

76



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO ALTERNATIVO DE UN SISTEMA  
DE ACELERADO Y FRENADO EN UN  
AUTOMÓVIL PARA DISCAPACITADOS  
(PARAPLÉJICOS)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(ÁREA MECANICA)**

**P R E S E N T A:  
RICARDO RODRIGUEZ ORTEGA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ADRIAN ESPINOZA BAUTISTA**



281458

**MÉXICO D.F.**

**2000**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**A MIS PADRES**

Pedro y Ma. de Angeles, por su cariño, apoyo, comprensión y paciencia

**A MIS HERMANOS**

Araceli y Jelus por su cariño

**A ADRIÁN**

Por su experiencia y su apoyo incondicional.

**A TODOS MIS AMIGOS**

Por su apoyo y ayuda a lo largo de la carrera y fuera de ella.

# INDICE

<b>OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>¿QUIENES SON LOS PARAPLEJICOS?.....</b>	<b>5</b>
<i>IDIOSINCRACIA DEL PARAPLEJICO.....</i>	<i>6</i>
<i>EL CUERPO COMO MEDIO DE INTERACCION SOCIAL.....</i>	<i>8</i>
<i>EL CUERPO Y LA PERSONALIDAD.....</i>	<i>9</i>
<i>EVALUACION PSICOSOCIAL PARA LOS PARAPLEJICOS.....</i>	<i>10</i>
<i>CONCEPCIONES ASUMIDAS POR LOS PARAPLEJICOS.....</i>	<i>11</i>
<i>ALGUNAS VERDADES DE LOS PARAPLEJICOS.....</i>	<i>11</i>
<i>TIPICOS PROBLEMAS PSICOSOCIALES.....</i>	<i>14</i>
<i>TRATAMIENTOS Y REHABILITACION.....</i>	<i>16</i>
<i>PROGRESO.....</i>	<i>18</i>
<i>TENDENCIA ACTUAL.....</i>	<i>21</i>
<b>DISEÑO .....</b>	<b>23</b>
<i>IDENTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA.....</i>	<i>27</i>
<i>ANTECEDENTES E INVESTIGACION.....</i>	<i>29</i>
<i>ESTABLECER OBJETIVOS.....</i>	<i>36</i>
<i>ESPECIFICACION DE TAREAS.....</i>	<i>38</i>
<i>IDEAR E INVENTAR.....</i>	<i>41</i>
<i>ANALISIS.....</i>	<i>44</i>
<i>SELECCION.....</i>	<i>46</i>
<i>DISEÑO DE DETALLE.....</i>	<i>49</i>
<i>PROTOTIPOS (MODELADO) Y PRUEBAS.....</i>	<i>50</i>
<i>PRODUCCION.....</i>	<i>52</i>
<b>INGENIERIA DE DISEÑO .....</b>	<b>52</b>
<b>DESARROLLO .....</b>	<b>56</b>
<b>NECESIDAD.....</b>	<b>57</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>60</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>68</b>
<b>ESPECIFICACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>GENERACION, EVALUACION Y SELECCION DE OPCIONES DE SOLUCION... 72</b>	<b>72</b>
<b>DISEÑO DE DETALLE.....</b>	<b>89</b>

<b>PROTOTIPO Y MODELADO.....</b>	<b>121</b>
<b>PRODUCCION E INSTALACION .....</b>	<b>121</b>
<i>ARTICULOS DE COMPLEMENTO.....</i>	<i>122</i>
<i>INSTALACION.....</i>	<i>125</i>
<i>INSTRUCCIONES DE USO.....</i>	<i>126</i>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>134</b>

## **OBJETIVO.**

El objetivo es aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para proporcionar a las personas parapléjicas<sup>1</sup> una mejor alternativa de DISEÑO, en un sistema de aceleración y frenado para automóviles de transmisión automática, sustituyendo el accionamiento de piernas en los comandos ya mencionados por un accionamiento manual. Todo esto aunado a las características que el DISEÑO implica como son: maniobrabilidad, bajos costos de fabricación, desempeño y sobre todo la seguridad que puede proporcionar el nuevo diseño.

Lo más importante en este diseño es proporcionar a estas personas discapacitadas una forma de autonomía con un mejor desempeño dentro del automóvil, que a su vez, se verá reflejado en el exterior, optimizando movimientos de operación del sistema, generando así, mayor armonía entre el conductor y el automóvil y por consecuencia, su seguridad.

---

<sup>1</sup> PARAPLEJICO. Persona que carece de movimiento en sus extremidades inferiores

## INTRODUCCION

Los sistemas de acelerado y frenado para parapléjicos que existen en el mercado gozan de buena calidad y son funcionales, utilizando tecnología avanzada como es el accionamiento de tipo neumático con materiales de calidad y resistencia máxima a la corrosión, las empresas que se preocupan en proveer al mercado de accesorios para parapléjicos son pocas, entre ellas, se encuentran grandes empresas como Chrysler, Ford Motor Company y otras, que desarrollan estos tipos de sistemas y otras que solo se enfocan al acceso a minivans; dichas empresas cuentan con departamentos especializados en el desarrollo y diseño de rampas para el acceso al interior del vehículo por medio de sistemas automatizados y de gran variedad.

Hay que reconocer que las empresas que se dedican a fabricar productos para discapacitados como son los accesos a minivans, sillas de ruedas accionadas electrónicamente y a la respectiva capacitación que corresponde, contribuyen a una excelente labor para el desarrollo del discapacitado, obviamente el diseño y fabricación de los sistemas automatizados generan elevados costos de fabricación y de envío, ya que las empresas son de origen estadounidense (Vans by PAUL SHERRY, WHEELCHAIR GETAWAYS, HANDICAP MOVILITY, FORD MOTOR COMPANY, CHRYSLER, etc.),

por lo tanto la adquisición de estos productos se torna más complicada para personas de bajos y medianos recursos.

Estas empresas de alguna manera han descuidado considerablemente que las personas parapléjicas son seres humanos que requieren de independencia total para desplazarse libremente sin depender prácticamente de nadie, esto requiere que se desarrollen sistemas que cumplan con las exigencias de estas personas; una manera de transporte es la utilización del automóvil, esto nos lleva a comprometernos a diseñar nuevos sistemas de acelerado y frenado, que sean accionados de forma manual y que cumplan con las características para ser, innovador, de calidad, seguro y de bajo costo.

Para poder diseñar un buen concepto de aceleración y frenado se requiere tener la información necesaria acerca del sentir de los parapléjicos, basados en estudios psicológicos. Los resultados de éstos nos muestran las actitudes que estas personas proyectan después de haber sufrido algún accidente que los hayan inhabilitado de sus miembros inferiores, o bien, los que desde muy pequeños perdieron la facultad de caminar por enfermedad o de nacimiento, y que por lo mismo, carecen de la integración social.

Dada la inadaptación social que sufren estas personas, es de suma importancia, que la mayoría de ellos obtengan un buen tratamiento psicológico para combatir los traumas que se producen alrededor de ellos. Dichos tratamientos estimulan a estas personas para desarrollar actividades con la mayor eficacia posible.



Debido a las complejas situaciones que representa la discapacidad, es una obligación como ingeniero trabajar para la creación de los accesorios que requieran de diseño especial, como son diversas formas geométricas y sistemas mecánicos o eléctricos, junto con todas las características y especificaciones necesarias y al ser fabricado, se cuente con los elementos suficientes, y de esta manera contar con un producto de calidad que armonice con el cliente, dándole las herramientas suficientes para su independencia e introducción a la vida social.

En esencia lo que se expone en la presente tesis es un diseño alternativo del sistema de acelerado y frenado para personas parapléjicas. Dispositivo que es únicamente implantado en automóviles de transmisión automática, dicho sistema contará con características de un nuevo diseño conceptual, que brindará al usuario un máximo desempeño del vehículo por las variantes y conceptualización de los nuevos componentes en el sistema.

Cabe destacar que la información que se presentará en los antecedentes acerca de los parapléjicos es relativamente amplia, esto es con la finalidad de entender la importancia de la presente tesis en la vida integral de las personas parapléjicas y de esta manera crear conciencia en el lector respecto a la problemática de estas personas.

## **ANTECEDENTES**

El ser humano puede presentar distintos tipos de discapacidad física, pero cada una de ellas se reconoce por un nombre en específico, y de esta manera, conocemos las limitantes de las personas discapacitadas; es de suma importancia conocer las limitaciones de estas personas, ya que este es nuestro punto de partida para desarrollar los proyectos y programas de acuerdo a sus necesidades. Por tanto, solo se hará referencia a las personas paraplégicas.

### **¿QUIENES SON LOS PARAPLEJICOS?**

Los PARAPLEJICOS son personas que carecen de extremidades inferiores (piernas) o simplemente no tienen movimiento en ellas.

Los paraplégicos son personas que sufren de muchos trastornos psicológicos por la falta de movilidad y desplazamiento por sí mismos. Muchos terapeutas han coincidido que la carencia de movimiento en las extremidades inferiores se vea reflejado en los músculos restantes de su cuerpo, ocasionando tensión y conflictos. Parcialmente esto significa que varias partes de su cuerpo no necesariamente dañadas se traumatizan, dejando sin movimiento estas. El cuerpo puede comunicar a todas sus partes el

sentimiento de frustración, dolor y miedo. Después de algún tiempo a través de terapias y cursos, el cuerpo reflexiona los conflictos pasados, y el parapléjico orienta su cuerpo correctamente en el espacio que le corresponde.

Médicos y Psicólogos han trabajado con pacientes de estas características en diferentes y prestigiados centros de rehabilitación como el Instituto de Rehabilitación y Medicina Física en Nueva York, creando cursos psicológicos y patológicos pensados para la rehabilitación de estos pacientes; dichos cursos proporcionan al paciente una nueva experiencia de sensibilización en su cuerpo que antes no sentían, esto se realiza a base de una integración de todos los miembros de su cuerpo y no solo en las partes inhabilitadas.

### *IDIOSINCRACIA DEL PARAPLEJICO.*

Cuando se llega a ser víctima de algún tipo de lesión (discapacidad), de alguna manera, el cuerpo toma ciertas actitudes que se llegan a convertir en propias. Se construye esquemas de postura y percepción de las partes del cuerpo, valuándolas de tal forma que mientras eso ocurre, en otros casos, las partes dañadas, inconscientemente, se convierten en pivote de las otras en buen estado.

Otra forma de manifestarse el cuerpo tras su discapacidad, es una expresión mediana de sentimientos y motivaciones para sí mismo, entonces es

cuando las gesticulaciones, posturas y expresiones dan lugar a entrelazar una comunicación con su alrededor, esto da como resultado que el cuerpo sea un mecanismo inerte.

Según el autor<sup>α</sup> las características más importantes en el sentir de un parapléjico para su rehabilitación son cuatro:

1. El cuerpo es un foco de experiencia psicológica que incluye deseos, miedos y conflictos.
2. El cuerpo como un medio de interacción social.
3. El cuerpo es un símbolo de valor personal atractivo
4. El cuerpo es un símbolo de la integración psicofisiológica de la persona en ella misma.

Terapeutas cuentan con pacientes que piensan que son portadores de un cuerpo bizarro, totalmente fuera de la realidad. Ellos imaginan que las partes de su cuerpo están controladas por otras personas ó ciertas partes faltan o se duplican.

Los pacientes tienen muchas fantasías que transfieren al cuerpo de otra persona, pero el crear tantas fantasías puede crear una regresión emocional hasta llegar a tomar actitudes de niños.

