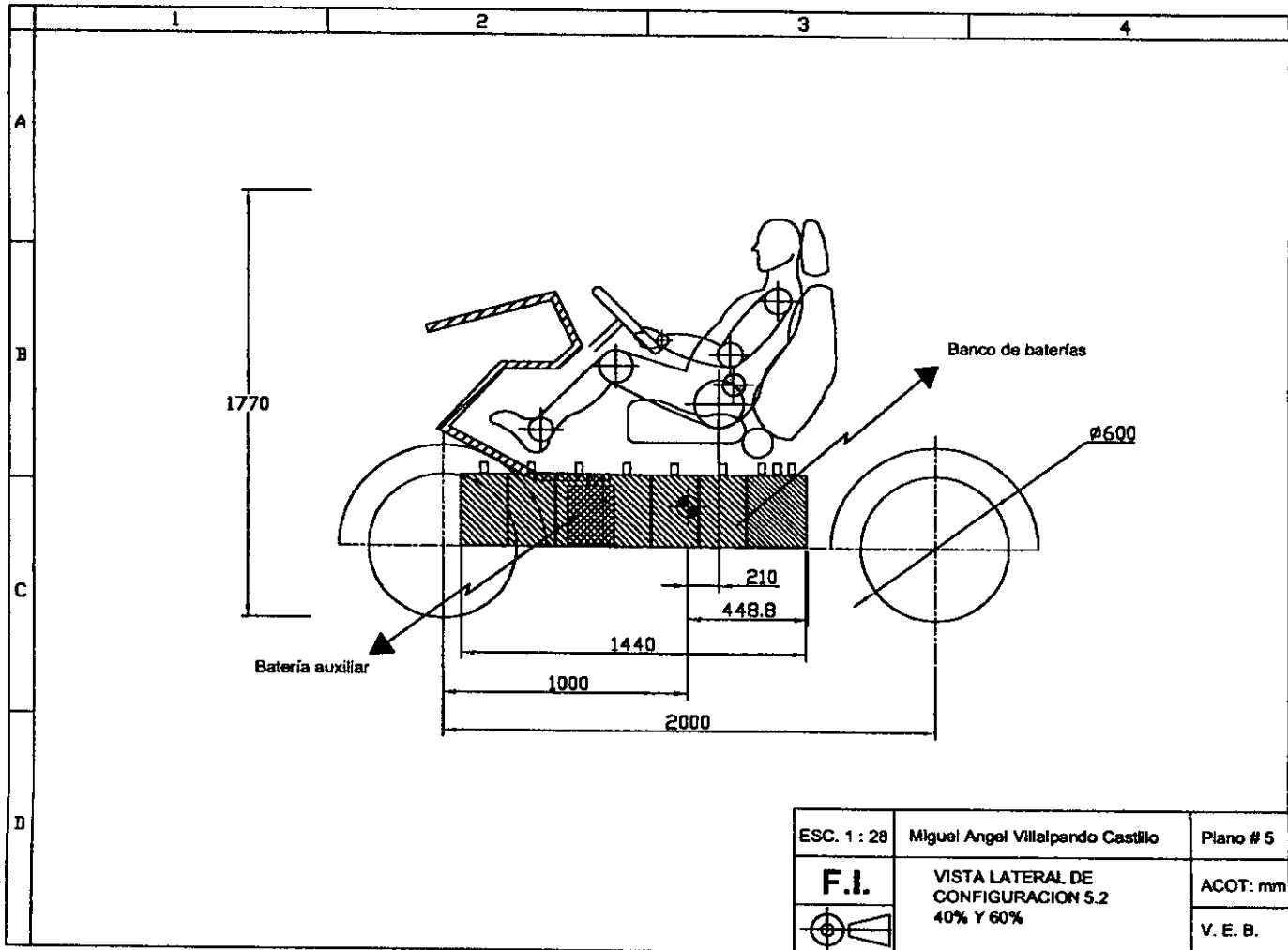


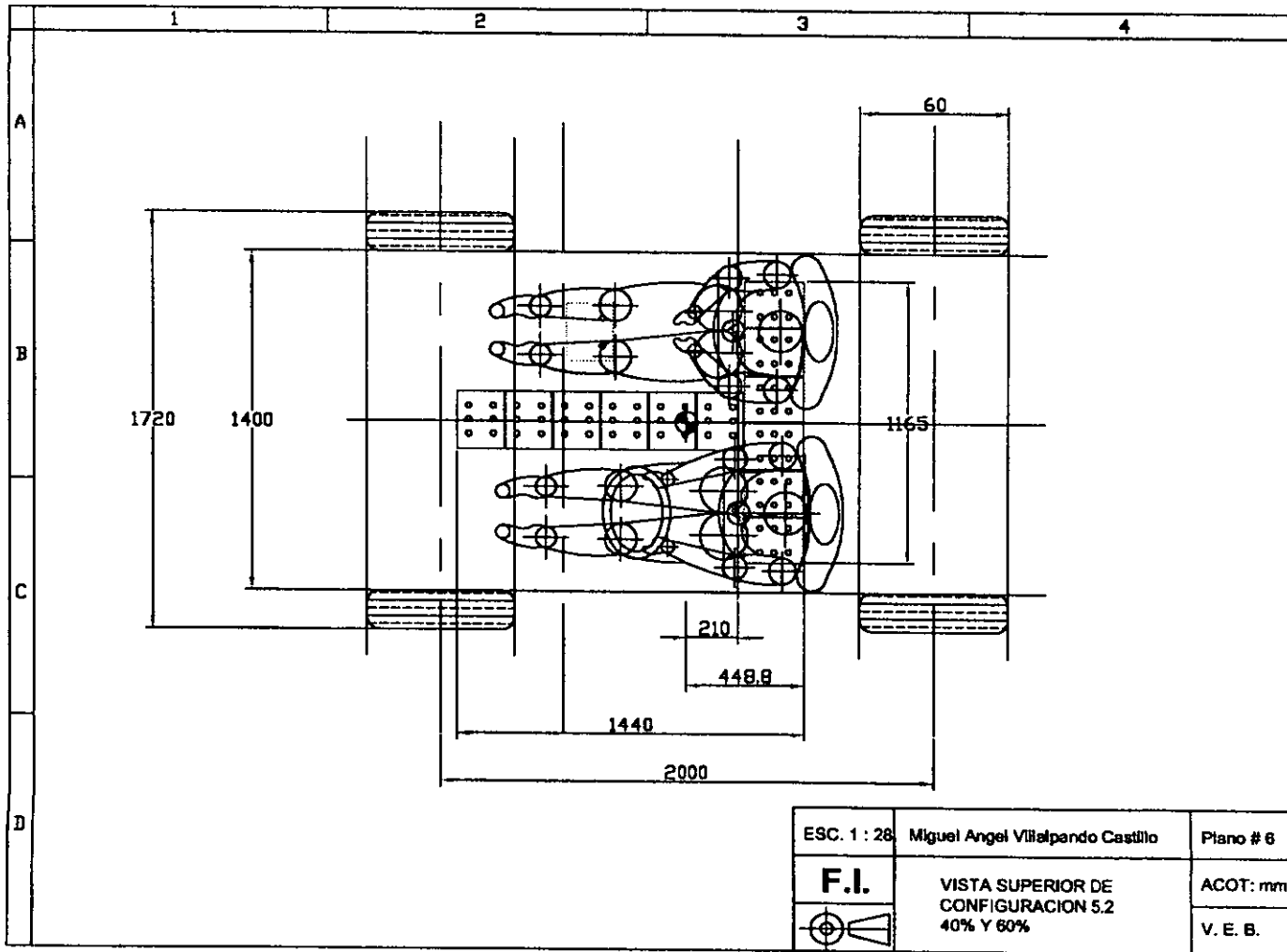
ESC. 1 : 28	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano #1
F.I.	VISTA LATERAL DE CONFIGURACION 3.3	ACOT: mm
	40% 60%	V. E. B.

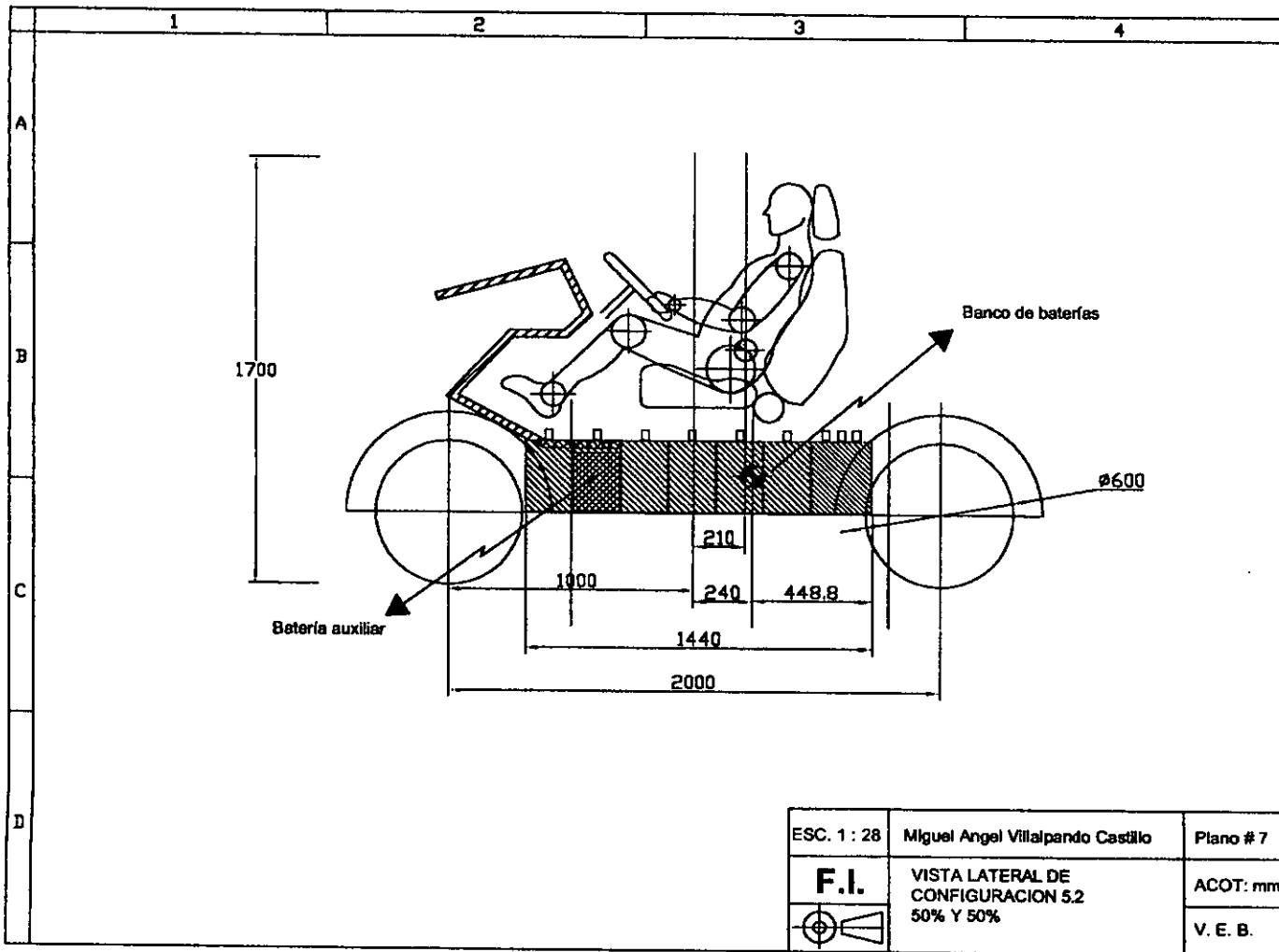


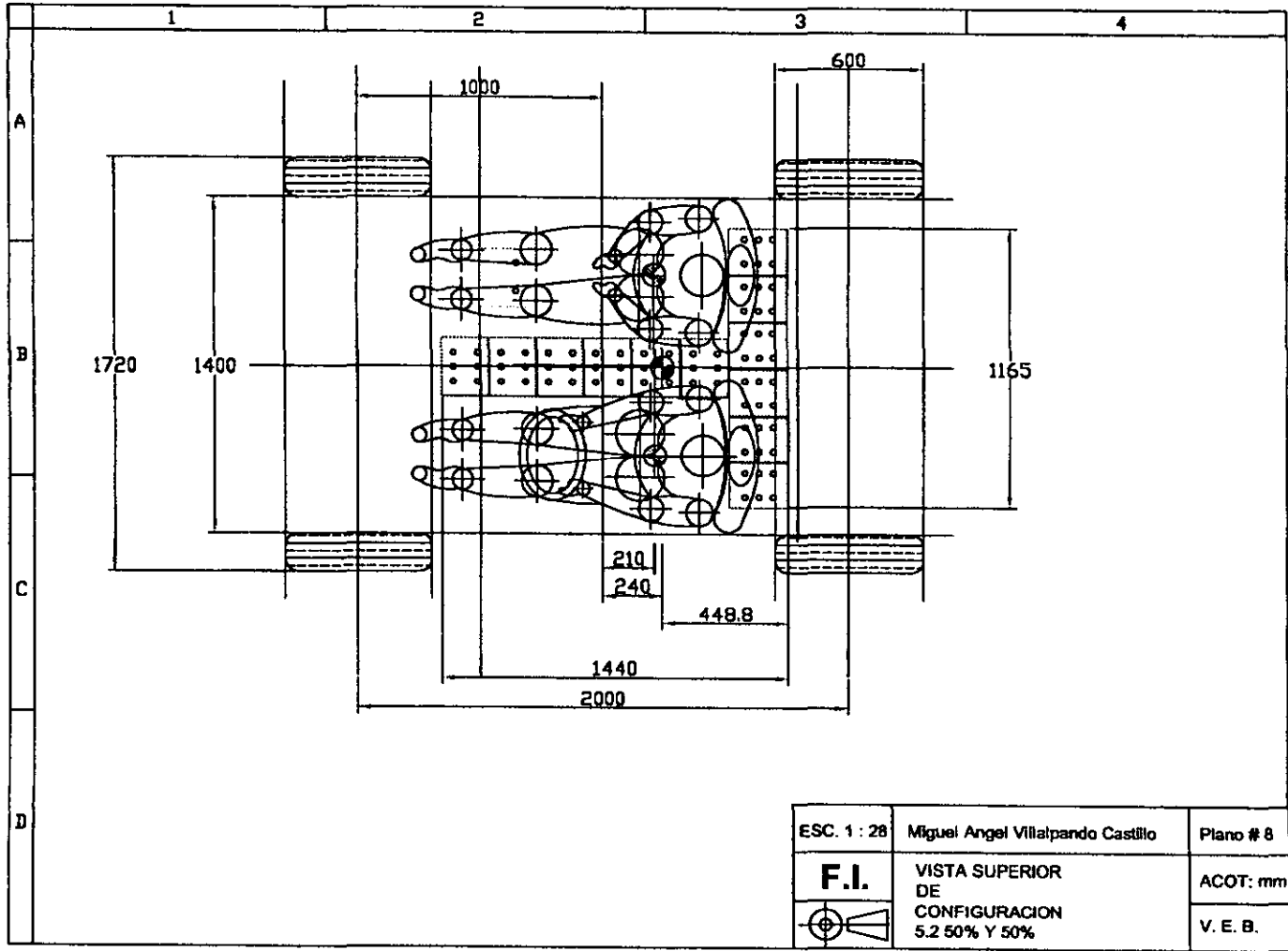












APÉNDICE B

B.1

Cálculo de los centros de masa para los bancos de baterías.