Según Freud (1964): El ego es tan arraigado en el cuerpo, que nuestros

---

<sup>α</sup> Krusen Michel (citado en la bibliografía)

impulsos inconscientes pueden ser buenos, como también pueden existir reacciones morales en contra de él.

### *EL CUERPO COMO MEDIO DE INTERACCION SOCIAL.*

Usualmente usamos el cuerpo para expresar nuestros sentimientos e intenciones con otros así como percibir recíprocamente a otros, pero, obviamente los parapléjicos que sufren de una discapacidad, obstaculizan en uso expresivo de su cuerpo; esto se debe a los conflictos inconscientes o un inadecuado aprendizaje social, a raíz de su discapacidad.

En consecuencia los problemas que ocasionan el uso inadecuado de la expresión corporal, reducen efectivamente la comunicación con otros, por lo que crea confusión incluso en la expresión verbal. Ciertas emociones son expresadas tenuemente o exageradamente (casi siempre en los extremos), debido a que exhiben sus sentimientos de culpa.

Una vez que el paciente tiene contacto con otras personas genera un sentimiento en el cual sufre una elaboración de ideas concernientes al deseo de usar sus cuerpos al igual que las otras personas.

A estas personas el cuerpo se les transforma en un símbolo de evaluación personal; ya que de alguna manera comparan su cuerpo con otras personas por textura, color, etc. Pero tiene una mayor acentuación en las malformaciones y en el mal funcionamiento de sus miembros, en este caso las piernas.

## *EL CUERPO Y LA PERSONALIDAD.*

Muchos Filósofos y Psicólogos han hablado a través de la historia (Socrates, David Hume, Gordon Allport, etc.) acerca de la Personalidad y la verdad del individuo, esto se puede tomar como una herramienta para diagnosticar y comprender el sentir de las personas con discapacidad (parapléjicas), los efectos que crea el individuo, las malformaciones y el mal funcionamiento de miembros.

A fin de cuentas la personalidad del individuo puede valuarse como un sistema de integración personal y selección de los problemas de la vida. Este es un sistema que bien puede caracterizarse de orden, coherencia y de apertura al cambio. La personalidad es vista como la parte que se encarga de mantener la estabilidad, coherencia y que continua con la forma en las etapas de transformación, ayudando al desarrollo físico permitiendo adaptarse responsablemente con cambios maduros. La personalidad del individuo selecciona estos vínculos, objetos, defensas, sensibilidad perceptual y modos de comunicación dependiendo de las necesidades individuales.

La personalidad es como una torre que guarda el equilibrio pero que a su vez es capaz de cambiar cuando se confronta con nuevas situaciones de estrés y requerimientos, es cuando la personalidad constantemente busca nuevos niveles de coherente estabilidad, mientras que al mismo tiempo no permite la adaptación y control, pero crea nuevas formas de expresión y desempeño óptimo. La personalidad únicamente acepta intervalos de

inestabilidad en función de incorporar nueva información que sea más efectiva para la estructura orgánica.

Cambios en el cuerpo traen en consecuencia una madurez normal, pero llega a decaer por una alteración en su cuerpo y demanda una nueva integración, esto ocasiona un cambio en la estabilidad emocional del individuo.

La experiencia de varios médicos quienes han trabajado cerca de los parapléjicos, dice que la personalidad puede crecer creativamente de un cuerpo perdido, el cuerpo es vulnerable durante las terapias, tratando los médicos siempre de integrar el cuerpo con la personalidad.

### *EVALUACION PSICOSOCIAL PARA LOS PARAPLEJICOS*

La rehabilitación de los parapléjicos es una dura empresa. Varios centros de rehabilitación en el país o en el extranjero cuentan con un gran grupo de reconocido personal médico que incluye: médicos, físicos, terapeutas de conferencias, enfermeras de rehabilitación, psicólogos de rehabilitación, neuropsicólogos, trabajadores sociales, terapeutas recreativos, consejeros vocacionales y dietistas cuyos objetivos son complementarios y frecuentemente identificados para asistir “físicamente al parapléjico” y a la familia del mismo con la finalidad de crear un ambiente de independencia y así obtener una mejor calidad de vida.

## *CONCEPCIONES ASUMIDAS POR LOS PARAPLEJICOS*

Frecuentemente es aceptado que la discapacidad física es un evento catastrófico creando severos disturbios emocionales, esto puede crear un estrés extremo e incrementarlo de tal forma que el paciente puede necesitar ayuda psiquiátrica.

La depresión de los parapléjicos acerca de su discapacidad, no es fácilmente aceptada y se refleja en las actitudes que toman como son las de tristeza y pesimismo por el futuro, estos son signos naturales de una reacción ante un evento catastrófico y solo se puede disminuir con las rehabilitaciones profesionales que hagan comprender al parapléjico su estado actual y crear conciencia de la nueva vida. La adaptación es delicada y en gran parte el tratamiento consiste en observar al paciente y con la ayuda de la familia o amigos se proporciona un soporte emocional.

## *ALGUNAS VERDADES DE LOS PARAPLEJICOS*

La presencia de una discapacidad puede verse como un evento de máximo estrés para la vida. Selye (1974,14-15) define estrés como una responsabilidad no específica del cuerpo para cualquier demanda que promueva el daño, el estrés puede ser también agudo o crónico y actúa instantáneamente y cuando estos dos tipos de estrés aparecen, su tratamiento se vuelve prolongado (Pelletier, 1977). Para los parapléjicos es común que se



presente alguno de los dos tipos de estrés, agudo o crónico requiriendo de continuos ajustes y readaptaciones. Esto se lleva acabo principalmente en hospitales en sus inicios por lo complicado que esto representa.

Casi todas las esferas de la vida pueden ser afectadas por la presencia de una discapacidad física como lo son los paraplégicos, pierden funciones de movilidad, dependencia en actividades diarias de la vida, altera funciones del cuerpo, perdida de ingresos monetarios, cambio en la disposición por la vida, altera la relación familiar, decae la expectación de superación educacional o profesional, etc.

Métodos fisicosociales crean formulas para conocer el comportamiento del individuo con discapacidad, existe un método avanzado creado por Trieschmann y otros tomando varios aspectos característicos del discapacitado que aparecen a continuación:

**P = Variables personales**

- Repertorio de hábitos
- Personalidad
- Preferencias y recompensas
- Posición interna y externa de control
- Creatividad

**O = Variables orgánicas**

- Edad
- Grado de discapacidad
- Complicaciones médicas
- Anomalías congénitas
- Fuerza y Resistencia

**E = Variables Ambientales**

- Ambiente en el hospital
- Soporte familiar e interpersonal
- Ambiente social
- Seguridad de financiamiento
- Residencia Urbana vs. Rural
- Acceso a equipo y atención medica
- Acceso a la educacional, recreativa y ocupacional
- Nivel socioeconómico
- Barreras arquitectónicas y disponibilidad de transporte
- Legislación
- Influencias culturales y étnicas

**B = f (P x O x E)** donde:

**B = Comportamiento** como una función de los otros elementos.

Las personas paraplégicas tienen un significativo impacto sobre los miembros de la familia, especialmente los que tienen gran influencia en el proceso de rehabilitación. En una revisión de la literatura inglesa de las actividades de la familia en la rehabilitación, concluye que la mayoría de las personas que sufren paraplejía tienen un profundo y duradero impacto en el núcleo familiar y frecuentemente llega a extenderse a todo el sistema familiar. Es tal el impacto, que las familias se sienten inhabilitadas y también requieren de asistencia. Cabe hacer notar que la familia ve a la paraplejía desde un punto

de vista positivo y se caracterizan por un soporte emocional, planeación constructiva y lo disfrutan, pero también puede ser negativa y patológica la influencia de la familia que se caracteriza por la sobreprotección y refuerza el comportamiento de dependencia, negligencia, inapropiadas demandas de personal etc. Este es un panorama de lo que puede afectar el proceso de rehabilitación en el comportamiento de la familia, es recomendable que la familia asista a capacitación para no caer en la negatividad de este proceso.

Desde que la rehabilitación se ha convertido en una situación de dependencia para el paciente, se ha aprendido de su comportamiento y habilidades, como es, el desarrollo de otros sentidos, instintos, habilidad para aprender, respuesta emocional, actitud apropiada en eventos sociales e incremento de habilidades manuales que en el pasado no contaban.

Es importante recalcar que las personas que sufren una discapacidad, forzosamente tienen que llevar a efecto un proceso de rehabilitación, el cual puede tener un periodo de tiempo corto o largo dependiendo directamente del trabajo psicológico que se realice con la persona.

#### *TIPICOS PROBLEMAS PSICOSOCIALES.*

Uno de los problemas psicológicos más frecuentes son los *trastornos* durante la rehabilitación cuando estos sufren periodos de depresión, la depresión es definida como la disminución de sensación placentera

manifestada en los sentimientos, negativismo, incertidumbre en el futuro, retirada social, llanto, cambio en el apetito, falta de interés en la higiene personal y en ocasiones sensaciones de suicidio. Por eso, es importante motivarlos totalmente en todas las actividades que realicen, ya que de no ser así, se generara un sentimiento adverso.

Frecuentemente las causas de la pobre motivación son que los pacientes se denotan hostiles, depresivos, pero es importante encontrar la razón por la cual tienen ese comportamiento, por ejemplo puede ser por un conflicto en metas trazadas o por no entender su discapacidad.

*La Dependencia*, es uno de los puntos más importantes a tratar en el desarrollo de esta tesis, la dependencia que sufren los pacientes aparece principalmente bajo un contexto de enfermedad y dispuesta a adquirir otras características; cada miembro de la familia o personas a cargo del paciente deben de desarrollar una serie de actividades para que el paciente parapléjico se sienta capaz de realizar actividades por sí solo. Este comportamiento es generalmente reforzado por los miembros de la familia, quien le demuestran confianza y simpatía para el desempeño de sus actividades. Ejemplos del comportamiento de dependencia incluye el que le den de comer otras personas, repudiar la silla de ruedas y falta de deseo por aprender las rutinas a seguir. Un clásico ejemplo es repudio de la sobreprotección, de ser tratados como niños y no dejarlos hacer todo por si mismos, a pesar de que ellos se sienten capaces de desempeñar cualquier actividad sin que sean asistidos.

El paciente recientemente discapacitado recae en un trauma el cual es una terrible ansiedad, esta ansiedad se manifiesta a través de excesivas demandas de atención, necesita continua tranquilidad, demasiadas actitudes de precaución y ofrecen resistencia a realizar nuevas tareas por miedo a fallar. Las reacciones son comúnmente efímeras, así como también sufren de constantes preocupaciones.

Esta parte es de primordial importancia para el desarrollo de la tesis, dado que el instinto de independencia del parapléjico debe ser fomentado a su máximo nivel y los resultados serán impactantes.

### *TRATAMIENTOS Y REHABILITACION.*

Los tratamientos de rehabilitación son de suma importancia, para el desempeño del individuo que sufre de paraplejía.

Roberta Trieschmann describe un tratamiento individual de rehabilitación por daño en la espina, tratamiento que implica tiempo y cada vez tenemos a más personas que sufren el daño ya sea al nacer o adquirido por accidente. Se dice que en Estados Unidos de Norteamérica cerca de 10,000 personas por año sufren del daño, ocasionando cuadraplejía\* y paraplejía; el 80% son personas jóvenes de los cuales el 60% son personas activas entre los 15-29 años de edad.

---

\* CUADRAPI.EJIA: Personas que carecen de movimiento en las extremidades superiores e inferiores.