Centro de masa: Punto donde se puede considerar el peso total de un cuerpo para realizar cálculos o experimentos, este puede o no coincidir con el centroide en una figura geométrica.

Este punto es denotado por $C=(X_c, Y_c)$

Se obtienen todos los centros geométricos de cada uno de los elementos con eje de simetría. En este caso serán para cada uno de los cuadrados.

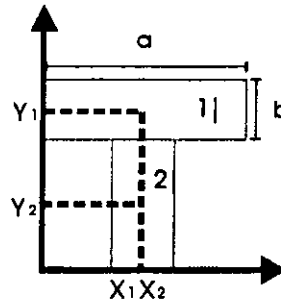
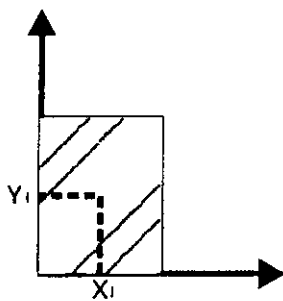
Para obtener los centroides de cada uno de los bancos se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = (X_c, Y_c) \quad \bar{X}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} A_i X_i}{\sum_{i=1}^{n+1} A_i} \quad \bar{Y}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} A_i Y_i}{\sum_{i=1}^{n+1} A_i}$$

X_i = Abscisa del centro geométrico de cada cuerpo

Y_i = Ordenada del centro geométrico de cada cuerpo

A = Área del cuerpo



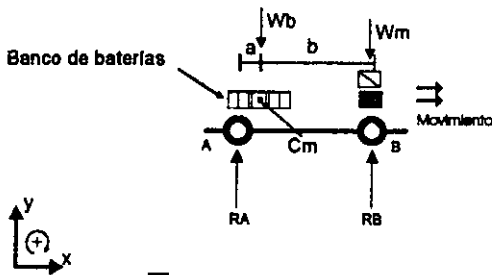
Área
 $A = (a*b)$

Nota: Si la configuración tiene simetría entonces, los puntos a utilizar serán los que pasen por el eje de simetría.

B.2

Cálculo de las reacciones para cada eje.

El cálculo se realiza en base al peso de las baterías, la configuración de cada banco, la distancia entre ejes, la distancia del banco a cada uno de los ejes y el peso del motor reductor. Utilizando la suma de fuerzas en el eje "y" y la suma de momentos con respecto de "z"



- RA = Reacción A [N]
- RB = Reacción B [N]
- Wm = Peso del Motor-Reductor [N]
- Wb = Peso del banco de baterías [N]
- Cm = Centro de masa
- a = Distancia de Cm al eje trasero [m]
- b = Distancia de Cm al eje delantero [m]

Nota: Para el Motor-Reductor no se tomó distancia alguna, es decir, la línea de acción de la fuerza pasa por el eje delantero.

$$\sum F_y$$

$$RA + RB - Wm - Wb = 0$$

$$\sum M_z \text{ en el punto B}$$

$$RA * (a + b) - Wb * (b) = 0$$

Para estas dos ecuaciones se tienen dos incógnitas que son, RA y RB, resolviendo el sistema se obtienen dichos valores. Si es necesario saber la distancia del Cm a los ejes se propone RA y RB fijos, de manera que las incógnitas serán a y b.

B.3

Cálculos estáticos

Fuerza cortante y momento flexionante: El cálculo se realizó en base a las dimensiones de la base del chasis y a las cargas que soporta, suponiendo a este como un perfil de las siguientes dimensiones.

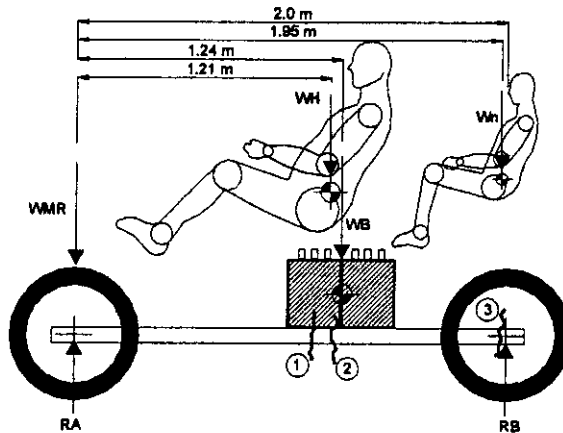
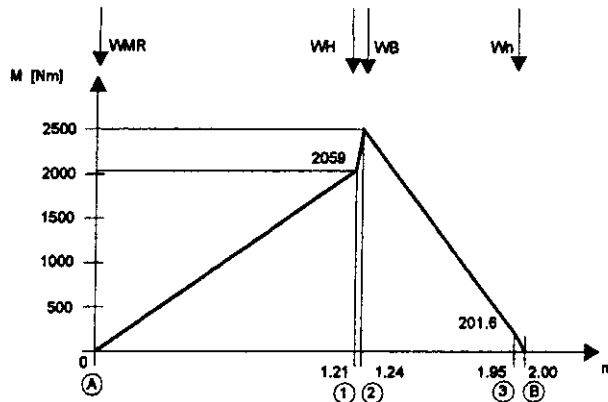
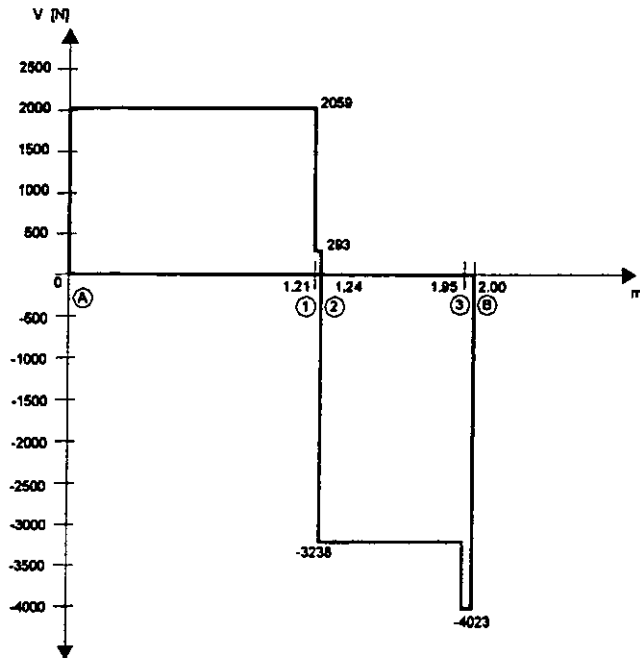


Figura B.3.1 Cargas que afectan a la base del chasis

La figura B.3.2 muestra los diagramas de momentos flexionantes y las fuerzas cortantes a lo largo de la estructura.



a)



b)

Figura B.3.2 a) Diagrama Momento flexionante, b) Diagrama fuerza cortante

El perfil en su sección transversal se consideró como una viga cuadrada de 5mm de espesor mostrada en la figura B.3.3, se supuso que las dimensiones de esta son equivalentes al chasis completo, con todos los grupos que lo conforman, por lo que se puede hacer un cálculo aproximado de su comportamiento.

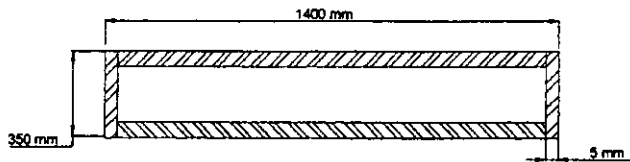


Figura B.3.3 Sección transversal del perfil

Para el cálculo de esfuerzos es necesario simplificar aún más la figura B.3.3, de tal forma que si se considera la mitad de dicha sección aprovechando el eje de simetría la figura para los cálculos queda :

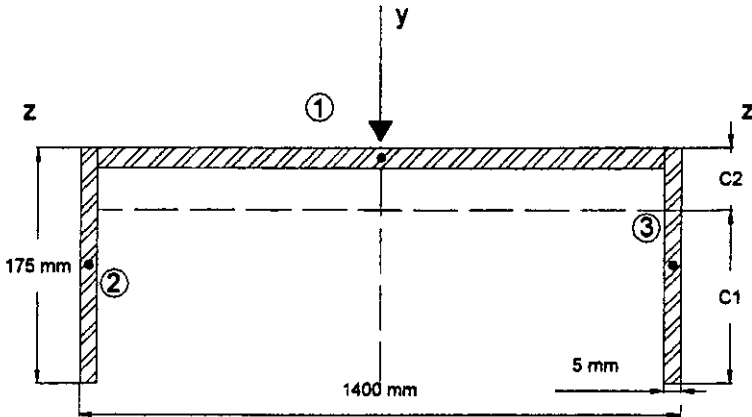


Figura B.3.4 Perfil simplificado para el cálculo en su vista transversal

Las ecuaciones que se utilizaron fueron las siguientes:

Esfuerzo de tensión y compresión máximo $\tau_{Max} = \frac{My}{I}$ Distancia del origen al centro al eje neutro $C2 = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$

Esfuerzo cortante máximo $\tau_{Max} = \frac{VQ}{Ib}$ $Q = A_t C2$
 Area sombreada

Momento de inercia $I_z = I_{zc} + Ad^2$

Finalmente la tabla B.3.1 muestra el total de los resultados obtenidos, así como los datos respectivos.

Datos y resultados									
Pesos					Reacciones				
WMR(N)	WH (N)	WB (N)	Wn (N)			RA (N)	RB (N)		
833	1766	3531.6	785			2892.2	4023.3		
Momentos flexionantes					Fuerzas cortantes				
M _A (Nm)	M ₁ (Nm)	M ₂ (Nm)	M ₃ (Nm)	M _B (Nm)	V _{A1} (Nm)	V ₁₂ (Nm)	V ₂₃ (Nm)	V _{3B} (Nm)	
0	2491.6	2500	201.6	0	2059.2	293.2	-3238.4	-4023.4	
Centros de cada sección				Áreas de cada sección					
y1 mm	y2 mm	y3 mm				A1mm ²	A2 mm ²	A3 mm ²	
2.5	87.5	87.5				6950	875	875	
Centroides									
C1 mm	C2 mm								
155.4	19.6								
Momentos de inercia de cada sección			Valores para el esfuerzo cortante máximo						
I _{z1} m ⁴	I _{z2} m ⁴	I _{z3} m ⁴	b m	I m ⁴	Q m ³				
2.0E-6	6.2E-6	6.2E-6	0.01	2.9E-5	1.35E3				
Esfuerzos totales									
σ _{t max} (MPa)	σ _{c max} (MPa)	τ _{max} (MPa)							
53.2	53.2	18.72							

Tabla B.3.1

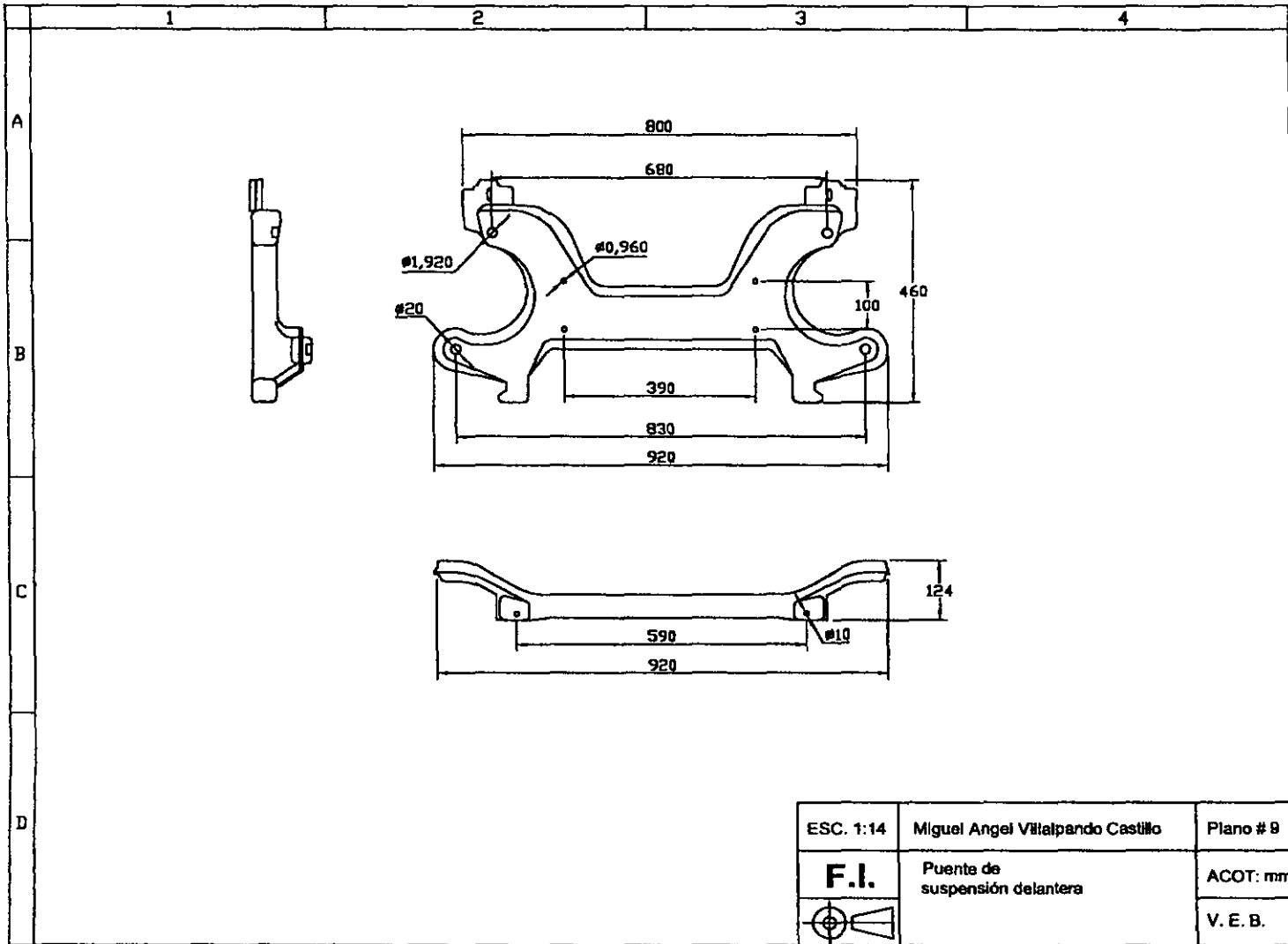
APÉNDICE C

Ubicación de las partes por grupos y planos.