La rehabilitación es un proceso en el que cada paciente, toma activamente como suyo, esto implica mucho trabajo para el proceso de aprendizaje de habilidades y estrategias para reajustarse a las nuevas limitaciones físicas. Sin embargo la depresión es el obstáculo a eliminar por ser una de las causas según Freud, de la carencia de superación y felicidad.

Finalmente la rehabilitación y los tratamientos tienen por objetivo un plan de individualización que enajena al paciente a maximizar sus funciones, *independencia* y *vivir en comunidad*.

El impacto de la tecnología en las personas discapacitadas ha creado la improvisación de elementos para superar traumas, incluso, se ha convertido en el mayor desarrollo en los últimos 20 años.

Jean Kohn describe los efectos psicosociales en la integración de los *accesorios de asistencia* con el individuo; en un estudio, los beneficios que provee la tecnología son magníficos, para los niños, facilita un desarrollo mental normal y minimiza problemas emocionales secundarios. En los adultos los accesorios de asistencia maximizan la funcionalidad de su cuerpo y ofrece más posibilidades de superación.

Estos accesorios de asistencia le ofrecen al parapléjico “comodidad”, en consecuencia, evitan que progrese la enfermedad, facilita el manejo físico y consigue vivir independientemente, obviamente estudiando siempre el adaptar al paciente y los accesorios de asistencia y el control de los mismos.

## *PROGRESO*

Las personas con discapacidad han experimentado a lo largo de la historia discriminación. En las primeras 20 centras, los discapacitados eran considerados como “PERDIDA” un impedimento para incrementar la productividad y eran despedidos en publico, les hacían sentir enfermos, infectados y moribundos. En 1940’s la posición de los discapacitados iba ganando terreno y se les empezaba a ver como gente normal, incluso en esta década se empezaron a formar grupos; que ya tenían un soporte social importante. En 1960’s los movimientos sociales por los miembros de las minorías étnicas y la integración de la corriente principal llegaron a ser predominantes; el movimiento creció tan deprisa que en la década de los 1970’s nació el movimiento de vida independiente.

El movimiento de vida independiente, empleó acciones políticas para promover la igualdad para las personas discapacitadas; los que apoyaban con más fuerza el movimiento eran los parapléjicos. Lo que ofrecía el movimiento eran servicios directos, asesoramiento, dispositivos de asistencia para los discapacitados, las consecuencias fueron una mejor calidad de vida y la suficiente independencia para vivir.

En los procesos de rehabilitación se enseña funcionalmente a adaptarse a los requerimientos de su vida, al principio dependen de otras personas, pero el resultado es independencia al participar en actividades sociales y de trabajo. Los parapléjicos pueden requerir de equipo de asistencia y de funciones

compatibles para solventar sus deseos, así mismo como la tecnología en rehabilitación.

En esencia el objetivo es demostrar que la combinación del deseo de superación de una persona parapléjica y los dispositivos de asistencia pueden crear una persona absolutamente normal e independiente. El uso adecuado del equipo de asistencia le otorga al parapléjico la sensación de independencia que tanto anhela e incrementa el control de interacción con la sociedad, integridad, competencia a todos los niveles y la satisfacción en vida. En la figura 1, aparece el diagrama de la interacción exitosa, si los efectos psicosociales son positivos entre los parapléjicos y las personas que interactúan con ellos.

- **Parapléjico:** incluye funciones físicas (discapacitado).
- **Interfase:** esto significa el acceso hacia los dispositivos de asistencia.
- **Dispositivos Asistencia:** Dichos dispositivos pueden ser; sillas de ruedas, sillas eléctricas de ruedas, sistemas de comunicación, dispositivos de control, rampas de acceso, etc.
- **Medio Ambiente:** incluye personas a su alrededor, accesorios físicos, viajes, trabajo, recreación etc.

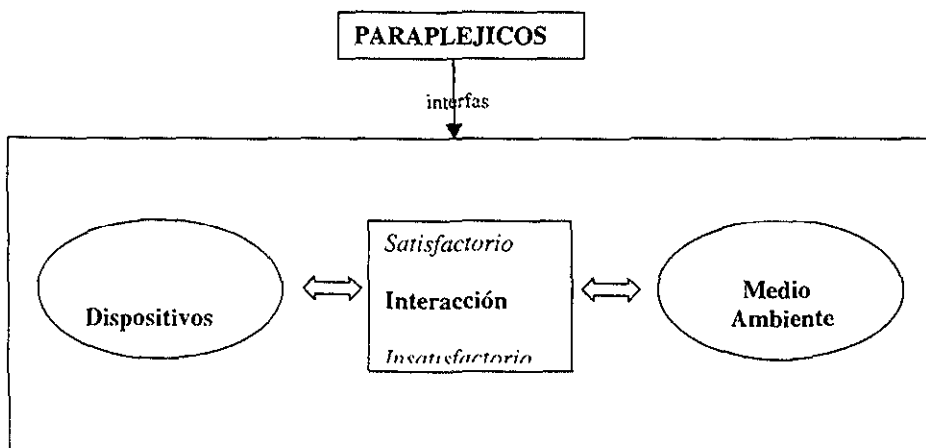


Figura 1



Durante los últimos 20 años se ha desarrollado tecnología, leyes y cambios sociales que han originado el incremento de los dispositivos de asistencia. Ha habido un cambio que marca la construcción y variedad de dispositivos de asistencia para discapacitados, el desarrollo se ha llevado al cabo paralelamente con el crecimiento de la tecnología con desarrollo de materiales ligeros, materiales resistentes y sintéticos para él público en general. El desarrollo en el diseño de sillas de rueda es comparable al equipo que se implementa a los automóviles con cualidades tales como: la comodidad, seguridad, desempeño, control, etc. El desarrollo a su vez se complementa al máximo con componentes electrónicos, miniaturización de componentes y el rápido desarrollo computacional; todo es usado finalmente para la rehabilitación tecnológica.

Cambios legislativos han logrado la integración de los parapléjicos con la sociedad. Los dispositivos de asistencia facilitan la transición a la educación y la comunidad; se construyen transportes especiales, diseñados para el fácil acceso (ARCHITECTURAL AND TRANSPORTATION BARRIERS COMPLIANCE BOARD 1977). Pero el logro mayor es la organización de grupos de personas discapacitadas.

Los logros de los parapléjicos han sido de importante trascendencia y a la vez inesperados, como lo es el área deportiva y la participación en el área de diseño en los equipos ingenieriles para obtener grandes beneficios en la estimulación y máximo desempeño en los dispositivos de asistencia como la industria de sillas de ruedas. Atletas discapacitados han participado en el

desarrollo del equipo deportivo; arquería, carrera en silla de ruedas, esquiado o transporte en trineo, basketball, etc.

Los paraplégicos o discapacitados expresan sus necesidades de equipamiento, ha habido una demanda de información acerca de lo que esta disponible, para saber donde se obtienen y cuanto cuestan. Esta información se encuentra constantemente disponible (NARIC, ABLEDATA) en miles de listas de equipo de asistencia (Enders, 1984), sin embargo aún es inadecuada no tiene toda la información necesaria.

### *TENDENCIA ACTUAL*

La tendencia actual se refiere a la asistencia de reemplazamiento o cambio; que reemplaza las capacidades perdidas en adultos o en aquellos que con un defecto a temprana edad o por accidente, les ocasiona paraplejía. Estos temas son mencionados generalmente cuando la tecnología sobre discapacitados esta en discusión; sillas de ruedas, prótesis, ortodoncia, sistemas de control, adaptaciones ingenieriles y arquitectónicas en rampas, etc.

SOPORTE. Los dispositivos, proveen de un soporte estructural para prevenir la deformidad progresiva y obtienen el confort deseado. En esencia, el equipo facilita el manejo físico de las personas discapacitadas para un uso provisional

o de por vida, ejemplos claros son los mecanismos que se diseñan para elevamientos y que estos se realicen con un máximo de seguridad y confort.

**TECNOLOGIA.** Es la aplicación de una organizada estructura y aplicar los conocimientos con prácticos propósitos. La ingeniería de rehabilitación utiliza a la ciencia y a la tecnología, combinada con la medicina clínica, para proveer calidad de vida (Gianini, 1982). La rehabilitación tecnológica se refiere a los dispositivos que ofrecen soporte, confort y crea funciones individuales.

El propósito de la tecnología es otorgar al discapacitado o en este caso al parapléjico, igualdad de circunstancias para la vida, interrumpiendo el efecto de la discriminación, contra los grupos de personas con discapacidad.

## DISEÑO

Empezaremos intentando definir nuestro principio "CIENCIA" (latín *scientia-conocimiento*) entendiendo por conocimiento él ¿QUE?, ¿COMO? Y ¿PORQUE DE LAS COSAS? Preguntas que buscan respuestas para la solución del problema.

Diseño es un término que casi siempre se relaciona con otros dos términos *invención y creatividad*, y aunque para muchos significan cosas distintas, las tres tienen el mismo sentido de innovación. Estas actividades corresponden a nuestra especialidad "INGENIERIA DE DISEÑO" desarrollando estas actividades y muchas otras más.

Diseño puede tener distintos significados, pero el que más se adecua a nuestro objetivo es la planeación, como una acción de trabajo y concepción de un invento (contribuir). La ingeniería de diseño ha sido definida como el proceso de aplicación de varias técnicas y principios científicos para un propósito definido a desarrollar. Diseñar, puede ser simple o demasiado complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático, involucrar un problema trivial o uno de gran importancia. Diseño es una constitución universal de la práctica ingenieril, pero la complejidad del objeto de ingeniería requiere que los estudiantes se sirvan de un conjunto de problemas y estructuras diseñadas para aclarar un concepto particular o conceptos relativos de un tópico en particular. Los problemas más reales de diseño frecuentemente toman la forma

de “necesidad” y además se considera una famosa herramienta que nos aloja y transfiere a la solución del problema.

Los problemas pueden presentarse en forma de pregunta con amplias respuestas. La solución para los problemas puede ser pensada como un camino que conecta la pregunta con la respuesta. El término solución algunas veces es usado para la respuesta misma; esta ambigua costumbre sería un poco más aceptable reconociendo si el camino de la respuesta es conocido, entonces la respuesta puede ser encontrada.

No es necesario un único camino de solución para un problema, únicamente debe haber una sola respuesta al final, esto es una prueba de que lo que hacemos es ciencia racional.

Con un ¿QUE? Fuera del camino, permite dar un giro a un ¿COMO? Y de ahí partimos para obtener un ¿POR QUE? Abriendo otra discusión ¿COMO RESOLVEMOS NOSOTROS EL PROBLEMA? Habría tantas diferentes respuestas como habría problemas por resolver y gente para resolverlos, además algunas no se quedarían fuera del debate porque todas tienen una conexión que causa controversia, sin embargo todos esos problemas pueden agruparse en clases con los métodos más comunes para solución, esto incluye desempeño de cálculo aritmético (adición, sustracción, multiplicación, división, entre otros.).

Mucha de la educación ingenieril trata con tópicos de análisis que significan la descomposición y resolver sus partes constituyentes, esto es necesario porque la ingeniería debe saber como analizar los sistemas de varios tipos y formas, como son los mecánicos, eléctricos, térmicos o fluidos. El análisis que se requiere para entender el comportamiento matemático y físico del funcionamiento de los sistemas, debe ser preciso para evitar pérdidas de material y esfuerzo de trabajo y de esta manera asegurar el funcionamiento del sistema en desarrollo.

El ingeniero, en esencia, lleva una constante disciplina, continuamente descubriendo fases estructurales y no estructurales del problema que se le presenta. El problema, como actitud para un ingeniero es bien definido e incompleto, puesto que antes de cualquier intento debe hacerse una evaluación de la situación, primero se tiene que definir cuidadosamente el problema utilizando un camino ingenieril, asegurando que cualquier solución propuesta resolverá correctamente el problema, es decir, el problema debe ser visto más allá de un simple problema para evaluar las distintas condiciones que pudiesen presentarse. Existen muchos ejemplos de excelentes soluciones de ingeniería, pero que a ultima instancia son rechazados porque la solución no se adecua a las necesidades del cliente o no es la apropiada.

Todo esto nos lleva a elaborar una estrategia para llegar al propósito de resolver el problema. Existe una esperanza pero no una garantía de que la estrategia sea aceptable y por lo tanto que esta sea la correcta solución, porque característicamente las estrategias no tienen pruebas formales de completar el

propósito intentado, sin embargo las estrategias pueden ser hipótesis similares hasta encontrar la única respuesta. Posteriormente a este tipo de análisis, se obtiene una pieza aún plasmada en papel, pero que satisface las necesidades del cliente y del diseñador mismo ya que este último tiene la obligación de visualizar ampliamente el problema, para finalmente llegar a la fabricación de la pieza.

Los métodos de diseño no son rígidos, sino flexibles y con características que dependen de la necesidad presentada, por lo tanto es necesario establecer que los pasos de diseño, no son necesariamente lineales, puede ocurrir que no se comience del primer paso, sino del segundo o tercero y posteriormente se va al primero para completar el círculo, es importante completar los pasos de diseño que se ha especificado para tener la mayor información posible y de esta forma obtener un proceso iterativo.

Muchas investigaciones se han dedicado a definir varios “procesos de diseño” con la intención de proveer herramientas para determinar una solución viable. Algunos de esos procesos presentan docenas de pasos, otros solo pocos, pero en esencia el proceso es similar en todos los casos, aquí presentaremos 10 pasos para un proceso de diseño eficaz, sin desviaciones y siempre vislumbrando la respuesta a nuestro problema.

El método de diseño que utilizamos, es compatible totalmente al utilizado en el Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

1. Identificación de la necesidad o del problema.
2. Antecedentes e investigación.
3. Establecimiento del objetivo.
4. Especificación de tareas.
5. Idear e inventar (creatividad).
6. Análisis de las opciones de solución.
7. Selección de la mejor opción de solución.
8. Diseño de detalle.
9. Prototipo (modelado) y pruebas.
10. Instalación y producción.

### ***IDENTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA***

Este es frecuentemente el primer paso realizado por ti o por alguien, por el jefe o cliente; diciendo ¿QUE ES LO QUE NECESITAMOS? Típicamente este fundamento es breve y sin complicaciones, pero puede caer en una solución trivial sin complicaciones o en una compleja estructura.

También es conocido como el punto de partida de cualquier proyecto de diseño; el “problema” puede identificarse como real o imaginario, entonces debemos extraer la información esencial para especificar una meta que no sea ambigua y regularmente que provea una entrada, que le llamamos el rumbo o dirección por la que desarrollaremos el potencial de diseño.



En esencia, si contamos con un problema o una necesidad, se debe buscar la forma de corregirse, aunque pueda presentar diferentes formas y grados. Las formas y grados de los problemas y necesidades son las que van a determinar el tiempo de solución de los mismos; además el grado y forma de los mismos se identifica por las diferentes limitantes que el cliente (persona a quien se le resolverá algún problema) establezca, las limitantes que generalmente se presentan son: espacio (área donde se instalara el diseño) y costo.

El problema o las necesidades son identificados en la mayoría de las ocasiones por una o varias personas, incluso también se establece con personas ajenas al proyecto de solución, para contar con varios puntos de partida, ya sea a petición de alguien o por casualidad y señalar posibles soluciones al problema, ó simplemente resolver el problema por el diseñador mismo (persona o equipo de personas dedicadas a resolver problemas).

Esta situación es sometida a un análisis para identificar los estados del problema o de la necesidad, es identificada por dos etapas: una es el estado en que se encuentra actualmente y la otra es el estado al que se desea llegar. Ambos se conocen como *entrada* y *salida*, es muy importante establecer la relación de estas dos condiciones, de ello depende la limitación correcta del problema y creara una visión más amplia para la solución. De esta manera definimos el problema y establecemos la comunicación con el cliente de lo que se va a resolver.

## ***ANTECEDENTES E INVESTIGACION***

Esta es la más importante fase del proceso, desafortunadamente con frecuencia se descuida. El término investigación es referido principalmente a información antecesora de la situación a la que nos enfrentamos ya sea en términos físicos, químicos u otros aspectos del problema. Sería deseable encontramos con una situación similar que haya sido resuelta con antelación, esto no es reinventar la rueda, si se tiene la suficiente suerte de encontrar una correcta solución ya hecha en el mercado, no se dudará en comprarla si esta es más económica que la fabricada por uno mismo; probablemente este no sería el caso, pero se puede aprender de esta situación para resolver el problema mediante investigación existente asociada con productos y tecnologías similares.

La información del problema debe especificar una meta que no sea ambigua (respuesta, rendimiento, producto, etc.), pero que regularmente o no siempre, proveer la entrada ofrecida. La información podría ser numérica, verbal o pictórica; dicha información puede incluir sugerencias para la toma de decisiones para seguir una ruta de solución. Algunas veces la información es “irrelevante” para una solución en particular, esto necesita ser identificado y desatendido.

Dentro de la información necesaria para desarrollar el diseño ocurren otros fenómenos como “categorizar” la información que trata de identificar la clase de problema ¿Cuál es el tema? ¿Es este un problema similar a algo que

se haya visto con anterioridad? ¿Hay algún ejemplo que sea familiar? ¿Se puede separar el problema en una serie de problemas más pequeños? Todo esto para hacer una selección de lo que realmente necesitaremos para el diseño y recordar la esencia misma del problema haciéndolo más fácil de comprender, esto se resume con una frase:

*“La vida por yarda es dura, la vida por pulgada es una ganga”*

En la Ingeniería de Diseño la obtención de información es muy importante porque basándose en ello tendrá las herramientas suficientes para realizar un buen diseño, de otra forma el ingeniero no sería capaz de desarrollarlo porque a pesar de la buena formación que tenga, es imposible tener un dominio preciso de todos los temas que el proyecto requiera.

La literatura patente y publicaciones técnicas del área en cuestión son fuentes de información, claro que si encuentras existente la solución en publicaciones patentes, lo único que tienes que hacer son cambios éticos, adoptar la solución y diseñar algo que no cree conflicto con la solución existente o la dañe, es totalmente válido, por que esto crea mejoras en cualquier elemento; el objetivo principal es hacer eficiente al máximo cualquier sistema propicio a este objetivo. Es muy importante que se invierta la suficiente energía y tiempo en la fase de preparación e investigación para prevenir cualquier contratiempo para elaborar una gran solución al problema.

La carencia de experiencia en los ingenieros ocasiona que se le dé poca importancia a esta fase del proceso y saltan demasiado rápido a la etapa de

idear o inventar del proceso “esto debe prevenirse”, se debe llevar una disciplina de este proceso y no tratar de resolver el problema antes de estar preparado para ello.

Existen diversas formas de obtener información y en diversos lugares sobre el tema de interés que requerimos para nuestro diseño, estas formas pueden ser: catálogos, revistas, vendedores especializados, literatura, hemerotecas, bibliotecas, Internet, etc.

Para poder contar con la más precisa información sin costos ni retrasos inaceptables, es preciso seguir un esquema de búsqueda como el siguiente.

1. Identificar los propósitos de la búsqueda de información. Se refiere a aprender los principios técnicos del problema y crear un muestreo general y obtener un conocimiento fragmentado y desordenado.
2. Identificar los tipos de publicación que probablemente puedan contener la información requerida o que se acerque a nuestros propósitos. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de las publicaciones literarias son repeticiones de otras o breves ampliaciones de descubrimientos; la dificultad en la búsqueda radica en saber donde buscar.
3. Seleccionar los métodos más adecuados para la investigación. Estos métodos se refieren a identificar y localizar los tipos de publicaciones.
  - Consultando enciclopedias por la información que contienen y por referencias a expertos.
  - Utilizando catálogos.

- Consultando a expertos vía telefónica, carta o entrevista.
  - Consultando extractos de periódico y periódicos.
  - Consultando a alguna persona que por naturaleza de su propio trabajo este familiarizado con la información.
4. Minimizar el costo de la investigación permitiendo retrasos recuperables y evaluando constantemente las fuentes, pero es importante el control del tiempo ya que es fácil que se pierda por exceso de publicaciones leídas y que estos contengan pocos datos valiosos para nuestros objetivos. Algunas recomendaciones son:
- Definir el tiempo de investigación de la literatura, en el inicio y en el fin.
  - Permitir ciertos retrasos para recuperar documentos de fuentes distantes.
  - Minimizar el número de fuentes de datos, tomando solo aquellas de valor y al menos a la primera instancia.
  - Utilizar opiniones de expertos (libros, revistas, consejos personales).
  - Leer los documentos de cada fuente para determinar si el contenido es aplicable al problema.
  - Emplear los principios de lectura rápida con objeto de reducir el tiempo.
5. Guardar colecciones locales que permita una consulta rápida. Debemos de tomar en cuenta que la información requerida para un proyecto de diseño es de lo más diverso y no siempre se encuentra disponible, como lo sería en un proyecto de investigación. Por esto la literatura técnica es la más ilustrativa.

Es importante que nosotros como ingenieros nutramos constantemente los conocimientos de este tipo de literatura, por el simple motivo que la literatura en un promedio de diez años se vuelve obsoleta. Lo que debe contener la literatura técnica o revistas es:

- Noticias generales técnicas, científicas y de economía.
- Temas relacionados con el área de interés del negocio.

Existen otras fuentes que ayudan de sobremanera a la obtención de la información para el proyecto.

- *Fuentes Publicas* (agencias, bibliotecas, universidades, embajadas, etc.)
- *Fuentes Privadas* (sociedades de profesionistas, asociaciones de trabajo, vendedores por catalogo, muestras, mantenimiento, servicio, consultorías, conversaciones directas, amigos, etc.)

Estas fuentes a su vez se dividen en:

- Personas que se les paga por la ayuda.
- Personas quienes tienen interés financiero.
- Personas quienes ayudan sin ninguna responsabilidad profesional (amistad).

Las fuentes mencionadas son de gran importancia ya que una aproximación directa es mejor que la palabra escrita, indicándonos que una llamada telefónica para establece un dialogo directo más vasto que ir a una biblioteca.

Al principio tenemos que adoptar la posición de detective al tratar de encontrar a la persona que nos proporcionara la información. La persona

puede ser encontrada en una conferencia, programa y porque no, en la sección amarilla.

## **Bibliotecas**

En una biblioteca podemos encontrar jerarquizada la información por las diversas fuentes existentes como se nombran a continuación.

- Diccionarios técnicos
- Enciclopedias
- Manuales
- Libros de texto
- Índices y accesorios
- Publicaciones profesionales y técnicas
- Traducciones
- Reportes técnicos
- Catálogos y folletos de propaganda

Cada uno de ellos nos proporcionara indudablemente información suficiente para definir los objetivos de nuestro proyecto, es posible que la información se encuentre en una sola fuente, pero es recomendable la consulta de varias más, para tener la completa seguridad de que se visualiza lo correcto.