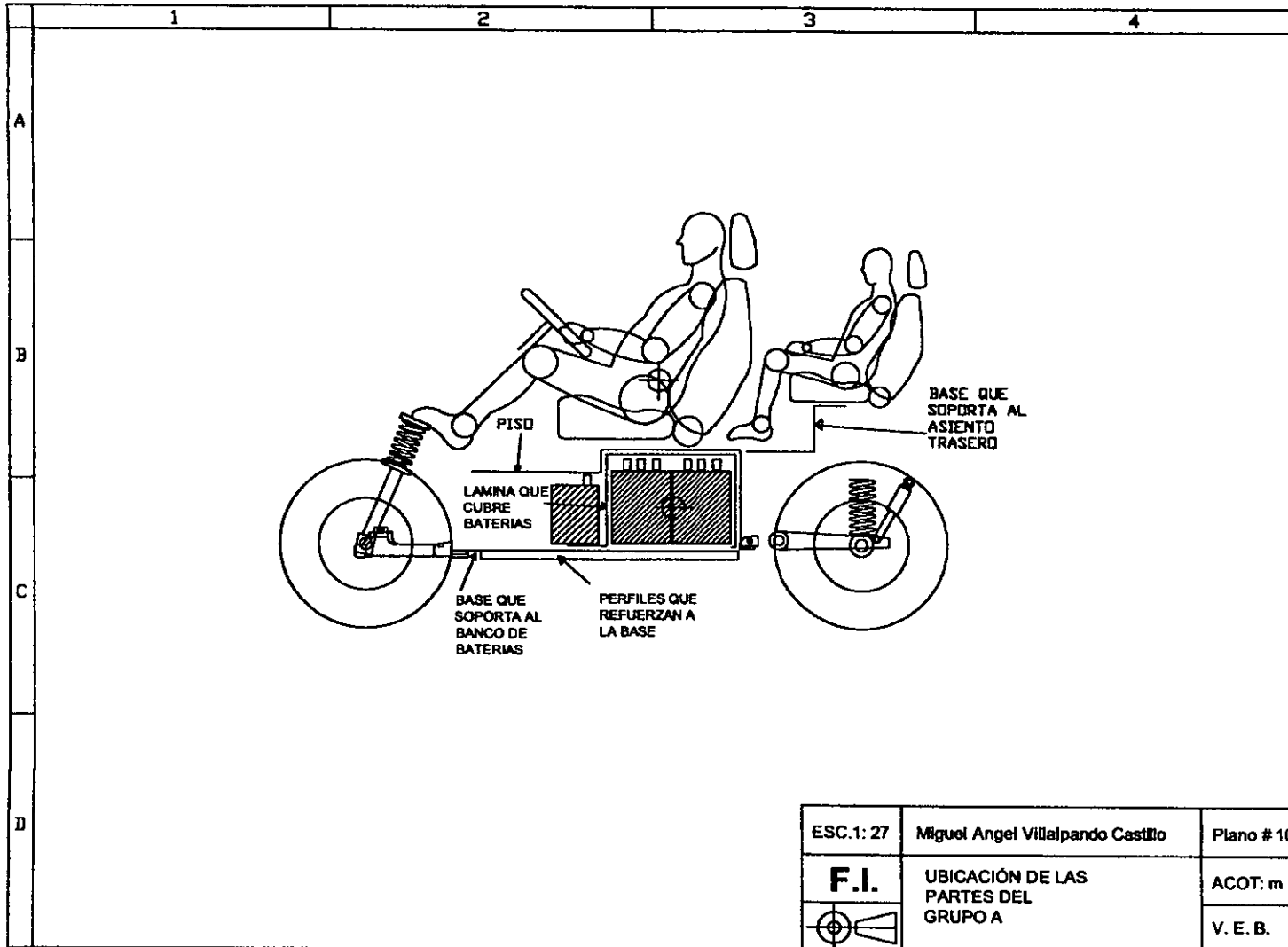
Nombre	Plano
Puente de suspensión delantera	9
Ubicación de las partes del grupo A	10
Ubicación de la parte alta del grupo B	11
Ubicación de la parte baja del grupo B	12
Ubicación de la parte central y trasera del grupo B	13
Plano de conjunto del grupo C	C-13
Carrocería del vehículo eléctrico biplaza	C-16

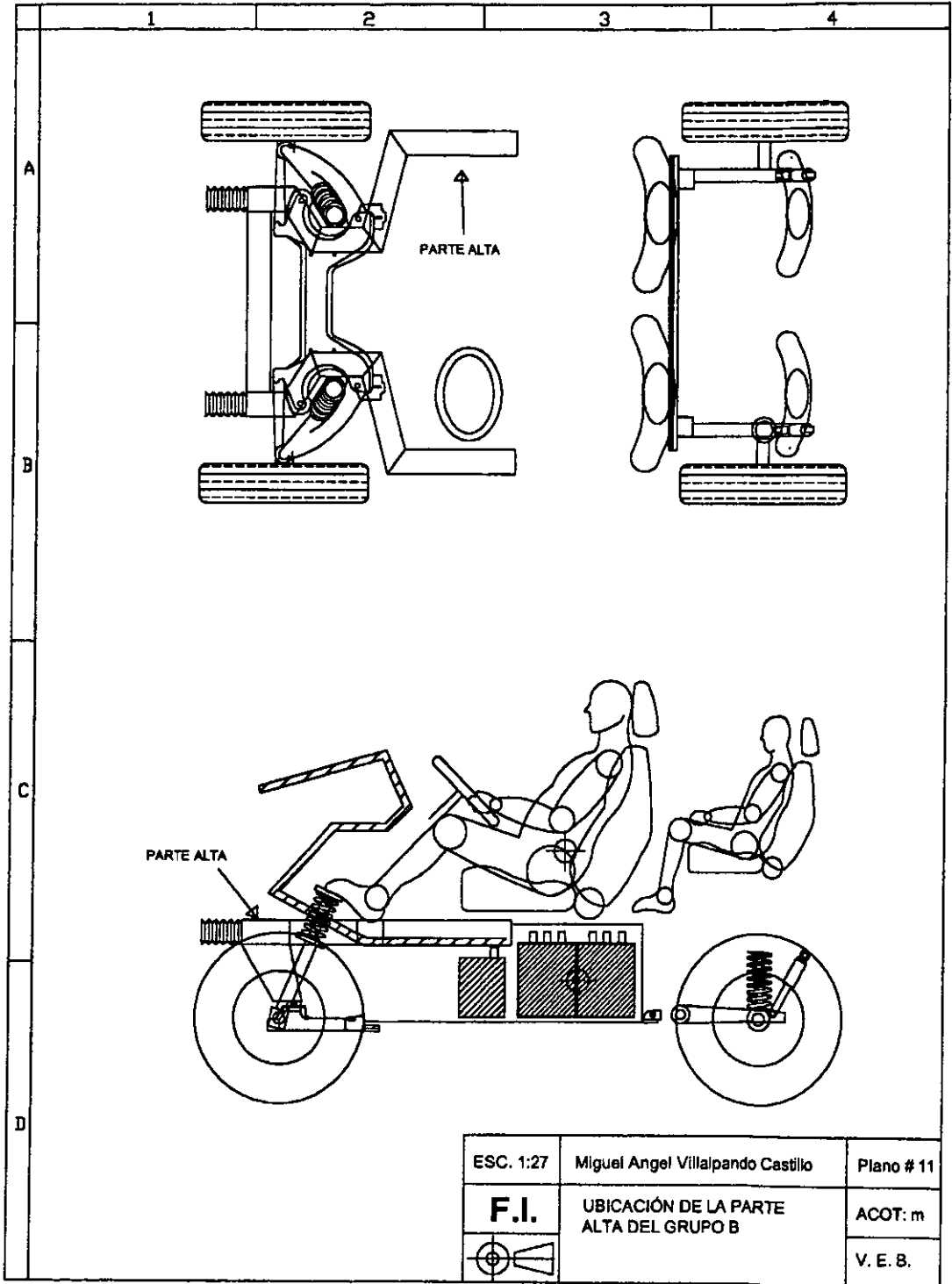
Pieza	Nombre	Grupo	Plano
1	Base	A	C-1
2	Piso	A	C-2
3	Cubierta de baterías	A	C-3
4	Larguero trasero	B	C-4
5	Larguero trasero	B	C-4
6	Soporte larguero trasero	B	C-4
7	Soporte larguero trasero	B	C-4
8	Primer perfil frontal	B	C-5
9	Primer perfil frontal	B	C-5
10	Segundo perfil frontal	B	C-5
11	Segundo perfil frontal	B	C-5
12	Tercer perfil frontal	B	C-5
13	Tercer perfil frontal	B	C-5
14	Cuarto perfil frontal	B	C-5
15	Cuarto perfil frontal	B	C-5
16	Quinto perfil frontal	B	C-6
17	Quinto perfil frontal	B	C-6
18	Travesaño delantero	B	C-6
19	Soporte de unión central	B	C-6
20	Soporte de unión central	B	C-6
21	Soporte de unión al puente	B	C-6
22	Soporte de unión al puente	B	C-6
23	Sexto perfil frontal	B	C-7
24	Sexto perfil frontal	B	C-7
25	Séptimo perfil frontal	B	C-7
26	Séptimo perfil frontal	B	C-7
27	Octavo perfil frontal	B	C-7
28	Octavo perfil frontal	B	C-7
29	Noveno perfil frontal	B	C-8
30	Noveno perfil frontal	B	C-8

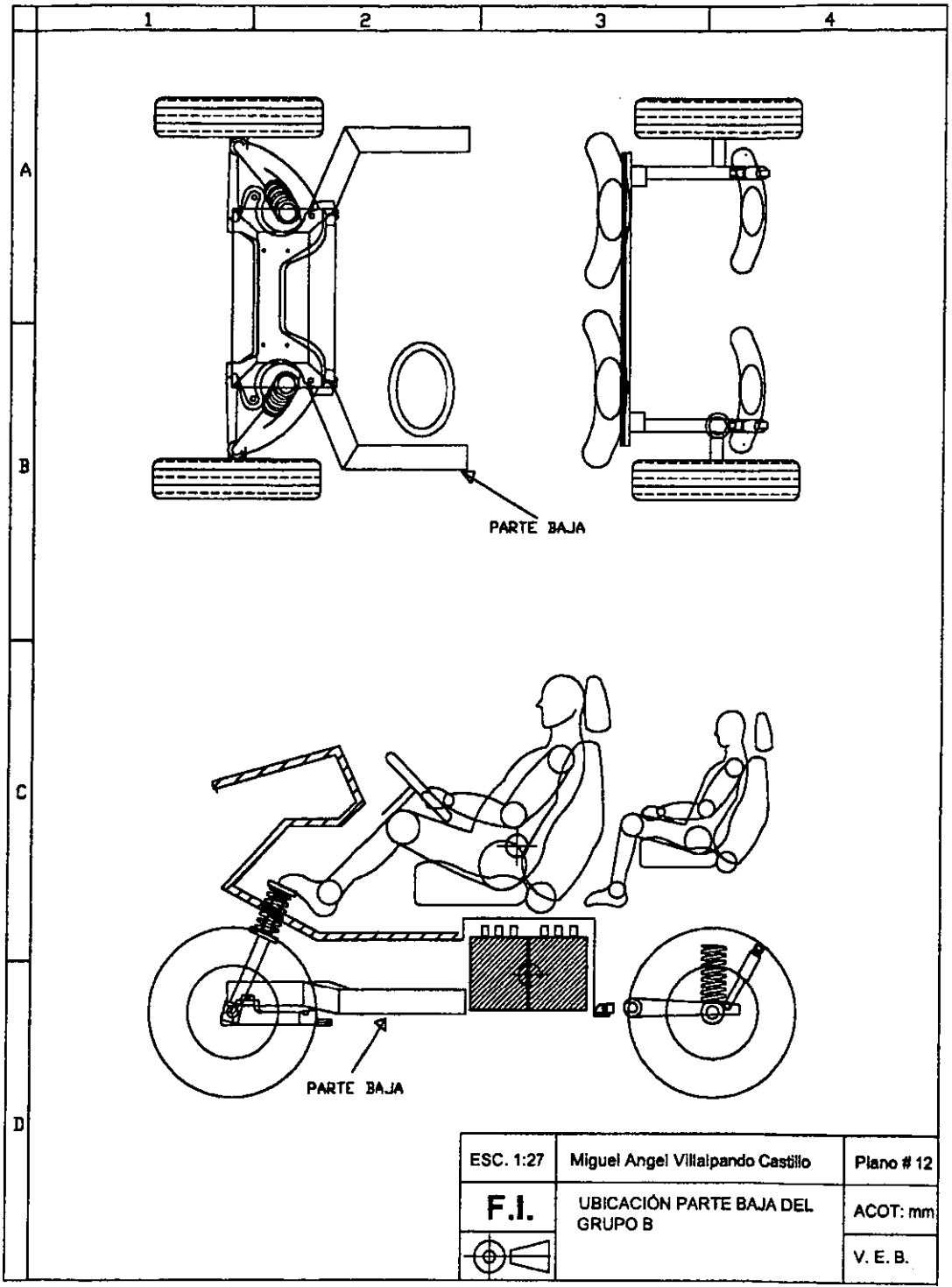
31	Primer perfil central	B	C-9
32	Segundo perfil central	B	C-9
33	Tercer perfil central	B	C-9
34	Cuarto perfil central	B	C-9
35	Quinto perfil central	B	C-10
36	Sexto perfil central	B	C-10
37	Séptimo perfil central	B	C-10
38	Octavo perfil central	B	C-10
39	Primer refuerzo de base	A	C-11
40	Primer refuerzo de base	A	C-11
41	Segundo refuerzo de base	A	C-11
42	Segundo refuerzo de base	A	C-11
43	Tercer refuerzo de base	A	C-12
44	Tercer refuerzo de base	A	C-12
45	Cuarto refuerzo de base	A	C-12
A	Larguero superior	C	C-14
B	Larguero superior	C	C-14
C	Costado trasero	C	C-14
D	Costado trasero	C	C-14
E	Larguero inferior	C	C-14
F	Larguero inferior	C	C-14
G	Costado delantero	C	C-14
H	Costado delantero	C	C-14
I	Travesaño Frontal	C	C-14
J	Travesaño superior	C	C-15
K	Larguero central	C	C-15
L	Travesaño central	C	C-15
M	Travesaño trasero	C	C-15



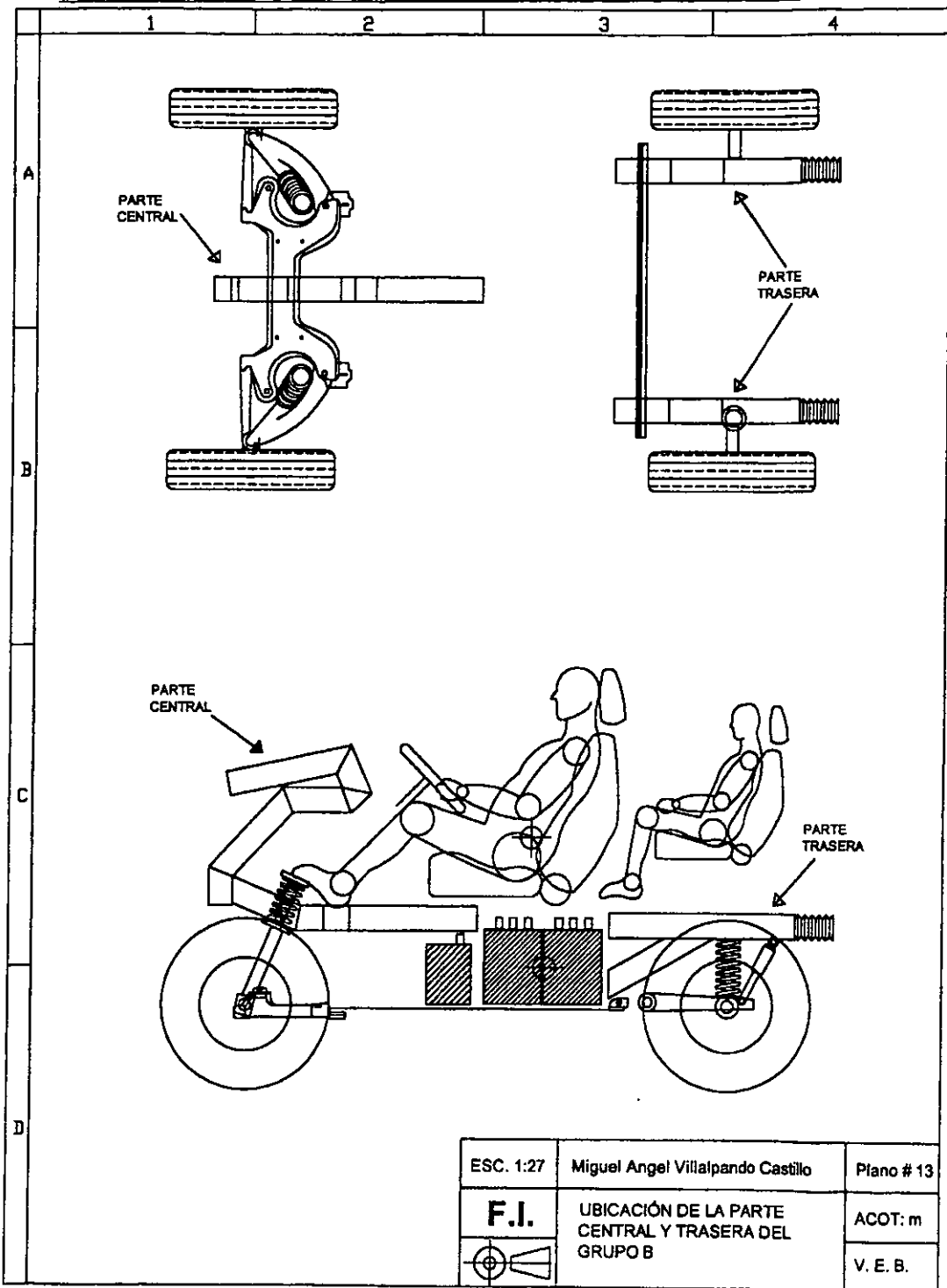
ESC. 1:14	Miguel Angel Vitalpando Castillo	Plano # 9
F.I.	Puente de suspensión delantera	ACOT: mm
		V. E. B.



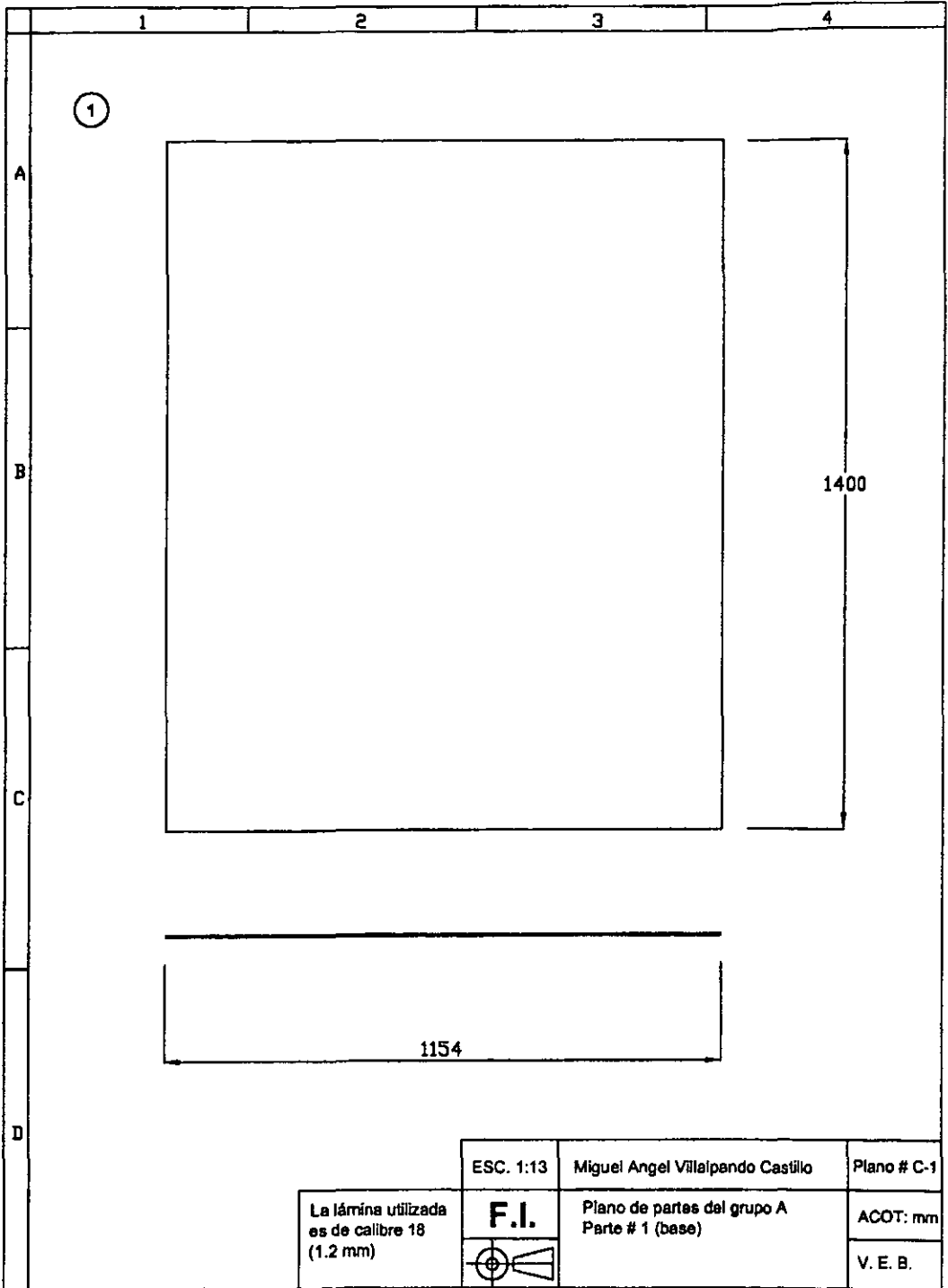


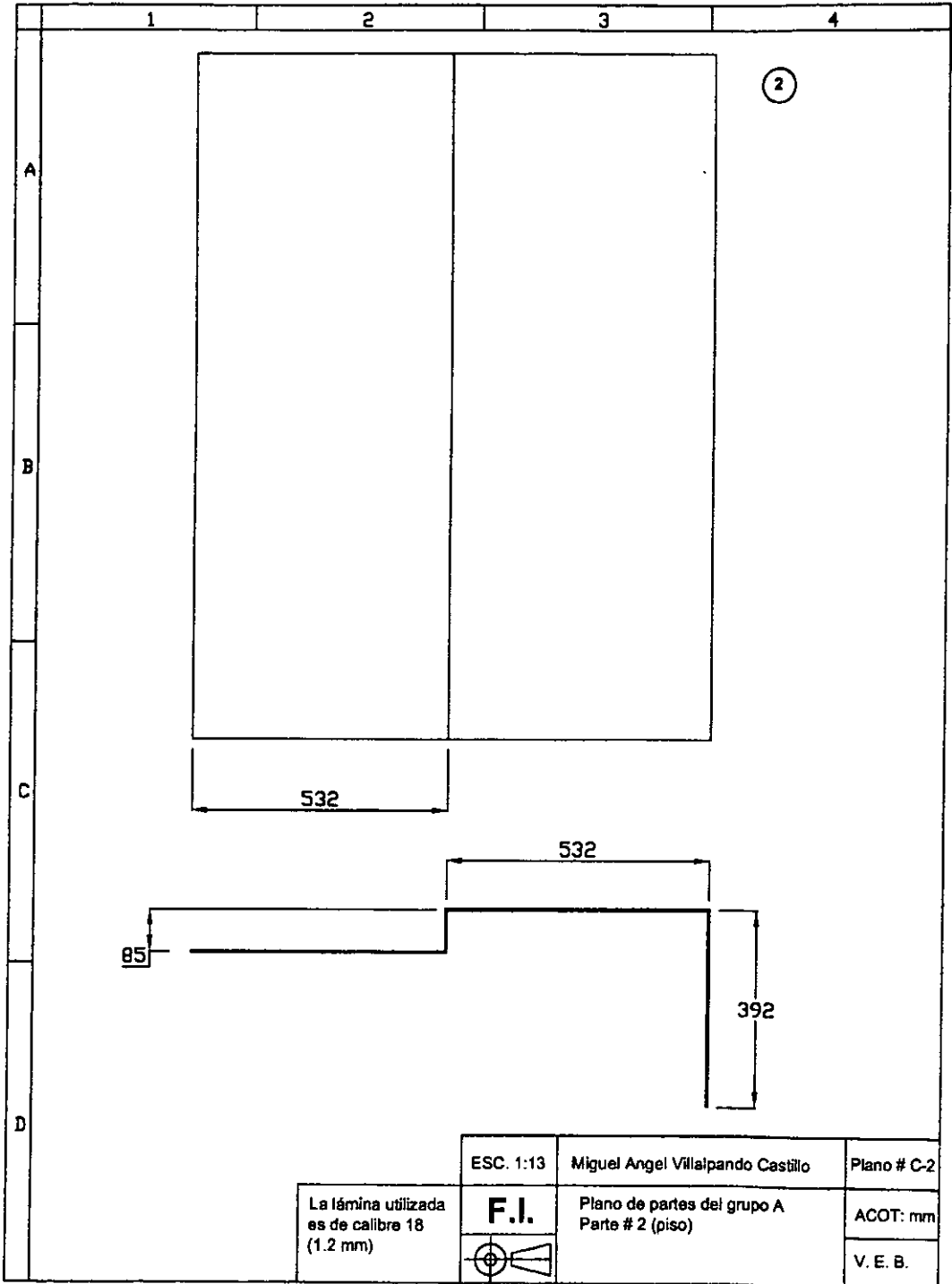


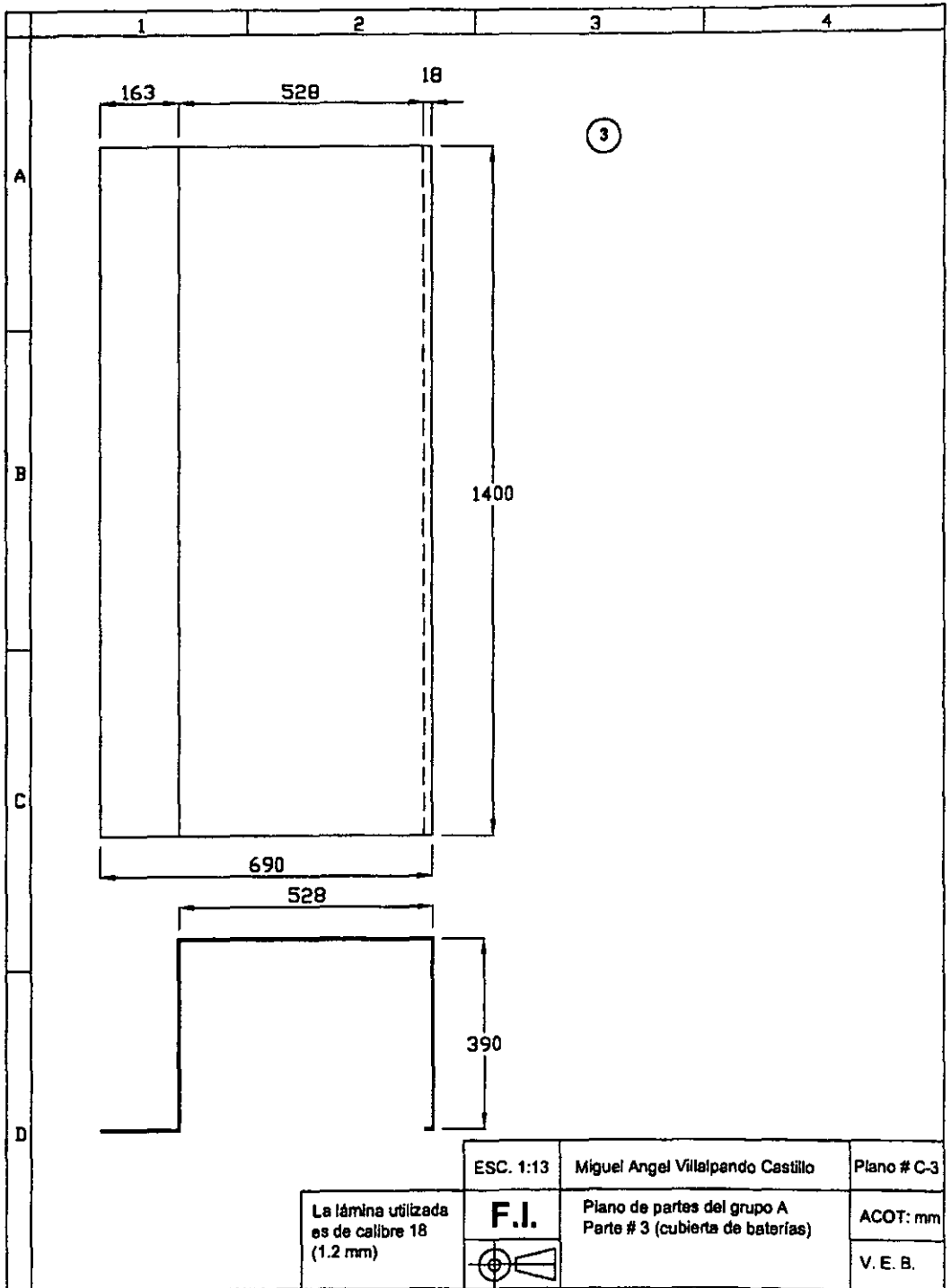
ESC. 1:27	Miguel Angel Villaipando Castillo	Plano # 12
F.I.	UBICACIÓN PARTE BAJA DEL GRUPO B	ACOT: mm
		V. E. B.