Actualmente la tecnología es una herramienta de gran importancia y aceptación. La tecnología nos permite tener acceso a un sin número de

información como es la información visual y la recibimos por medio de videos o por la fuente más importante en la actualidad que es el INTERNET.

**Videos.** Esta fuente informativa reafirma los conocimientos adquiridos por la literatura. El vídeo nos permite obtener una idea más amplia, por ejemplo, observar el funcionamiento de las máquinas en diversos factores como son: funcionamiento, ergonomía, salvaguarda, estética, maniobrabilidad, etc. De esta manera se tiene una serie de ventajas como:

- Evitar crear un diseño igual al que se observa.
- Evitar caer en errores similares.
- Se simplifica la complejidad.
- Se disminuyen costos
- Visión general.

**Internet.** Actualmente esta fuente se ha convertido en la más importante. La información que obtenemos de la Red es de categoría mundial y eso nos permite que nuestro diseño se enriquezca de manera importante fortaleciendo los objetivos a desarrollar y aseguramos que nuestro diseño sea único, ya que día con día Internet se convierte en un medio de comunicación indispensable para informar y conocer elementos de cualquier índole.

Internet (International Computer Network) se inició a principios de los años setenta en el ámbito gubernamental APARNET (Departamento de Defensa de los EEUU), debido a las ventajas que proporcionaba fue creciendo de sobremanera al crear centros de Redes en las universidades importantes



inicialmente, hasta el uso del mismo particularmente para quien cuente con la instalación adecuada en sus domicilios.

El crecimiento de Internet es tan importante que se ha convertido en indispensable en las empresas y en el uso particular también. Internet permite una nueva y eficaz fuente de información que es de uso general; además permite comunicarnos con otras personas en el llamado correo electrónico (e-mail), enviando mensajes, datos, imágenes y cualquier software que puedan ser instalado en una computadora, en esencia, Internet nos permite tener una información literaria, visual (imágenes) y comunicación con otras personas (e-mail o chat), todo sin moverte de un escritorio por medio de una adecuada computadora.

### ***ESTABLECER OBJETIVOS***

Una vez que los antecedentes del problema están establecidos, se está totalmente enterado que estás listo para reconstruir ese problema de la manera más coherente para determinar el objetivo. Esta nueva forma de establecer el problema debe tener tres características:

1. Debe ser Conciso.
2. Debe ser General.
3. Debe ser Incoloro de cualquier término que predisponga una solución.

Esto debe ser expresado en términos de “visualización funcional” que significa observar panorámicamente la función en lugar de una particular personificación de la misma.

El objetivo inicial puede cambiar después de la investigación porque en la investigación se pueden vislumbrar innumerables posibilidades que han sido implementadas a través del tiempo, por este motivo es importante establecer los objetivos después de la investigación y es cuando el atinado Ingeniero de Diseño restablece los objetivos.

El objetivo o la meta a seguir es un punto especial para conseguir buenos resultados. El objetivo debe tener un significado subjetivo sin alguna alusión personalizada y tener por resultado varias soluciones y alternativas que puedan ser generadas mentalmente, referidas principalmente en posibles cambios de forma, conceptos, etc. Es decir, partir de cero, sin algo establecido; para esto es lo que nos sirve la *visualización funcional*, para prevenir e irremediablemente limitar la creatividad.

Diversos autores están convencidos que un buen planteamiento de objetivos, se obtiene de una buena identificación de necesidades. De esta manera, un objetivo puede ser establecido si se conocen las necesidades principales del cliente.

Plantear objetivos también implica conocer las restricciones con las que se cuenta, estas son en varias categorías como:

- Dimensiones. Limitaciones físicas en el diseño.
- Leyes naturales. Principios y leyes en la naturaleza (ecología), los cuales son imposibles de violar.
- Reglamentos oficiales. Restricciones de autoridades oficiales (laborales).
- Restricciones culturales y sociales. Impuestas por la sociedad (costumbres).
- Cliente. Él pone sus propias restricciones como son el presupuesto, el tiempo, etc. Estas son las que se deben de tener en cuenta en todo momento pues estamos resolviendo su problema, tiene el poder adquisitivo y se le entregan resultados.

Tomando en cuenta todas las consideraciones posibles que hemos mencionado en este punto del proceso de diseño para establecer los objetivos, podemos pasar a la siguiente etapa sin antes cuestionarnos sí los objetivos cumplen con las expectativas del problema, y si no, podemos hacer nuevos planteamientos y estar completamente convencidos.

### ***ESPECIFICACION DE TAREAS***

Cuando los antecedentes están entendidos y los objetivos están claramente establecidos, estas listo para formular un conjunto de tareas específicas, lo que es lo mismo, varios caminos a seguir con las mismas limitantes del principio. Esas deben ser especificaciones innovadoras y define ¿QUE DEBE SER EL SISTEMA? Mientras las especificaciones de diseño definen ¿COMO DEBE SER EL SISTEMA? En esta etapa del proceso de

diseño es poco aconsejable intentar especificar ¿COMO SERA REALIZADO EL OBJETIVO?.

El propósito de la especificación de tareas es definirse cuidadosamente, por lo tanto puede ser solucionada y puede aparentar haber sido resuelta después de los hechos.

Debemos tomar en cuenta que las especificaciones encierren el diseño sin demasiadas restricciones para que el ingeniero de diseño trabaje libremente, en esencia, la especificación de tareas sirve para definir el problema completamente o de manera más general posible y ello nos sirve como una contractual definición de cómo DEBERA SER REALIZADO O LLEVADO AL CABO. El diseño final puede ser medido obedeciendo las especificaciones.

La *Especificación de Diseño*, va paralelamente con la especificación de tareas, pero este es un documento para circular y agradar a los miembros de la asociación o clientes en particular, con relación al proyecto, antes de que este comience. El proyecto debe causar expectación y crear una serie de cambios que serán formalmente ubicados y acordes al documento circulado para mantener a todos actualizados.

La importancia de preparar una especificación de diseño es referirla como una especificación del producto o como una tarjeta de presentación, teniendo en cuenta que no se debe ser demasiado enfatizado.

Elaborar la especificación de diseño incluye preparar una detallada lista de requerimientos, tareas específicas y generales, mientras que se cumple una eventual solución. Es recomendable que esta especificación sea producida como un documento formal regularmente revisado y modernizado como el proceso del proyecto. Investigaciones indican que el tiempo gastado en preparar este documento es una de las más grandes inversiones que una empresa puede hacer. Usualmente no se tiene que gastar tiempo en la preparación de este documento pero es una forma de vender a nuestros clientes nuestro diseño y contar con el apoyo para desarrollarlo.

El documento de especificación de diseño debe contener básicamente tres puntos:

1. Cuantificar las limitantes.
2. Identificar “demandas” y “deseos”. Las demandas son los requerimientos que se deben de hacer y los deseos son los requerimientos que son deseables pero no esenciales.
3. Indicar el origen de los requerimientos.

En este punto de diseño se refiere específicamente a traducir a parámetros cuantificables o mensurables los objetivos que hemos definido.

## ***IDEAR E INVENTAR***

Este paso contiene sentimientos encontrados porque te puede llenar de alegría o de frustración. Esta fase es en potencia la más satisfactoria para la mayoría de los diseñadores, pero también es la más difícil.

Una gran parte de la investigación ha sido hecha para la exploración del fenómeno de la “creatividad” que es una de las características más acordes del ser humano y principalmente se exhibe en alto grado en todos los niños pequeños. Algunos investigadores indican que la creatividad puede ser enseñada en las aulas, algunos dicen que es hereditaria, pero lo cierto es que no se han registrado evidencias contundentes para probar cada teoría mencionada. Lo que podemos afirmar es que la creatividad puede estar escondida y en cualquier momento puede ser descubierta dentro de nosotros mismos sugiriendo que se utilice de sobremanera su potencial. La creatividad se puede incrementar por medio de varias técnicas.

**Proceso de Creatividad.** Varias técnicas han sido desarrolladas para incrementar o inspirar la solución a los problemas creativos, de hecho, es justo como se ha definido a un proceso de diseño y a continuación se muestra el proceso que lleva a la creación e invención, este proceso creativo puede ser pensado como un sub-proceso del proceso de diseño.

(a) Generación de la Idea.

(b) Frustración

(c) Incubación (generar ideas por varias personas)

(d) ¡Eureka!

*Generación de la Idea.* Es la más complicada de estos pasos, la mayoría de la gente tiene dificultades para crear invenciones bajo demanda. Muchas técnicas han sido sugeridas para la producción de las ideas, de ellas la más importante es la del juicio razonable, esto significa que en ciertas etapas el proceso de ideación debe ser suspendido temporalmente y no tratar de juzgar con premura la calidad de las ideas en este período, eso se debe de tomar en cuenta más adelante específicamente en el análisis. El objetivo aquí es obtener una cantidad suficiente de ideas potenciales de diseño generadas en un determinado tiempo, no importa que tipo de idea sea, aunque esta parezca superficial o ridícula todas son bienvenidas, así como las que sean más realistas y prácticas soluciones.

*Reunir Ideas.* Esta es una técnica que mucha gente argumenta tener éxito en la generación de soluciones creativas, esta técnica requiere de un grupo que sea preferentemente de 6-15 personas, para que se comience a engañar a la gran barrera que presenta la creatividad, esto no es más, que el miedo al ridículo. La mayoría de la gente cuando esta en un grupo no propone un pensamiento real sobre el tema por miedo a que se burlen de sus ideas. Lo que se requiere es que cada miembro sea introducido al grupo desarrollando en un buen ambiente de trabajo y que las ideas sean criticadas razonablemente sin importar que tan ridículas sean, se recomienda que uno de los participantes toma la función de escriba, él llevará una relación de las sugerencias aunque

estas parezcan tontas, cuando esto se hace apropiadamente, la técnica parecerá divertida y las ideas se irán construyendo sobre otras, esto permite que se generen una buena cantidad de ideas en corto tiempo por lo que el tiempo restante se utilizara para hacer un juicio lógico de ellas.

Cuando se trabaja sólo es necesario utilizar otras técnicas, la analogía y la invención son las que frecuentemente se utilizan. Lo que se pretende decir es que el “punto principal” en la etapa de idear es *generar* el mayor número de *ideas* sin un particular parámetro de calidad, pero también en este paso llegará el momento que la mente se bloquee y se estará estático en el paso del proceso de la creatividad llamado *frustración*. Este es el momento para salir del problema y hacer algo más para librar esta etapa. Ahora mientras el consciente esta ocupado en otro asunto, el subconsciente aún estará trabajando sobre el problema a este paso se le llama *incubación*. La incubación se presenta en cualquier tiempo y en cualquier lugar, es entonces cuando una idea explotará en el consciente y la idea será vista como obvia o simplemente como la solución correcta, con la expresión..... *¡Eureka!* Muy probablemente después del análisis se descubrirá algún defecto en la solución y es el momento de *¡iterar!* Se crearan nuevas ideas, más investigación y posiblemente se definirá nuevamente el problema tantas veces como sea necesario.

Otro consejo importante es no tener miedo de “adivinar”. Trata de construir un ejemplo más simple del problema y trabaja hasta descubrir el proceso para la solución. Mientras solo puede haber una respuesta correcta, en ocasiones se tiene el presentimiento de que solo hay una manera de obtener la



respuesta. La mayoría de las situaciones tienen algunos acercamientos al entendimiento (solo nota la variedad de opiniones en casi cualquier material), los problemas tienen un número de métodos de solución, el que se elija puede ser único e igualmente válido a algún otro método. Un ejemplo de esto es la prueba que hizo Teddy Roosevelt, la del teorema de Pitágoras (del cual hay docenas). La prueba consiste en que se le dio a varios niños el problema de unir nueve puntos arreglados en una matriz cuadrada con las menos líneas rectas posibles y sin levantar el lápiz del papel, un niño creativo dobló el papel con los puntos y empujó el lápiz a través del papel y unió los puntos con una sola línea. Esto demuestra que la creatividad no es complicada, lo complicado es tener la visión para verla.