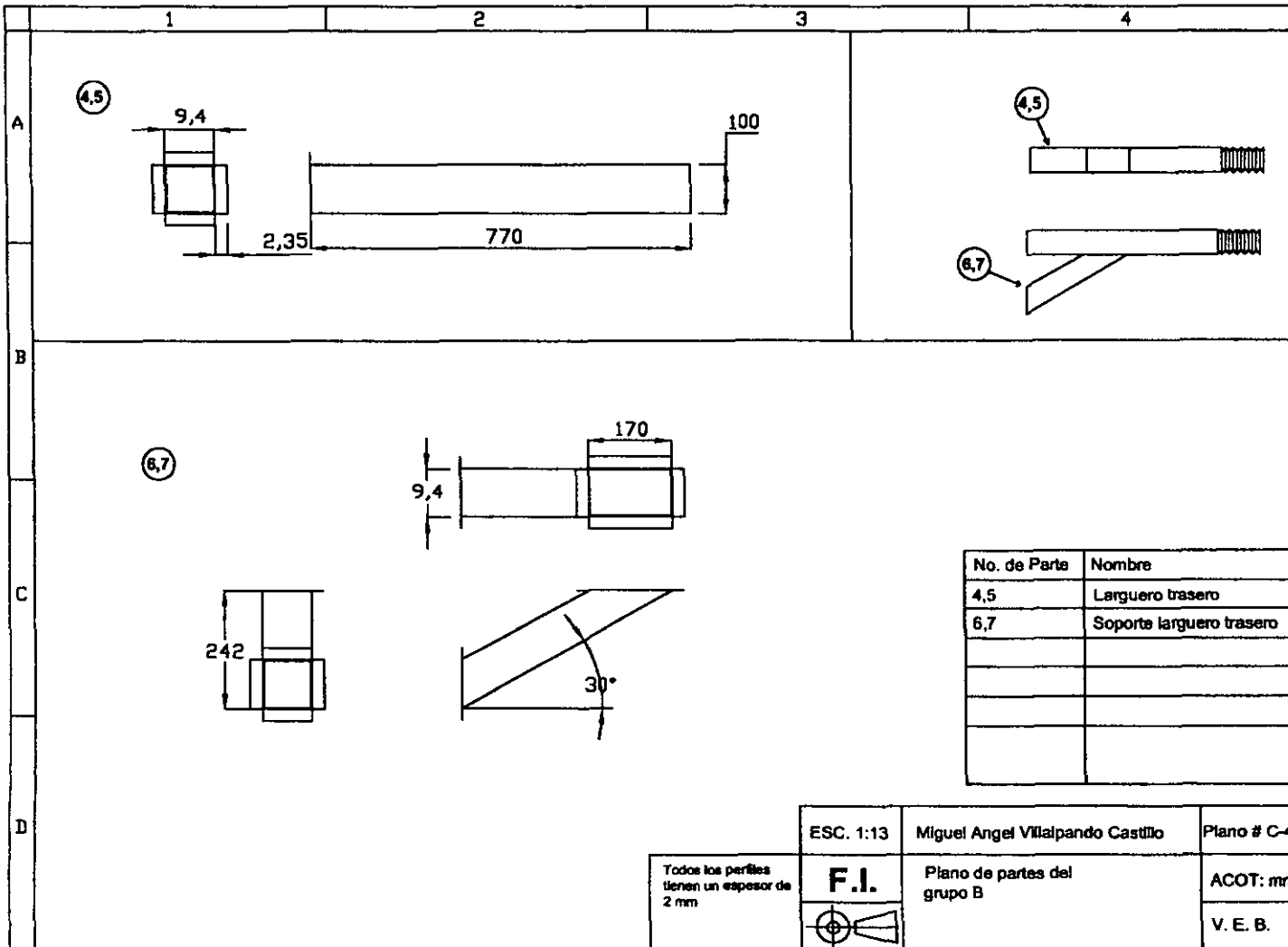


ESC. 1:27	Miguel Angel Vilaipando Castillo	Plano # 13
F.I.	UBICACIÓN DE LA PARTE CENTRAL Y TRASERA DEL GRUPO B	ACOT: m
		V. E. B.

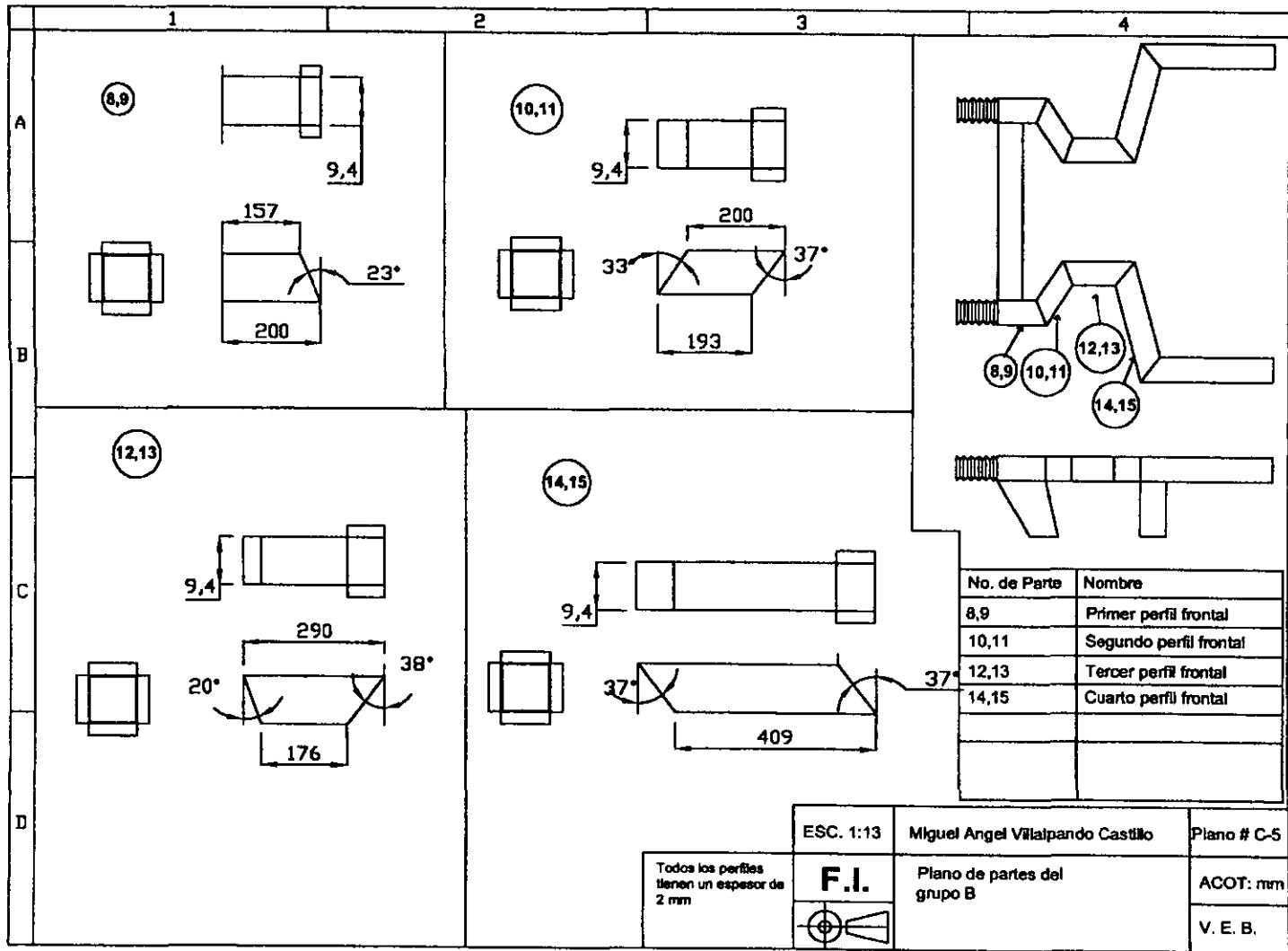








ESC. 1:13	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-4
Todos los perfiles tienen un espesor de 2 mm	F.I.	Plano de partes del grupo B
		ACOT: mm
		V. E. B.



ESC. 1:13

Miguel Angel Vilalpando Castillo

Plano # C-5

Todos los perfiles tienen un espesor de 2 mm

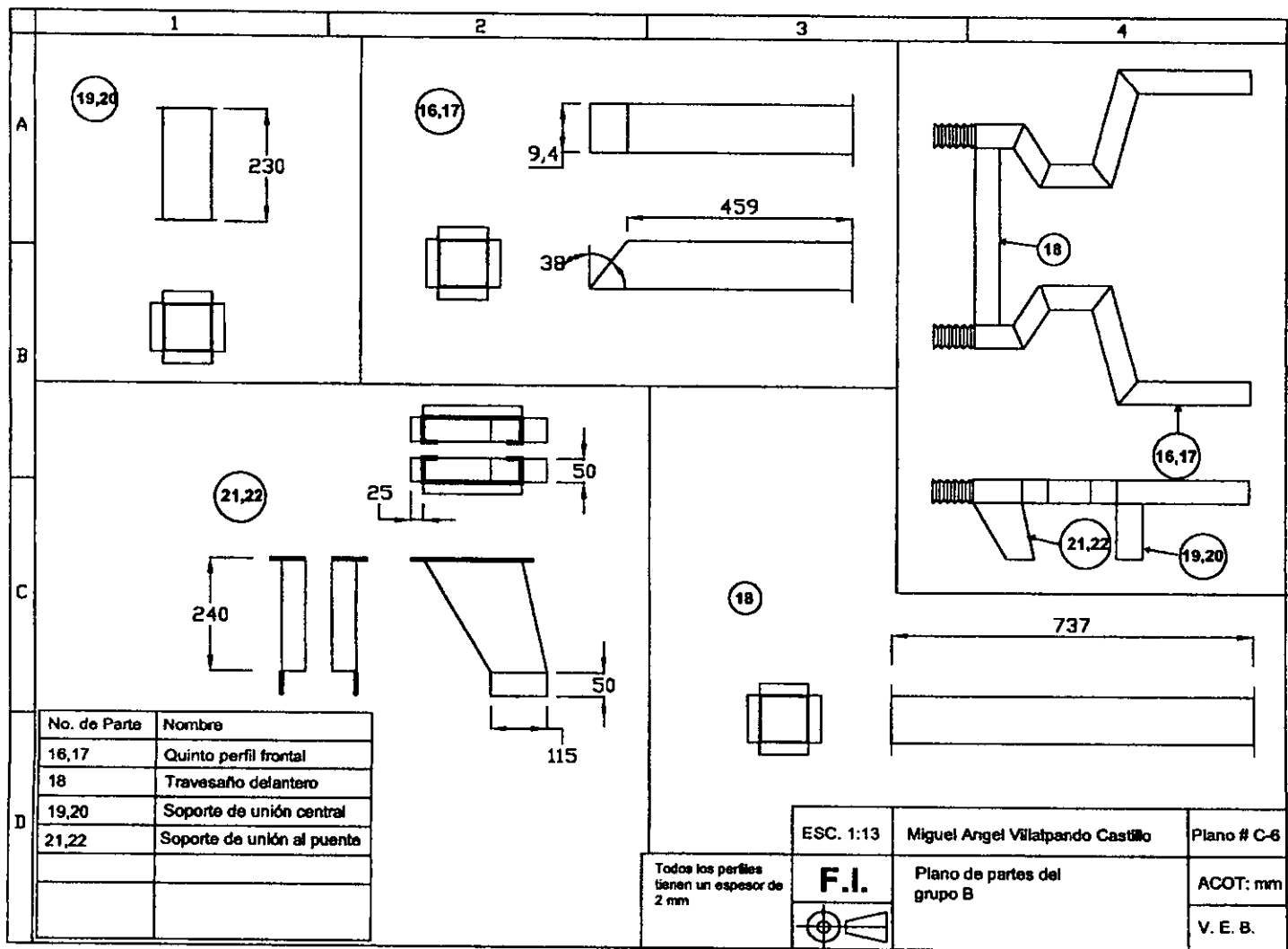
F.I.