Generalmente, el número de ideas que se generan, depende de varios factores como: el tiempo, el número de personas que colaboren con el diseño, el dominio de métodos y técnicas creativas, fuentes de información, etc. La mayoría de las ideas que generamos son plasmadas en papel y un simple lápiz, a estas ideas se le llaman bocetos y se analizan para obtener la mejor opción o se trabaja en una sola, tomando aspectos distintos y de buena creatividad para perfeccionar el principal.

## *ANALISIS*

Una vez que estamos en esta etapa, se establece que el problema está estructurado, al menos temporalmente y es el momento oportuno de aplicar

nuevas y sofisticadas técnicas de análisis para examinar el desempeño del diseño en la etapa del análisis del proceso de diseño. Los métodos de análisis tienen diversas formas, por lo tanto a cada problema le corresponde un método de análisis.

En esta etapa de diseño, generalmente se adopta la acción de la “iteración” ya que esta será requerida para cada problema descubierto en el análisis regresando comúnmente a la etapa anterior, pero si el problema es muy grave se puede regresar desde el inicio. Se recomienda repetir o regresar a las etapas anteriores tantas veces como sea necesario y de esta manera asegurar el éxito del diseño.

Esta etapa también es considerada de las más serias del proceso, porque los métodos de análisis son enfocados principalmente a cálculos precisos para hacer una selección minuciosa de los materiales a utilizar, de las dimensiones, de los costos, de los métodos de fabricación y de cualquier otro aspecto importante en el desarrollo del diseño. Esto implica que si no se llevase al cabo el análisis, se tendrían graves pérdidas de tiempo y dinero. La carencia del análisis físico o matemático se origina principalmente por la complejidad y esfuerzo que involucra y trae como consecuencia que nunca se alcance la solución idónea. Es necesario comentar que este análisis nos ayudara a determinar, sí nuestro diseño puede ser fabricado.

## SELECCION

Cuando el análisis técnico indica que tienes un diseño potencialmente viable, el óptimo o uno de los más disponibles, debe ser seleccionado para el diseño de detalle, prototipos y pruebas. El proceso de selección usualmente incluye un análisis comparativo de una solución alternativa de diseño disponible. También usualmente debes trabajar a la defensiva, las respuestas pueden ser parcialmente falsas o parcialmente correctas. En el mundo real no se dan las respuestas, tampoco son sabidas, ¿Cómo puedes estar seguro que tienes la respuesta correcta? Mientras trabajas en una solución o en alternativas de solución, imagina a un diablillo sobre tu hombro preguntándote ¿Estas seguro que esto esta bien? ¿Puedes probarlo? Debemos tomar el hábito de probar si el diseño seleccionado es el correcto. Esto se puede probar por medio de una matriz de selección.

Una “matriz de selección” algunas veces ayuda a identificar la mejor solución, forzándote a considerar una variedad de factores en un camino sistemático como se muestra a continuación en la tabla 1.

	Costo	Seguridad	Desempeño	Fiabilidad	Evaluación
Factor de peso	0.35	0.3	0.15	0.2	1
Diseño #1	3 / 1.5	6 / 1.80	4 / .60	9 / 1.80	5.3
Diseño#2	4 / 1.40	2 / .60	7 / 1.05	2 / .40	3.5
Diseño #3	1 / .35	9 / 2.70	4 / .60	5 / 1.00	4.7
Diseño #4	9 / 3.15	1 / .30	6 / .90	7 / 1.40	5.8
Diseño #5	7 / 2.45	4 / 1.20	2 / .30	6 / 1.20	5.2

Tabla 1

Los datos que aparecen en la tabla 1 corresponden a un diseño cualesquiera con el fin de observar como es llenada una tabla de selección. Cada diseño ocupa un renglón en la matriz, en las columnas se asignan los criterios bajo los cuales los diseños serán juzgados como lo es el costo, facilidad de uso, eficiencia, desempeño, fiabilidad y cualquier otra apropiada decisión para un problema en particular. A cada categoría se le asigna un factor de peso o valor que depende de lo que requiera el cliente o simplemente o a los criterios del propio ingeniero de diseño. Estos parámetros son de relativa importancia, por ejemplo, la fiabilidad puede tener un criterio más importante en el uso que el costo o viceversa. En realidad, el peso que se le proporciona a cada uno de estos parámetros puede ser también determinado por un criterio más homogéneo como el que se muestra en la tabla 2, donde se hace una comparación uno a uno entre las categorías que compongan las características del diseño.

Categorías							Evaluación	Factor peso
Costo	0	0	1				1	0.168
Seguridad	1			1	0		2	0.333
Desempeño		1		0		1	2	0.333
Fiabilidad			0		1	0	1	0.166
						total	6	1

Tabla 2

Nosotros como ingenieros de diseño, tenemos que ejercitar nuestro propio juicio para poder hacer la selección correcta así como para darle la importancia a cada categoría. Los espacios de la matriz de decisión (tabla 1), son llenados con números, de acuerdo a la calificación que obtenga cada diseño en cada categoría y a una adecuada escala, por ejemplo del 1-10 en cada categoría, dicha calificación se evalúa, tomando en cuenta que (1= no cumple) y (10= cumple totalmente). Tomando en cuenta que esta es la última calificación de la que vamos a tomar parte. Se debe examinar los diseños que se hayan ideado y decidir evaluando cada uno de ellos, esa evaluación se multiplica por un factor de peso (los factores de peso que se asignan, su suma da igual a uno) y los productos sumados por cada diseño, conllevan a una evaluación final de los diseños. Hay que ser cautelosos en aplicar el resultado sobre la evaluación comparativa de los criterios de diseño ya que de eso depende elegir la solución correcta.

La tentación de darle toda la confianza al diseño que obtuvo la mejor evaluación por haber sido el mejor calificado, es normal ya que parcialmente es justificado, después de todo el resultado es el correcto, aunque algunas veces el resultado ganador resulta de una estrecha competencia, incluso puede darse por decimales. La real evaluación para una matriz de decisión es, que el problema sea dividido en piezas dúctiles y sí se ve forzado pensar en una evaluación relativa de cada diseño en las diversas categorías, de esa forma podemos tomar una mejor decisión basándose en la información obtenida y seleccionar el mejor.

## ***DISEÑO DE DETALLE***

Este paso usualmente incluye la creación de un completo conjunto de ensamble y dibujos detallados, estos se pueden desarrollar manualmente o por medio de software llamado CAD (Computer Aided Design) para una y cada una de las partes que componen el diseño. CAD es para el ingeniero una importante herramienta, ayuda a crear el diseño de las partes del diseño con una máxima eficiencia a un mínimo costo, además CAD puede crear las partes de ensamble del diseño en el proyecto global. CAD nos ayuda a reducir tiempo, que comúnmente gastamos en tediosos dibujos de banco (manuales) y se puede dar mayor énfasis en detalles dentro del dibujo en computadora. Adicionalmente CAD es capaz de determinar la posición del dibujo por medio de vectores que finalmente asisten la posición real de funcionamiento.

Cada detalle de dibujo debe especificar todas las dimensiones, así como también especificar las propiedades y dimensiones requeridas para el material a utilizar en cada parte.

Es importante construir un modelo físico a escala partiendo de las especificaciones de los dibujos creados. Es probable que en las pruebas se descubran más fallas por lo tanto tendríamos que iterar.

En forma general, en esta etapa del proceso de diseño es donde se completa la configuración de los productos técnicos con instrucciones finales

y detalladas de los procedimientos a seguir para la fabricación del producto diseñado.

### ***PROTOTIPOS (MODELADO) Y PRUEBAS***

**Modelos:** Ultimamente no podemos estar seguros de que nuestro diseño es correcto o viable hasta que este sea construido o probado, generalmente se comprueba su eficiencia en un modelo físico. Un modelo matemático puede ser suficiente, pero nunca podría ser tan completo y exacto para una representación actual, como un modelo físico; tal vez la postura de hacer un modelo matemático se deba a la necesidad de hacer más simple el resultado “presumido”.

Los prototipos pueden ser pequeños (a escala) en comparación a la construcción real o a la escala natural y debido a los materiales que son utilizados, además que es producido unitariamente, los costos en su elaboración es frecuentemente elevado, pero quizás sea el camino más económico para probar el diseño. Los modelos a escala tienen sus propias complicaciones con respecto a la escala apropiada de los parámetros físicos, así como el prototipo no enfrenta directamente los problemas a los que puede ser sometido, como son: el medio ambiente, el medio que los rodea, la transferencia de calor, etc. A pesar de estas desventajas el modelo físico es la mejor opción para determinar si el funcionamiento de nuestro diseño es el

óptimo, este tipo de modelado frecuentemente es utilizado cuando se trata de mecanismos y se hace un modelado simple con piezas de cartón.

**Pruebas:** Las pruebas de los modelos o prototipos se pueden evaluar por el simple funcionamiento del mismo y observando el funcionamiento para determinar si es necesario utilizar otros parámetros para hacerlo más eficiente, como: instrumentación, desplazamiento, fuerza, temperaturas, aceleración, velocidad, etc.

Las pruebas que necesiten ser realizadas deben ser hechas bajo ciertas condiciones controladas, como altas y bajas temperaturas o humedad. La micro-computadora y los paquetes de computación que se desarrollan, han hecho posible que los diseños se analicen en computadora, sin tener que crear las condiciones o fenómenos naturales y por el funcionamiento del diseño como esfuerzos que puedan provocar rupturas o deformaciones en un modelo físico, a esto le llamamos *simulación de prueba*, en esencia, esto nos sirve para proporcionar al cliente una prueba de que nuestro diseño es el mejor y además carece de fallas ¡el producto es perfecto! Afortunadamente en nuestra formación de ingeniería hemos sido capacitados para realizar este tipo de análisis en paquetería como es NISSA DISPLAY como medio alternativo de análisis de funcionamiento.

Reiteradamente se ha mencionado que puedan descubrirse fallas, y en esta etapa no es la excepción, también aquí es probable encontrar fallas y lo



más correcto es que esta sea la última etapa en la que se presenten. Debemos recordar que el proceso de diseño es iterativo.

## ***PRODUCCION***

Finalmente con el suficiente tiempo, dinero y perseverancia, el diseño debe estar listo para la producción. Esto puede consistir en manufacturar una versión única del diseño, pero lo más probable es que esto signifique, la fabricación de miles o millares de copias de diseño. El peligro, el costo y lo complicado de encontrar defectos en el diseño, después de un largo conteo de errores cometidos en las diversas etapas te debe inspirar a tener más cuidado en los primeros pasos del proceso de diseño para asegurar que esto sea meramente ingeniería de calidad.

## **INGENIERIA DE DISEÑO**

El proceso de diseño es muy usado en ingeniería. Esta es usualmente definida en términos de ¿Qué hace un ingeniero? Pero ingeniería también puede ser definida en términos de ¿Cómo lo hace el Ingeniero? Ingeniería es más que un método, una propuesta, un proceso o la solución principal de un problema, es "*una actividad*". Las propuestas de ingeniería son referidas a la atención al detalle y a la consideración de todas las posibilidades que se le pudieran presentar. Parecería que hablar de "atención al detalle" y alabar las virtudes de

pensamiento libre y creativo, se caería en una contradicción, sin embargo no lo es, las dos actividades son solo compatibles, como también lo son simbióticas. Actualmente no nos podemos considerar creativos de ideas sí no puedes ejecutar esas ideas y sí estas no se reducen a la práctica. Todo esto es una disciplina interna de la cual frecuentemente tienes que sufrir de hostigamiento, cansancio, etc. Detalles que son necesarios para completar cualquiera de las fases del proceso de diseño. En un gráfico podemos resumidamente observar el proceso de diseño, que finalmente sirve para organizar una serie de acciones para la solución de un problema, tomando en cuenta que cada problema es diferente, por lo que el ingeniero debe ser suficientemente creativo para afrontar cualquier situación. Como se había mencionado anteriormente, existen diferentes métodos y aquí les he presentado el que se identifica más con la realidad y con la estrategia que se lleva a cabo en el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Si queremos ser buenos ingenieros de diseño debemos disciplinarnos para hacer cosas a fondo y con lógica, al mismo tiempo que se piensa en algo creativo e iterar en cada una de las soluciones posibles. Ambos atributos, creatividad y atención al detalle, se necesitan para tener éxito en ingeniería.

## PATENTES

Además de las precauciones que los ingenieros de diseño tienen al generar el producto de diseño, también se tiene que tener la precaución después de que se obtuvo la producción, esto es, los derechos de autor o patentar el diseño ya que esto protege al ingeniero de diseño de arbitrariedades posteriores.

En todos los países existe una ley que otorga una patente o certificado de invención a todas aquellas invenciones que sean patentables por ser nuevas y susceptibles de una aplicación industrial. También son patentables las mejoras a las patentes existentes. En México se tiene la Ley de Invenciones y Marcas del 30 de diciembre de 1975, donde se indica que la patente para ser nueva no debe estar comprendida en el estado de la técnica, es decir, no haber sido accesible al público, en México o en el extranjero, ni escrita ni oralmente, ni por el uso o por cualquier otro medio, antes de ser presentada la solicitud de la patente en la secretaria correspondiente. La vigencia de las patentes es de diez años, improrrogables, a partir de la fecha de expedición del título, pero se tendrá como fecha legal de la patente el día y hora de la presentación de la solicitud.

Las patentes están organizadas y escritas en un estilo muy diferente al de un artículo técnico usual, puesto que son documentos legales, Las patentes deben contener la suficiente información para permitirle al público practicar el invento una vez que la patente caducó. Por ello, cada patente es una completa

exposición de un problema, la solución al problema y las aplicaciones para la invención en una forma de uso práctica.

Para que una invención sea patentable debe ser *nueva, original y ser unívocamente diferente*, debe realizar una función útil y por último, la invención no debe haber sido descrita previamente en alguna publicación, ni haber sido vendida.

Es recomendable que el ingeniero, se apoye en un abogado para ser asesorado en los tramites legales de la patente, ya que en este proceso puede haber retrasos de tiempo y problemas legales. La patente se logra aproximadamente en un lapso de 4 años.

## DESARROLLO

El principal enfoque de la Ingeniería es el desarrollo de los problemas o necesidades, estos problemas o necesidades pueden presentarse en cualquier área, desde el área industrial hasta el área social, pero curiosamente el área en la que cae frecuentemente la ingeniería de diseño es el área industrial. Es natural que se le dé más importancia a este rubro porque es finalmente donde laboraremos.

Las necesidades que la sociedad tiene, se incrementan a cada momento, además si estas necesidades las multiplicamos por la necesidad que tiene cada persona a diferencia de las demás, el número crecerá de manera incalculable. Aquí es donde la ingeniería debe tomar parte de esa responsabilidad civil y ayudar a equilibrar las circunstancias de vida de las personas que lo necesitan, elaborando y desarrollando proyectos de diseño que sirvan para la superación y alcance de metas a corto plazo.

En la presente tesis se tratará de cumplir una de las expectativas de bienestar social, enfocándonos a los discapacitados; es decir, personas que requieren en el ámbito de la ingeniería de diseño un mayor énfasis en el desarrollo de instrumentos, prótesis, mecanismos o sistemas de ayuda, para adaptar socialmente al discapacitado con el fin de eliminar el sentimiento de discriminación y menosprecio por la sociedad en general. Existen diferentes

tipos de discapacidad dependiendo de las características de disfunción que presenten. En esta tesis nos dirigimos especialmente a la discapacidad llamada paraplejía, concepto que se describió en los antecedentes.

### *Necesidad.*

Para tener la opción al diseño tenemos que tener una necesidad o problema y se indica en el proceso de diseño que se describe en los antecedentes.

Sabemos que existen instrumentos, sistemas, prótesis, etc. para discapacitados en general, pero aún no son suficientes las propuestas para compensar las deficiencias físicas y crear el ambiente ideal para el desarrollo normal de los discapacitados a pesar de los adelantos tecnológicos existentes. Recientemente se le ha dado mayor importancia a los problemas que conlleva la discapacidad respecto al pasado, donde estaban totalmente olvidados y sin mencionar la discriminación brutal que existía 30 años atrás. Ahora se crean una serie de métodos e instrumentos de asistencia para discapacitados, incluso, se organizan eventos sociales como lo es uno muy famoso que se organiza anualmente llamado Teleton, para recabar fondos económicos e invertir en el desarrollo de accesorios o métodos de rehabilitación.

Dentro de los diversos problemas o necesidades que puedan tener los discapacitados existe la necesidad generalizada de ser independientes y una de las características de independencia es tener la libertad de transportarse a un

lugar cualesquiera, esto lo podemos traducir en la generación de alternativas de transporte para viajar de un lugar a otro, por ejemplo, un auto, vagonetas de transporte (Minivans) o un camión de transporte colectivo. Las personas parapléjicas son las personas que por sus características tienen la posibilidad de llevar al cabo esta ambición, ya que solo carecen del movimiento de sus extremidades inferiores (piernas).

Las personas parapléjicas tienen la posibilidad de manejar un automóvil por sí mismos con el uso de sus extremidades superiores (brazos, manos, dedos) con el apoyo de su dorso, solo que hay que proporcionarle las herramientas para hacerlo, estos son los SISTEMAS DE ACELERADO Y FRENADO, en este caso se requiere el uso de automóviles de transmisión automática para eliminar instrumentos de control con movimiento constante como lo es el cambio de velocidades de tracción del automóvil. Existen ya en el mercado dichos sistemas, esencialmente 2 tipos, uno de ellos es accionado por varillas (mecanismo) y el otro es accionado electrónicamente.

A pesar de que estos sistemas ya existen, esto no implica que estos sean la opción ideal para la solución del problema, la Ingeniería de Diseño también consiste en proporcionar mejoras a diseños existentes, solucionando los problemas que como consecuencia, pueden causar los diseños actuales. Este es el caso para la activación de una propuesta de solución a estos sistemas.

La manera en que se detectó la necesidad, es por la manifestación de una de las consecuencias negativas del sistema accionado por varillas. Un

automóvil que contaba con este sistema ingreso a un taller especialista en colisiones con la finalidad de reparar un daño a la carrocería, pero al revisar el historial del automóvil se descubrió que el automóvil contaba con reparaciones similares, con pleno conocimiento del motivo por el cual se ocasionaba el daño, se indago personalmente con el dueño del automóvil y corroborar la hipótesis. La causa provenía de una deficiente maniobrabilidad por la localización de los controles de mando, es decir, la palanca de acción estaba colocada paralelamente al volante de dirección, por lo que al realizar movimientos bruscos y repentinos se tenía una disyuntiva por saber que instrumento tenía prioridad, esto ocurre porque al estar la palanca de acción cerca del volante se corre el riesgo de obstruir el movimiento de los brazos perdiéndose la libertad que necesitamos para desempeñar correctamente la acción de manejo. Sin embargo el sistema cuenta con un buen diseño y cumple con sus objetivos con la desventaja de no ser tan eficiente para el área de maniobrabilidad, fiabilidad y una de las importantes “seguridad”. La otra opción de control del vehículo en cuestión de acelerado y frenado para personas parapléjicas es el accionado electrónicamente, aunque este sistema parece el ideal, el resultado se ve opacado por los altos costos de instalación y fabricación que implica. Estos dos sistemas serán descritos posteriormente en los antecedentes.



## *Antecedentes*

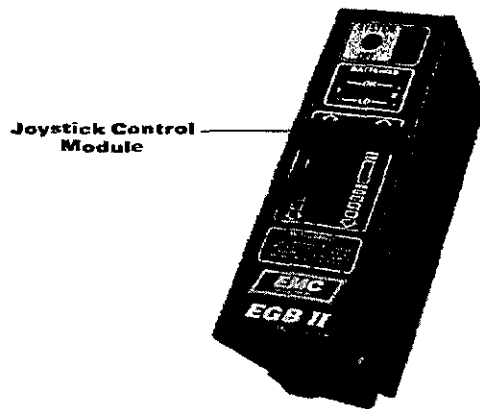
La búsqueda de información para este proyecto, no fue fácil, desafortunadamente como ya se ha mencionado, no hay demasiados indicios de instrumentos o aparatos para discapacitados porque la industrialización de ellos es escasa y la mayoría de avances u proyectos para personas parapléjicas son las sillas de ruedas, las cuales cuentan con diferentes diseños, accesorios y modalidades, esto es, podemos encontrarlas manuales, automáticas, de elevados costos, económicas y fabricadas con diversos materiales según la necesidades y alcance económico del cliente, esto con respecto a accesorios para parapléjicos.

La información con respecto a diseños similares o alternativos de sistemas de acelerado y frenado en el mercado, fue escasa, se consultaron en diversas fuentes de información como lo fueron bibliotecas, donde se consultaron manuales, reportes técnicos, catálogos, folletos etc. También se consultaron revistas de ingeniería, pero los intentos eran fallidos, solo se encontraba información acerca de sillas de ruedas (Wheel Chair), una de las opciones para la búsqueda de información es buscarla directamente del lugar donde se fabriquen o se instalen los sistemas de acelerado y frenado en autos, por lo que la búsqueda se dirigiría a probables establecimientos donde se realizaran este tipo de trabajos, el primer paso es localizar estos establecimientos en la Sección Amarilla, una vez identificados se indaga información sobre dicho sistema, la sorpresa fue preocupante al saber que en nuestro país no implantan estos instrumentos de manejo, solo pedidos muy especiales. En México solo se hacen conversiones en mini van's para el

acceso al interior de estas por medio de rampas y elevadores eléctricos, pero solo para transportar al discapacitado en calidad de pasajero.

Esto tenía por consecuencia que la información sobre estos sistemas de acelerado y frenado sólo se podría encontrar en el extranjero. Afortunadamente actualmente contamos con una de las mejores fuentes de información en el ámbito mundial y que además se ha convertido en una de las herramientas más importantes para el profesional, científicos, etc. Me refiero al Internet, esta fue la fuente de información que me proporcionó gráficamente los sistemas de acelerado y frenado, sin embargo no existe demasiada información porque no existe el desarrollo de proyectos de esta índole. Como lo mencione antes, el desarrollo de proyectos para estas personas es enfocado principalmente a sillas de ruedas y accesos a mini van's. La labor de estas compañías es desarrollar formas y sistemas con mecanismos automatizados, esto es logrado por la gran infraestructura con la que cuentan compañías como CHRYSLER, VANS BY PAUL SHERRY, WHEEL CHAIR GETAWAYS, HANDICAP MOBILITY y ADVANTAGE MOBILITY OUTFITTERS. Chrysler que es una compañía dedicada principalmente a la fabricación de automóviles, cuenta con departamentos de desarrollo para distintos proyectos, uno de ellos se encarga de desarrollar rampas de acceso para discapacitados en las van's que fabrica, Chrysler aparenta ser la única que ofrece este tipo de servicio por lo que habla muy bien de esta compañía, desafortunadamente la compañía aún no tiene la visión de independencia que requieren los discapacitados en especial los parapléjicos para desarrollar sistemas para el manejo independiente del automóvil.