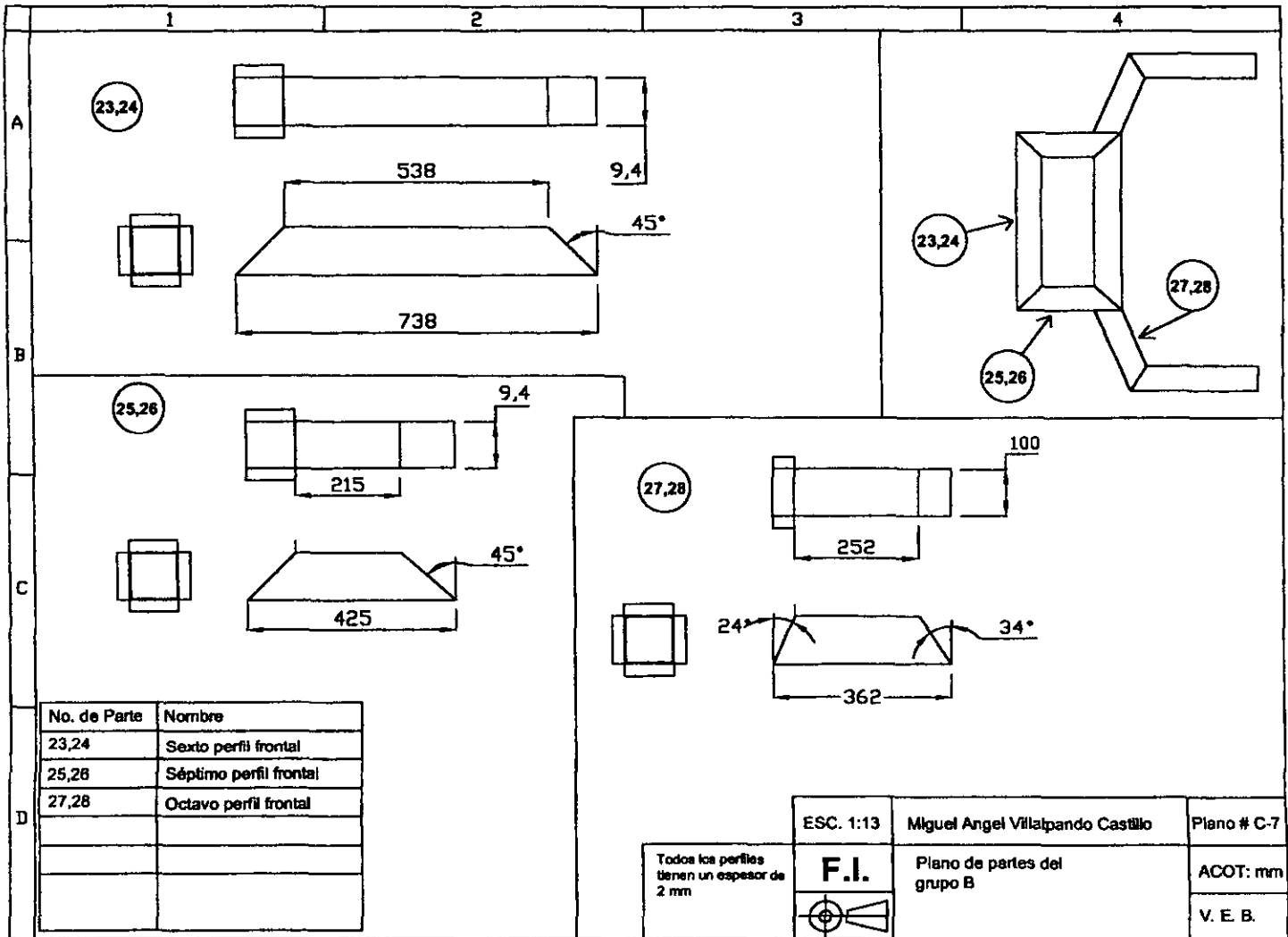
Plano de partes del grupo B

ACOT: mm



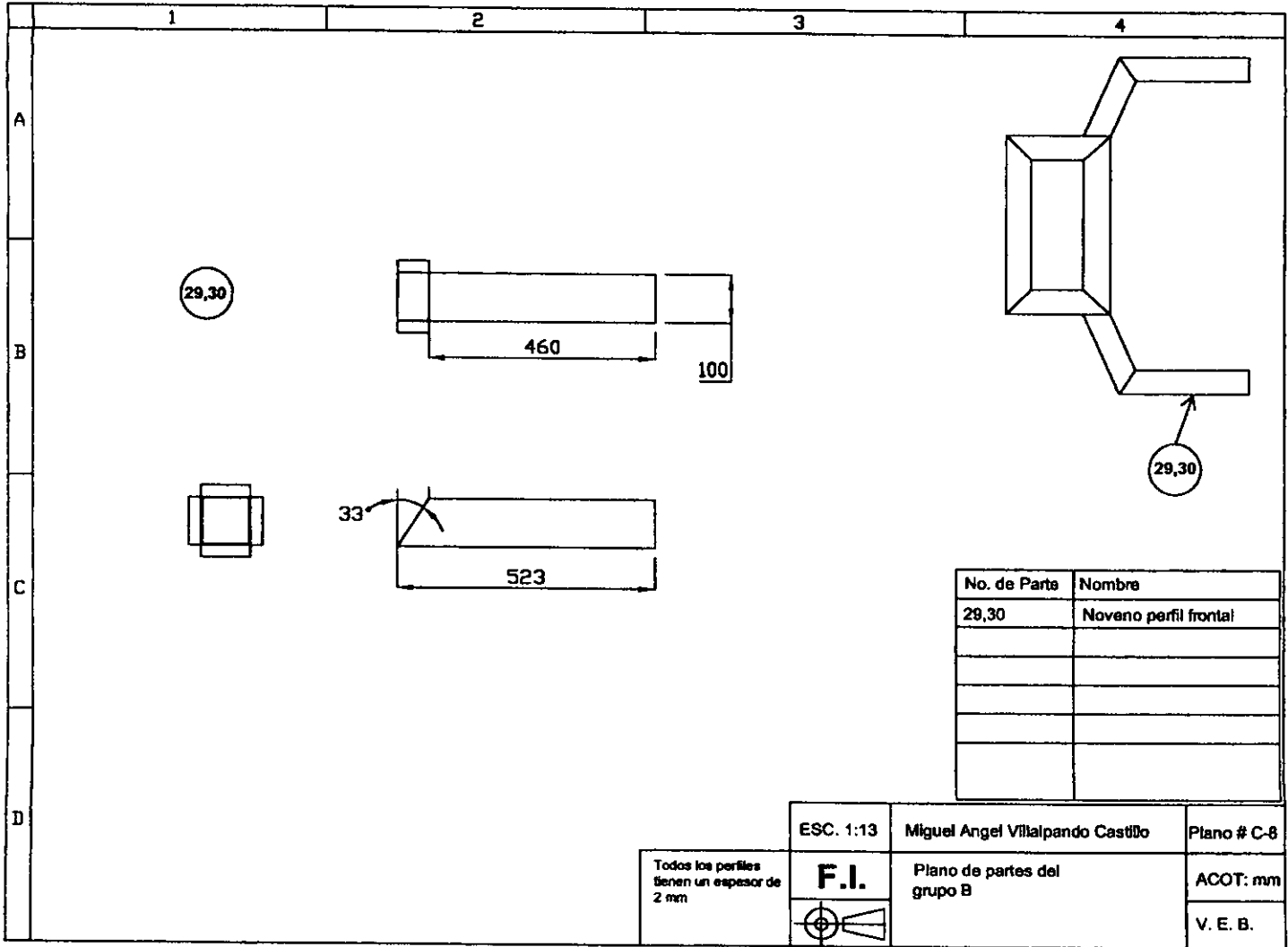
V. E. B.

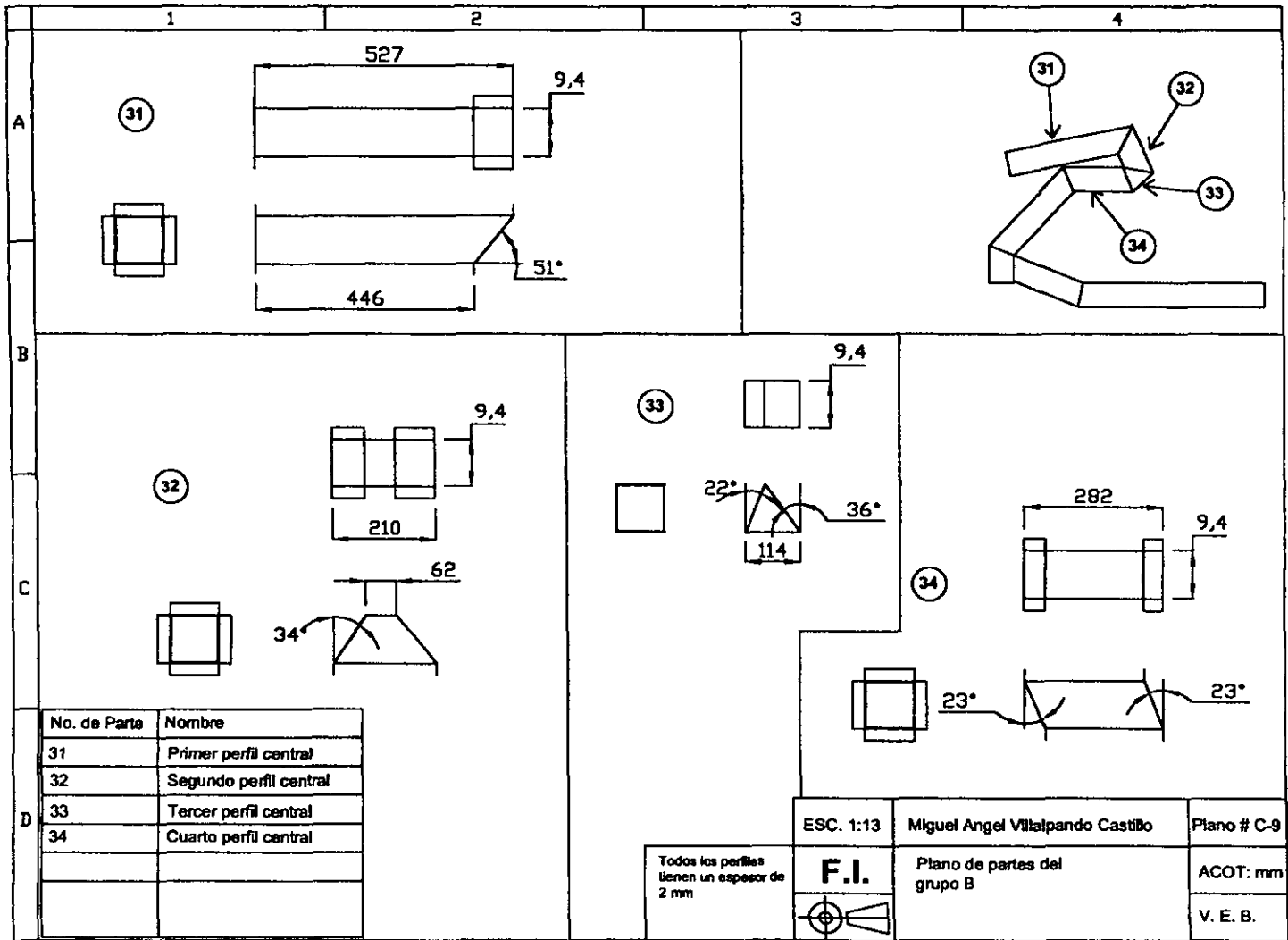





No. de Parte	Nombre
23,24	Sexto perfil frontal
25,26	Séptimo perfil frontal
27,28	Octavo perfil frontal

Todos los perfiles tienen un espesor de 2 mm	ESC. 1:13	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-7
	F.I.	Plano de partes del grupo B	ACOT: mm
			V. E. B.

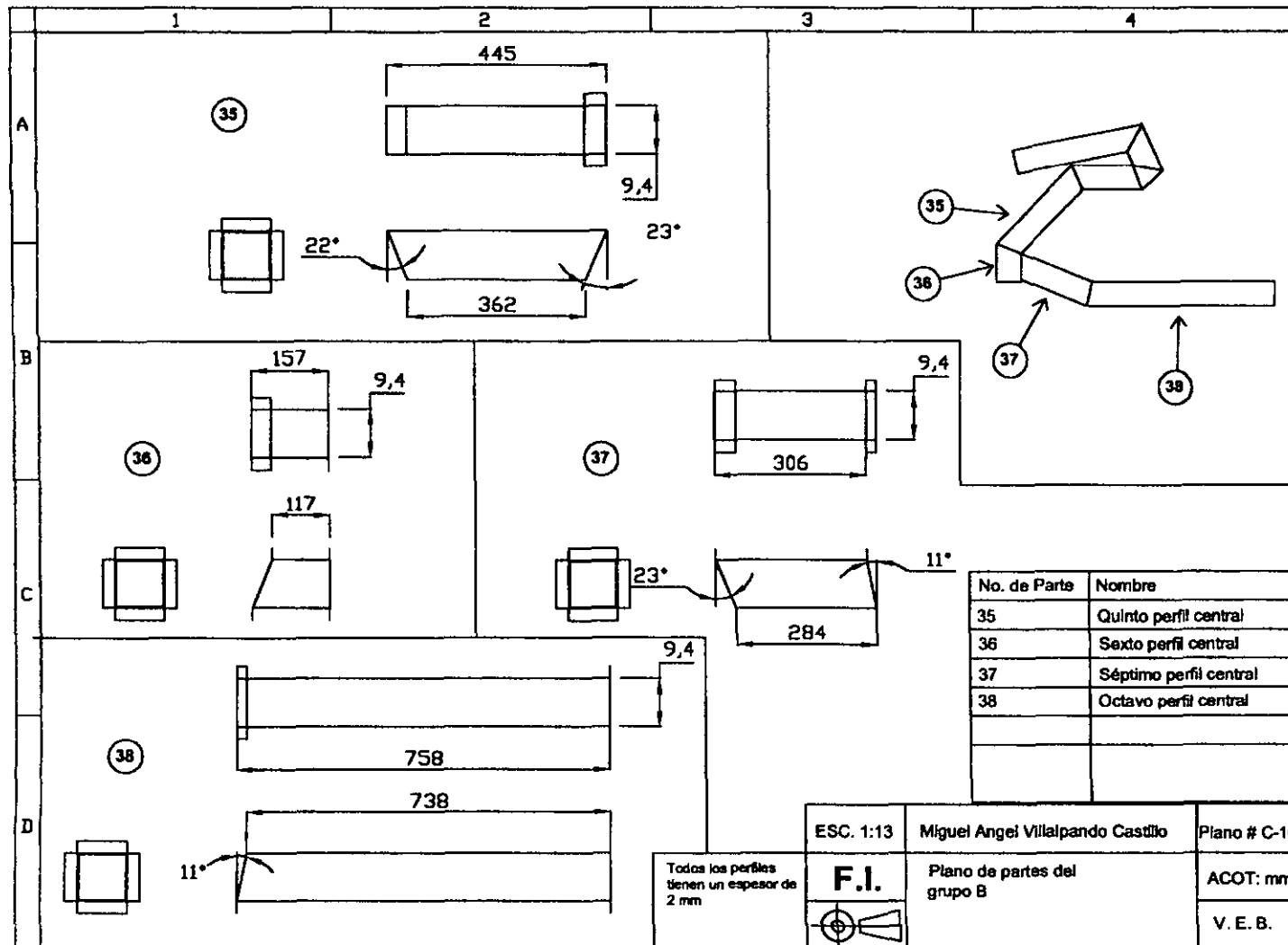


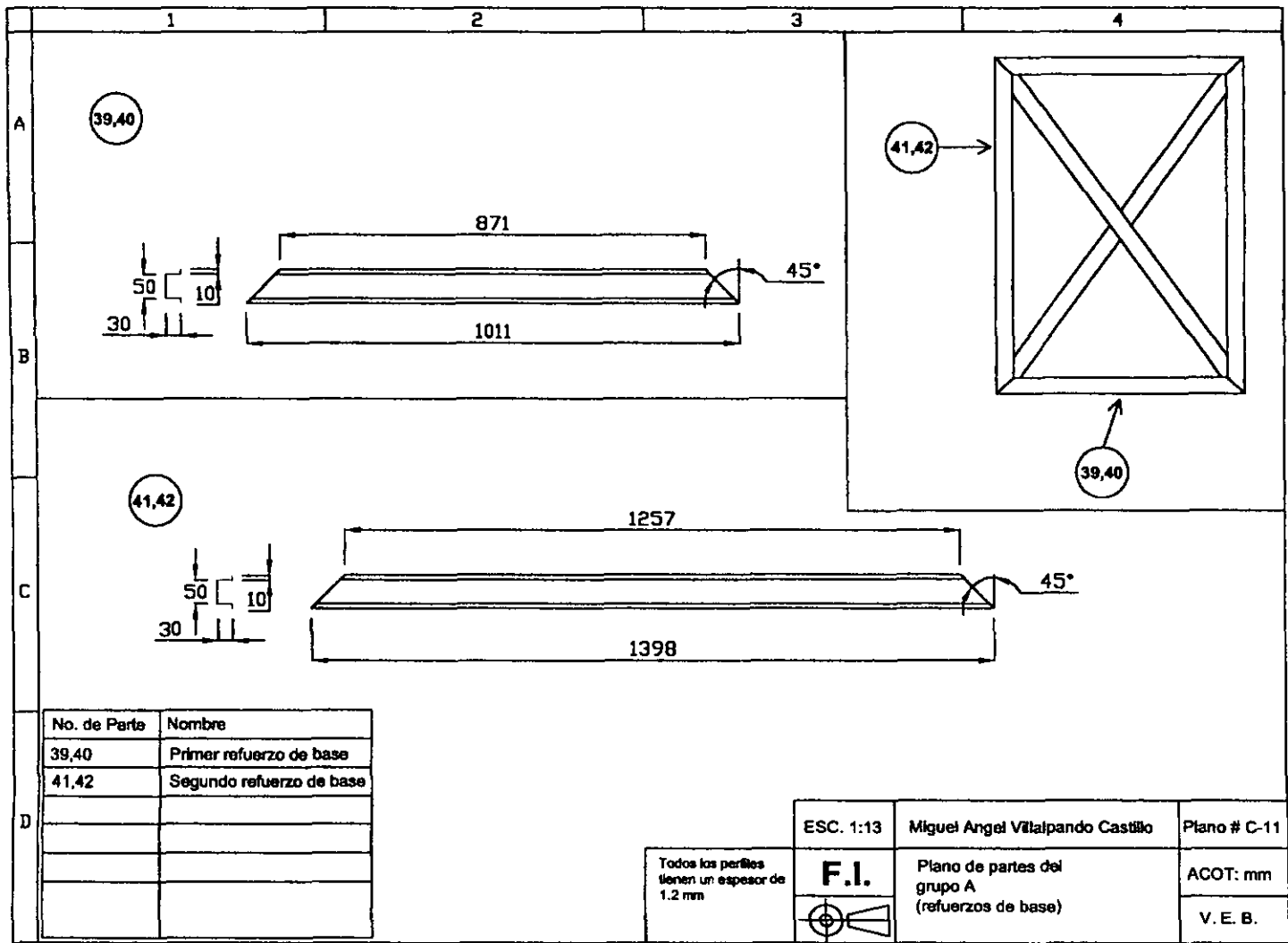


No. de Parte	Nombre
31	Primer perfil central
32	Segundo perfil central
33	Tercer perfil central
34	Cuarto perfil central

ESC. 1:13	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-9
F.I. 	Plano de partes del grupo B	ACOT: mm
		V. E. B.

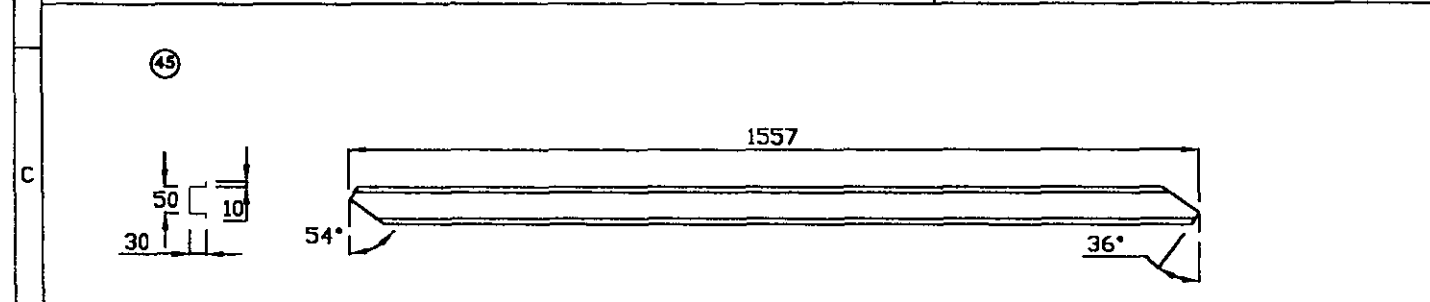
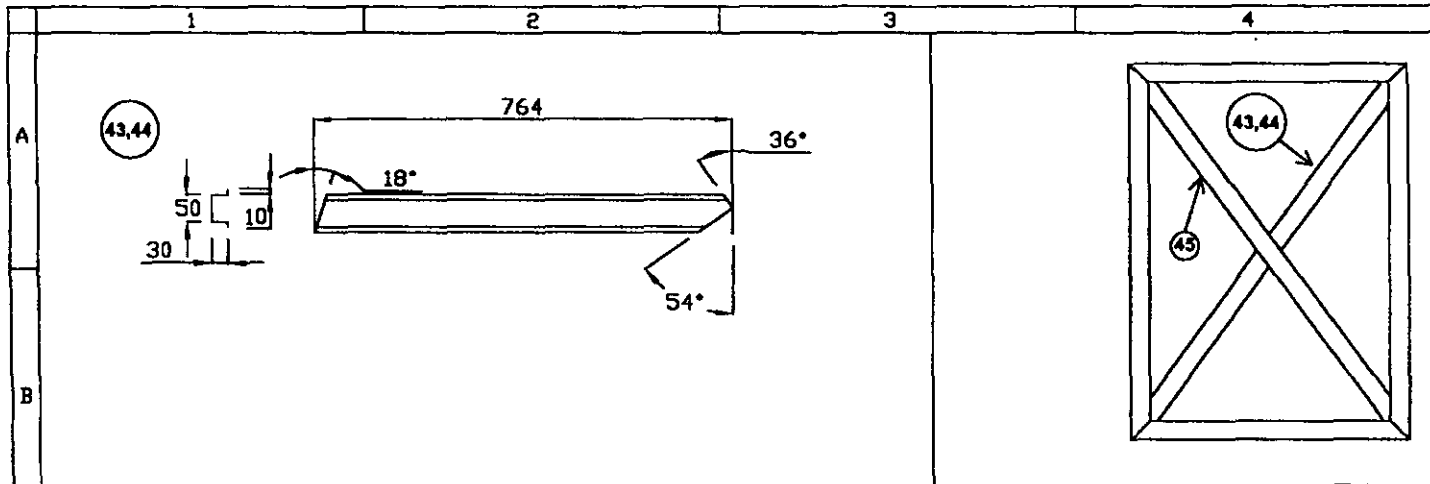
Todos los perfiles llenen un espesor de 2 mm






No. de Parte	Nombre
39,40	Primer refuerzo de base
41,42	Segundo refuerzo de base

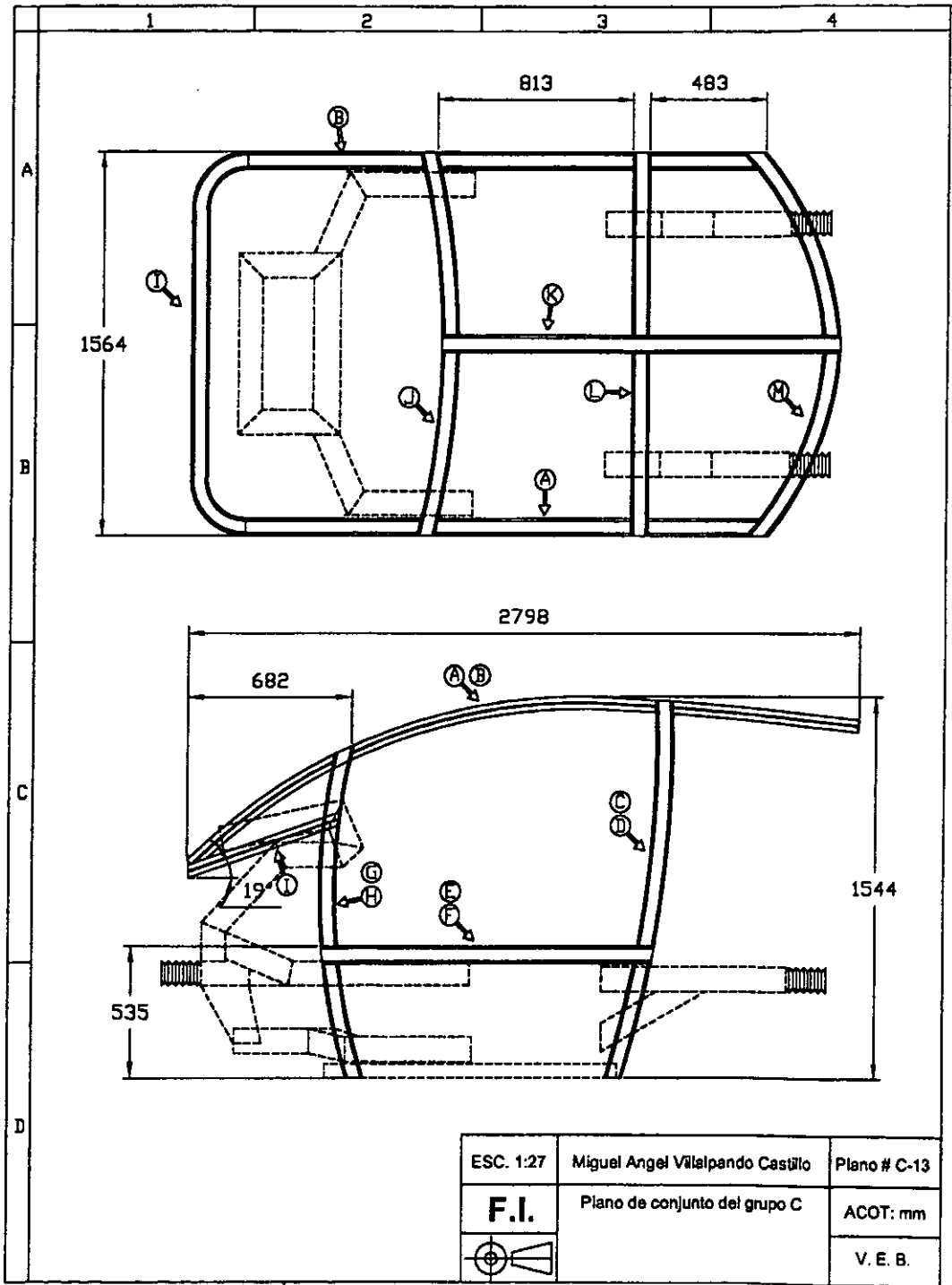
Todos los perfiles tienen un espesor de 1.2 mm	ESC. 1:13	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-11
	F.I.	Plano de partes del grupo A (refuerzos de base)	ACOT: mm
		V. E. B.	




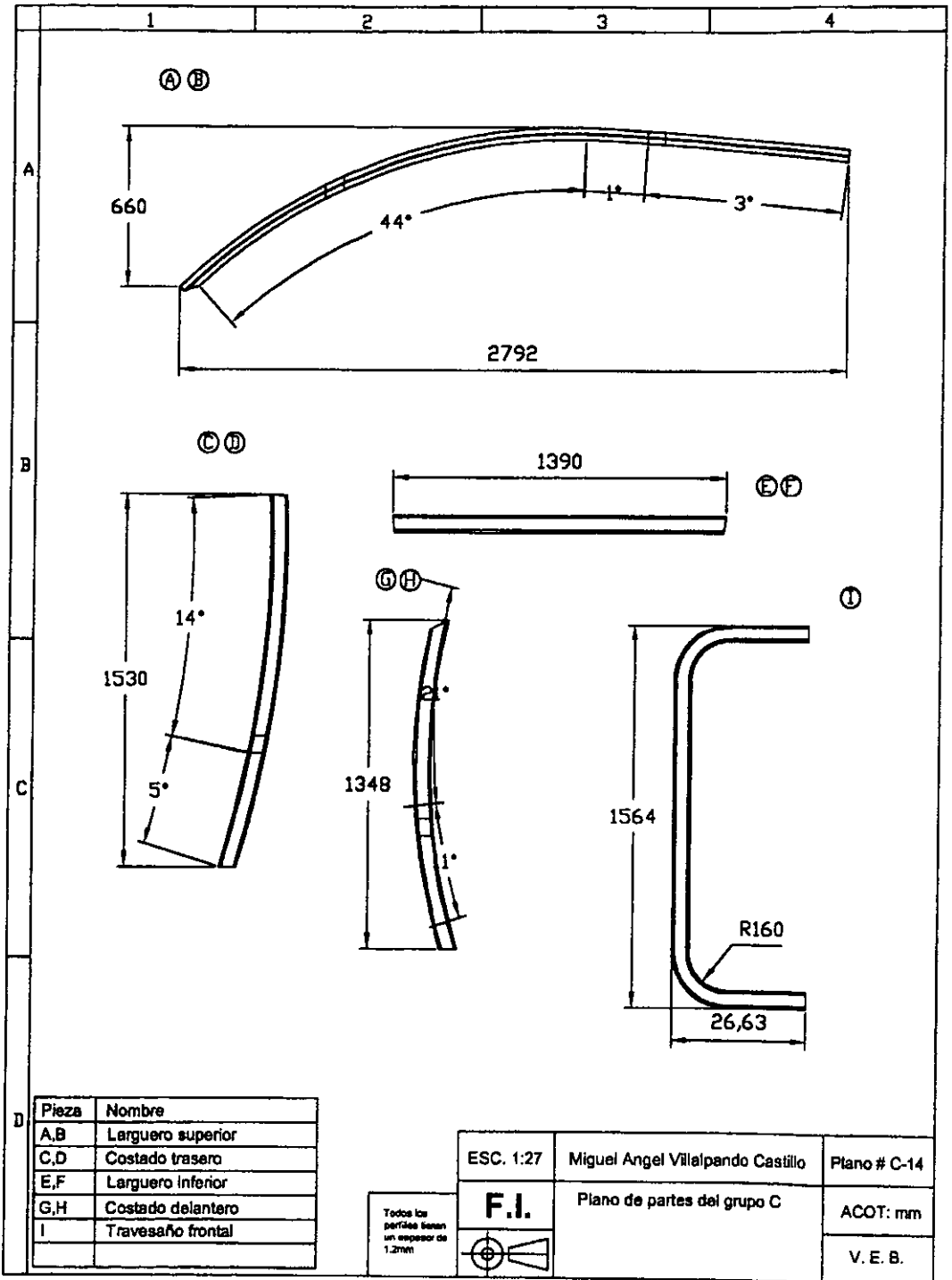
No. de Parte	Nombre
43,44	Tercer refuerzo de base
45	Cuarto refuerzo de base

Todos los perfiles tienen un espesor de 1.2 mm

ESC. 1:13	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-12
F.I.	Plano de partes del grupo A (refuerzos de base)	ACOT: mm
		V. E. B.



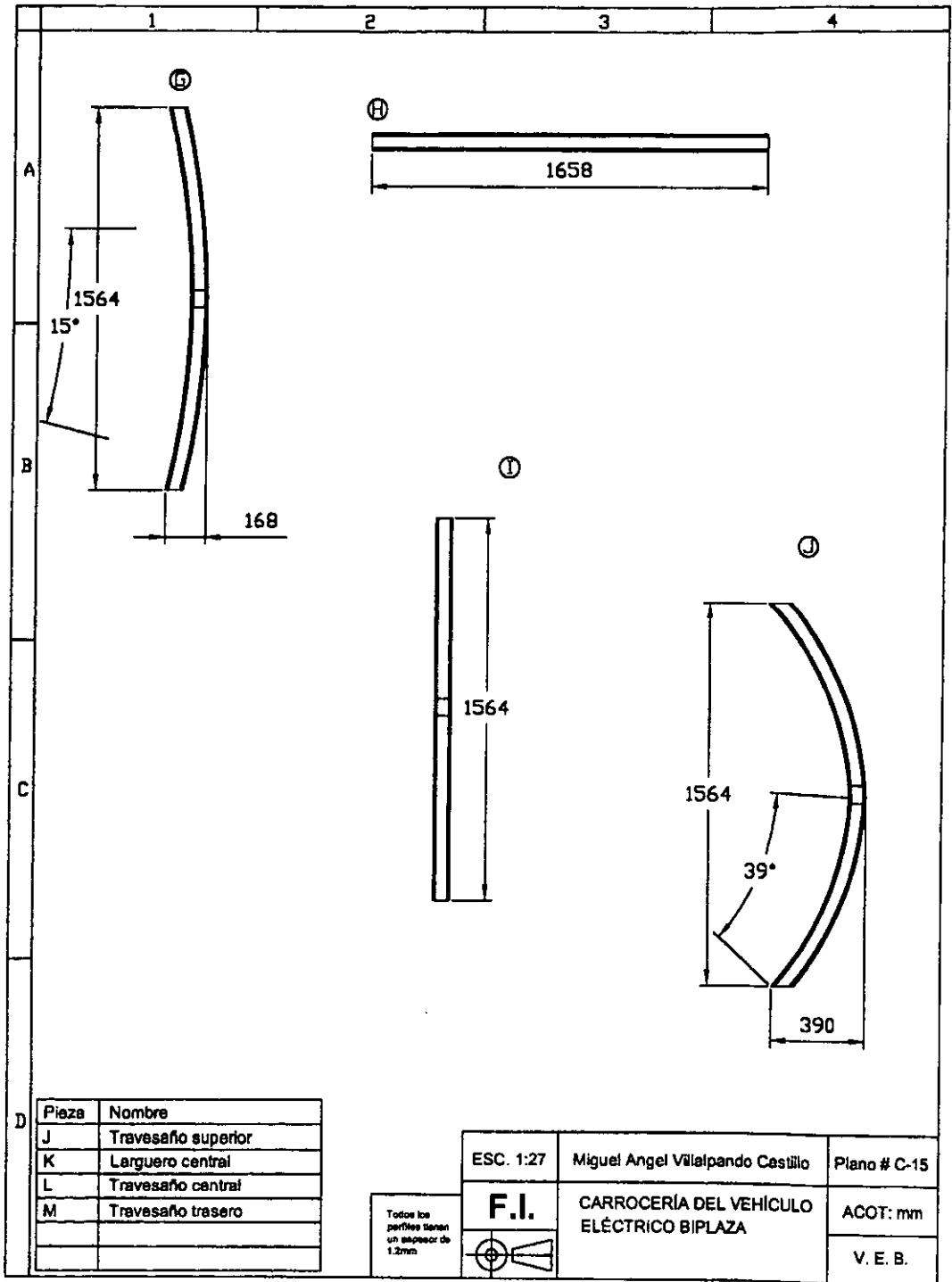
ESC. 1:27	Miguel Angel Vilepando Castillo	Plano # C-13
F.I.	Plano de conjunto del grupo C	ACOT: mm
		V. E. B.

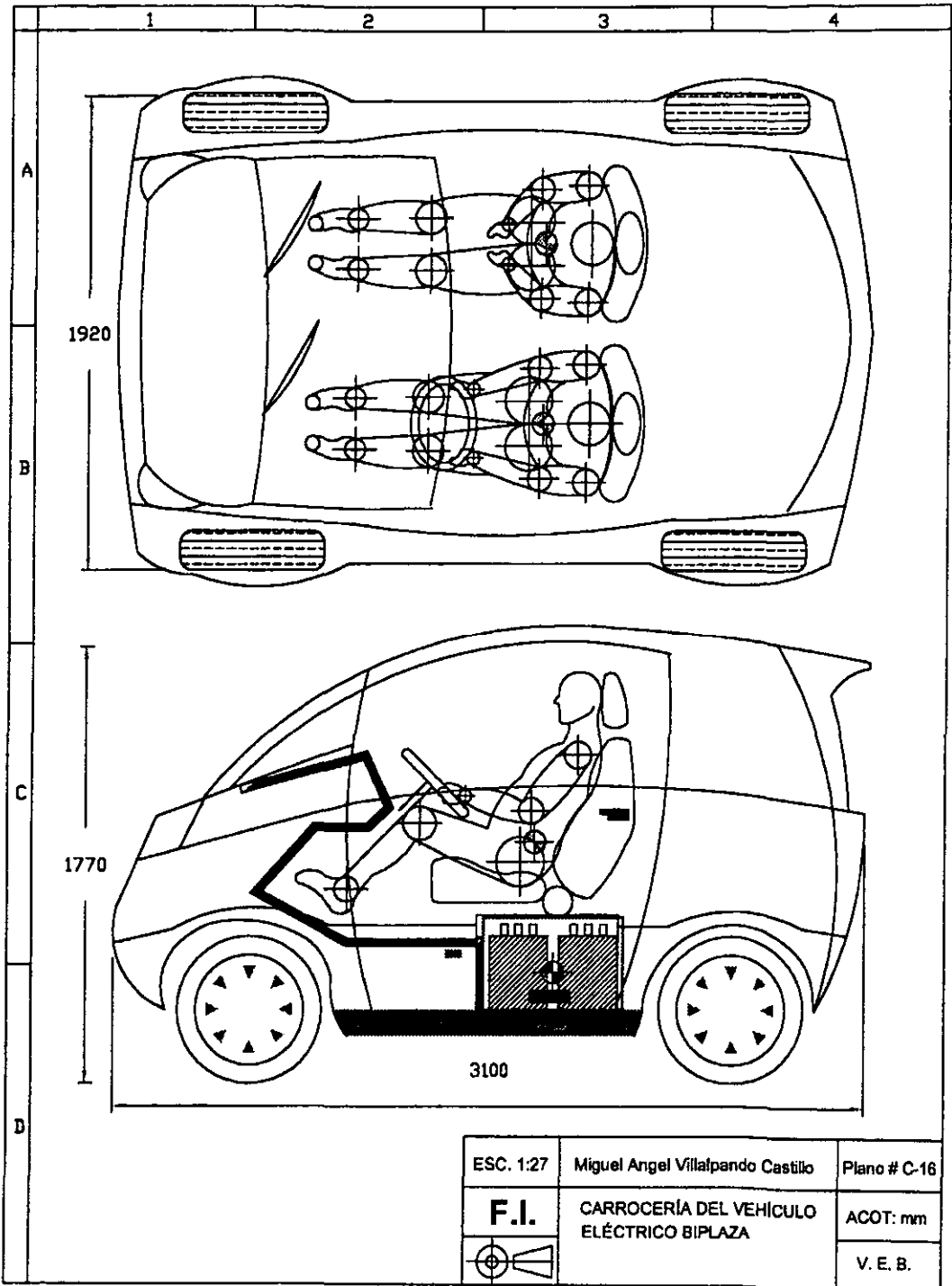


Pieza	Nombre
A,B	Languero superior
C,D	Costado trasero
E,F	Languero inferior
G,H	Costado delantero
I	Travesaño frontal

ESC. 1:27	Miguel Angel Villalpando Castillo	Plano # C-14
F.I. 	Plano de partes del grupo C	ACOT: mm
		V. E. B.

Todos los perfiles tienen un espesor de 1.2mm





APÉNDICE D

Las baterías son una parte importante en el diseño de un vehículo eléctrico, parámetros como: dimensiones, peso, y voltaje además del costo son considerados para la evaluación.

A continuación se presenta la elección del tipo y número de baterías necesarios para el diseño del vehículo eléctrico biplaza. Las baterías elegidas fueron las que fabrica la compañía "Trojan Battery Company" que son las que se utilizan con mayor frecuencia en el Instituto de Ingeniería de la UNAM para los proyectos de vehículos eléctricos, además contando con la asesoría del Ing. Germán Carmona Paredes investigador del mismo Instituto quien en base a sus experiencias proporcionó la información necesaria para este análisis.

La siguiente tabla nos muestra las características de cuatro baterías seleccionadas en base a sus dimensiones, modelo, voltaje y número de ciclos.

Modelo de batería	Voltaje (V)	Dimensiones			Peso (Kg)	No. de Ciclos*	Costo aprox. (Dlls.)
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)			
T-105	6	264	181	284	28	750	75
T-125	6	264	181	284	30	650	95
T-875	8	264	181	284	29	650	110
S-225	12	344	173	248	30	350	114

*Vida útil (número de recargas)

Tabla D.1 Características de diferentes tipos de baterías

Es importante mencionar que estos modelos fueron elegidos de primera instancia porque son los que cumplen con los requerimientos para ser utilizados en el vehículo eléctrico biplaza.

Analizando los cuatro tipos a primera vista tenemos que la mejor opción es el T-105 debido a que su costo es menor a los demás y el número de ciclos es mayor.

En base a las curvas características de los motores de la marca "Advanced D.C. Motors, Inc." Modelo X91-4001 6.7" y teniendo los voltajes que brindan cada uno de los modelos de baterías se pudo obtener la potencia del motor, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Modelo de batería	Potencia Hp	Voltaje con 12 baterías	Capacidad Amp./Hr. (a 5 hrs.)	Energía Kw hr.	Costo de 12 baterías Dlls.	Energía por No. de ciclos Kw hr. **	Costo por cada Kw hr Dlls.
T-105	10	72	189	13.61	900	10 207	0.088
T-125	10	72	195	14.04	1140	9 126	0.125
T-875	14	96	140	13.44	1320	8 763	0.151
S-225	20	144	110	15.84	1368	5 548	0.246

** Energía total que brinda la batería

Tabla D.2

Al observar la tabla D.2 se tiene que el modelo que brinda un menor costo de energía es el T-105, pero lo que no conviene al adoptarlo para el vehículo eléctrico es la poca potencia que brinda ya que 10 Hp no serán suficientes para mover satisfactoriamente el vehículo, se puede decir que con 10 Hp de potencia el vehículo se moverá aunque el desplazamiento será a una velocidad baja y no para lo que fue diseñado el vehículo ya que se manifiesta como una regla en la fabricación de vehículos eléctricos es que no sean un estorbo para los demás

vehículos y otro problema es que en una pendiente que se encuentre en el camino no podrá no garantizar su avance.

Es por ello que teniendo 14 Hp en el modelo T-875 si se cumple con los requerimientos de movimiento y no hay mucha diferencia en costo con los dos anteriores. Para el modelo S-225 el costo es casi el doble del que tiene el T-875 por ello no es considerado para el vehículo eléctrico biplaza.

Para finalizar este análisis, es necesario mencionar que el número de baterías depende de tres factores: El voltaje requerido, la capacidad de carga y el espacio disponible.

Para el espacio no es muy difícil elegir ya que las dimensiones del vehículo eléctrico solo nos brindan espacio para 12 baterías o menos, por lo que respecta al voltaje requerido se pueden tener baterías de 6,8 y 12 V, pero como ya se mencionó el elegir baterías de 6 V nos lleva a tener poca potencia y para aumentarla se requiere de un número mayor de baterías lo que nos restringe en espacio para colocarlas además de que el peso aumentaría también; si se eligieran baterías de 12 V la potencia sería mayor y pareciera que con menor número proporcionarían mayor potencia pero es importante señalar que las baterías de 12 V por pruebas que se les han hecho se descargan más rápido que las demás teniendo poca durabilidad y necesitando de más recargas por ello es que el costo por Kw hr es más elevado. Por esta razón el modelo elegido se encuentra en una escala intermedia en cuanto a costo y potencia, pero para proporcionarla es necesario contar con las 12 baterías.

APÉNDICE E

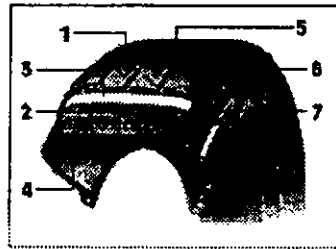
Tipo de llantas utilizadas en el vehículo eléctrico
Modelo **PROXIMA™ RR**

Medida de llanta	Relación de Carga / Rapidez	Tipo de camino
P205/60R15	90S	RRBL



Características:

La baja resistencia al rodamiento y el peso ligero de la llanta optimizan la potencia eléctrica del vehículo haciéndolo más eficiente.



- 1.- El ángulo de camino permite reducir la resistencia con el camino
- 2.- Poca masa, en láminas de acero muy estrechas reduce el peso de la llanta incrementando la eficiencia en la energía.
- 3.- El nylon de baja densidad como refuerzo da extra resistencia.
- 4.- La **PROXIMA™ RR** para el vehículo eléctrico tiene un sellador especial en el área de la banda de rodadura que sella automáticamente picaduras de más de 3/16" de diámetro.
- 5.- Inclinación variable con curvas en el diseño del dibujo.
- 6.- Perfil optimizado para garantizar un buen balance, mejor desempeño al rodar así como eficiencia de energía, a 50 psi.
- 7.- La distribución uniforme de esfuerzos a través de la cubierta y el parche de contacto especial reduce la resistencia al rodamiento pero sin afectar tracción ni maniobrabilidad.

REFERENCIAS**Libros**

- 1.- Bob Brant *"BUILD YOUR OWN ELECTRIC VEHICLE"* McGraw-Hill. U.S.A. 1994.
- 2.- J.M. Alonso Pérez *"Mecánica del automóvil"* Parafino. S.A. Madrid 1988.
- 3.- José Luis Vega *"El Libro del automóvil"* Reader's Digest México, S.A. de C.V. 1981.
- 4.- W. Steeds *"MECHANICS OF ROAD VEHICLES"* ILIFFE & SONS LTD London 1960.
- 5.- Gere-Timoshenko *"MECÁNICA DE MATERIALES"* Grupo Editorial Iberoamérica 2ª. Edición México 1986
- 6.- Henry Horwitz *"Soldadura, aplicaciones y práctica"* ALFAOMEGA U.S.A. 1990
- 7.- Siegel Martin J. *"Mechanical Design of Machines"* International Textbook 1965
- 8.- Ulman David G. *"The Mechanical Design Process"* Mc. Graw-Hill U.S.A. 1992
- 9.- Johnson Ray C. *"Mechanical Design Synthesis With Optimization Applications"* Van Nostrand Reinold U.S.A. 1971
- 10.- Herbert E. Ellinger and Richard B. Hathaway *"Automotive Suspension, Steering and Brakes"* Prentice Hall 1980
- 11.- John A. Roebuck Jr. *"Anthropometric Methods: Designing to fit the human body"* Human Factors and Ergonomics Society Santa Monica California U.S.A.

Revistas

- 12.- Revista *"QUO El saber actual"* No. 24 octubre de 1999.
- 13.- *"Guía Roji de la Ciudad de México"* Guía Roji S.A. de C.V. México 1998

Tesis

- 14.- Jaime Aguade Lozano *"La ingeniería automotriz para el siglo XXI"* Facultad de Ingeniería U.N.A.M. 1997.
- 15.- *"El minibus eléctrico"* Diseño industrial U.N.A.M. 1999

Internet

- 16.- www.trojanbattery.com
- 17.- www.michelin_us.com
- 18.- www.elektron.org/medelect.htm