Los sistemas de acelerado y frenado accionados electrónicamente son llamados Controles digitales de Manejo (Digital Driving Controls) y funcionan de manera computarizada, el llamado KEGB11F que se muestra en la figura 2, es un sistema que fue diseñado para la aceleración y frenado virtual en cualquier auto con transmisión automática y frenos de potencia para el uso adecuado MODULO DE CONTROL.



**Figura 2**

Este es un diseño compacto para el acelerado y frenado del automóvil, es tal, que puede ser instalado en cualquier lugar dentro del área de manejo y lo que requiere para ser instalado es únicamente un cable. Este es un sistema tecnológicamente avanzado y nos proporciona diversas ventajas positivas, estas ventajas determinan que este es uno de los sistemas más eficientes, sin embargo, tiene desventajas como son: los elevados costos de fabricación y el promedio de vida útil de los circuitos electrónicos y en el último de los casos,

el uso de baterías independientes recargables para el módulo controlador, aunque la confirmación de este dato no es posible por la confidencialidad de estos sistemas, lo podemos intuir por los indicadores o testigos de carga de batería, esto trae por consecuencia que por descuido no se cargue la batería y por la falta de energía ocasione un accidente probablemente de magnitud catastrófica puesto que el sistema manipula directamente el frenado.

Cabe mencionar que dentro de estos accesorios de asistencia accionados electrónicamente existen módulos de control de dirección, es decir, el volante de dirección con el cual dirigimos el automóvil. En la figura 3, se muestra el modelo DS-200, este es el primer sistema de dirección digital en el mundo, diseñado con la más reciente tecnología para proporcionar máxima maniobrabilidad del auto.



**Figura 3**

Otro sistema de acelerado y frenado es el accionado mecánicamente, este sistema cuenta con partes rígidas y es accionado por varillas, articulaciones y sujetadores. Dichos sistemas son desarrollados por dos compañías esencialmente, Van's by Paul SHERRY y Handicap Mobility. Paul Sherry tiene una experiencia de 25 años en conversiones de van's para discapacitados y es una de las más grandes compañías de los Estados Unidos en conversiones de van's y aunque esa es su prioridad, también instalan sistemas de acelerado y frenado manuales como el que se muestra en la figura 4, para uso de la persona parapléjica y ellos le llaman controles de manejo adaptables (adaptive driving controls), además la compañía se encarga de instalar equipos de vídeo de alta fidelidad, televisión, cableado para sistema de control remoto, y diversos aditamentos de lujo. Cabe mencionar que no se describen los elementos que lo conforman, ni el funcionamiento del mismo por motivos de seguridad.

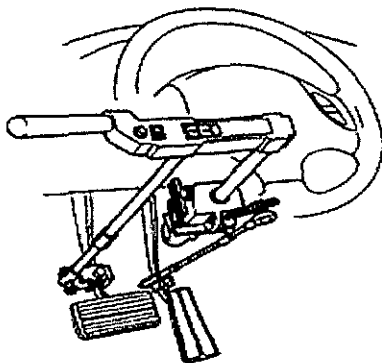
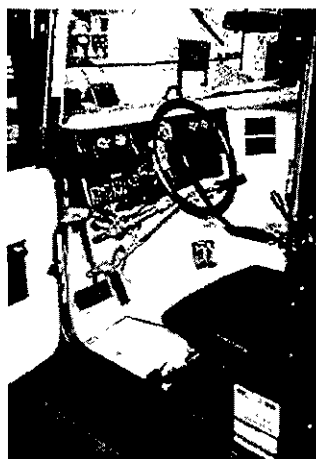


Figura 4

Otro de estos sistemas es fabricado por Handicap Control que es otra de las compañías que se dedica a fabricar accesorios de asistencia para discapacitados, sin embargo a diferencia de la otra compañía, esta tiene prioridad por los accesorios de control de manejo para discapacitados. El sistema de acelerado y frenado aparece instalado en el automóvil con el controlador ubicado a la derecha (figura 5-b) e izquierda (figura 5-a) con respecto al volante de dirección



**Figura 5-b**



**Figura 5-a**

La instalación de este sistema puede llevarse a cabo con una cantidad mínima de esfuerzo y pocas modificaciones del vehículo. Los productos que fabrican son respaldados por instrucciones profesionales, diagramas y

fotografías. Su instalación generalmente requiere de personal con una mediana cantidad de aptitud mecánica. El sistema puede ser utilizado por conductores parapléjicos con facilidad en mano derecha o izquierda según sea la aptitud de cada conductor. Este sistema requiere que el vehículo este equipado con transmisión automática, se recomienda utilizar frenos de potencia y dirección hidráulica.

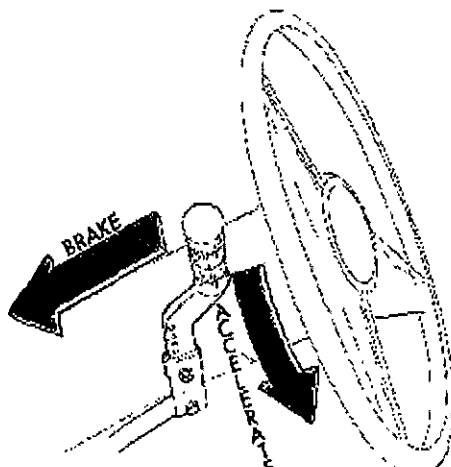


Figura 6

El “Monarch Mark I-A” (figura 6), es el sistema más popular de acelerado y frenado con esfuerzo mínimo de activación. El método de operación es el siguiente: Para activar el freno se aplica la fuerza en la palanca del control en dirección a la base de los pedales del freno. El acelerador se activa moviendo la palanca en un ángulo recto con respecto al freno, moviendo paralelamente o medianamente paralelo al borde del volante de

dirección. El movimiento incorpora el más natural método de acelerado y frenado, frecuentemente el movimiento de la aceleración se da naturalmente por el peso de la mano y el brazo, esta acción mantiene satisfactoriamente la aceleración deseada. Esto es deseado por algunas personas cuando empiezan a manejar.

Está es la información que se pudo obtener de los sistemas de acelerado y frenado para parapléjicos, como podemos observar la información es escasa, porque no existen muchas compañías que ofrezcan estos sistemas de independencia para las personas parapléjicas. De acuerdo a la información, esta proviene de USA donde existe la mayoría de estas compañías y al parecer existen alrededor de 10 compañías reconocidas por la calidad de sus productos, de estas diez compañías la mayoría de ellas se dedica a fabricar accesos (rampas) para mini van's. También es de nuestro conocimiento, que en los USA la discriminación se ha erradicado, además que es uno de los países que más importancia le ha dado a la discapacidad.

Además de la información que se pudiera recabar acerca de los sistemas de acelerado y frenado, es importante tener conocimiento de las actitudes que tienen los parapléjicos, las expectativas de vida, el sentimiento, métodos de rehabilitación, necesidades, etc. El conocimiento de estos aspectos nos ayuda a conocer las necesidades y prioridades de las personas parapléjicas para desarrollar proyectos que mejoren su estado de vida, esto aunado a la información que nos indique un buen procedimiento para desarrollar un buen proyecto de diseño y ayudar a su desarrollo personal.



## ***Objetivo***

El objetivo es aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para diseñar un sistema alternativo de acelerado y frenado en un automóvil para personas parapléjicas. El diseño consistirá en resolver los problemas que sufre el parapléjico para maniobrar el automóvil con los sistemas de acelerado y frenado existentes.

## ***Especificaciones***

Las dos propuestas existentes de diseño del sistema de acelerado y frenado son eficaces, cada una de ellas se encuentra en el mercado, por lo que esta probado su desempeño, pero la solución se establecerá a partir de la población de clase media, que se despliega en nuestro país; además el diseño estará totalmente apegado a las necesidades de las personas parapléjicas.

Los sistemas ya mencionados, son una buena opción para el parapléjico, pero a costos elevados, por el precio de venta, el gasto de envío y carencia de refacciones en el país. El sistema que se propone tratará de bajar los costos de fabricación, con materiales adecuados y resistentes para favorecer a la fiabilidad del sistema.

Las personas parapléjicas que requieren del sistema de acelerado y frenado son las que necesitan salir a trabajar para obtener recursos económicos y solventar su propia vida.

En mi particular punto de vista, me parece que confiar en el uso de baterías recargables y circuitos eléctricos resulta peligroso, ya que el riesgo de sufrir un accidente a causa de un contratiempo electrónico puede ser catastrófico. Se sabe que el controlar los efectos del acelerado y frenado es una responsabilidad muy grande principalmente el frenado, por lo tanto, al ser estos módulos de control alimentados por energía proveniente de baterías, implica tener un cuidado permanente por el recargamiento de las baterías. El sistema que se propone es totalmente mecánico, por tanto, si el sistema tuviese algún defecto o fractura, se determinaría de inmediato, además de la inspección periódica visual del sistema, en todas sus partes.

El sistema actual esta constituido por un número significativo de piezas y mecanismos complicados, esto trae por consecuencia que la instalación sea más complicada. El sistema que se desarrollará tratará de ser más sencillo, pero con la misma funcionalidad y en su instalación. El sistema desmontarse fácilmente para que el mismo vehículo sea utilizado por personas que gocen de todas sus facultades.

La palanca de control del sistema esta ubicada paralelamente al borde del volante; la cercanía del volante de dirección y la palanca de control del sistema actual tiende por consecuencia obstruir el movimiento natural de manos y brazos al realizar movimientos bruscos, no puede ser concebido que tanto el volante de dirección y el sistema de acción se encuentren en el mismo plano para ser maniobrados, esto ha ocasionado problemas al manejar, manifestándose en accidentes frecuentes por la deficiente maniobrabilidad. El sistema que se propondrá, tiene como prioridad la libertad de movimiento, ubicando el sistema en un plano secundario dentro de la cabina del conductor

y de esta manera otorgar al parapléjico movimientos naturales y ergonómicos para desempeñar la máxima maniobrabilidad del automóvil.

Debemos estar conscientes que el sistema de acelerado y frenado a desarrollar contará con otros elementos de asistencia que ayudaran tanto a la forma de maniobrar el automóvil como a la forma de independizar al usuario de otras personas para acceder al automóvil o mini-van, mismas que se mencionan posteriormente.

El sistema deberá contar con diversos puntos de calidad para garantizar la eficacia total del sistema, las características se muestran a continuación.

- **Fiabilidad.** Corresponde el tiempo de duración del diseño (producto).
- **Disponibilidad.** El diseño del sistema debe de contar con los elementos suficientes para funcionar adecuadamente.
- **Manutención.** El mantenimiento del sistema debe ser económico y que este procure ser en prolongados periodos de tiempo.
- **Comportamiento.** El sistema debe funcionar adecuadamente.
- **Seguridad.** El diseño del sistema debe suficientemente confiable para no afectar la integridad del usuario.
- **Salvaguarda.** El sistema debe ser diseñado con materiales y formas confiables para que no se dañe asimismo.
- **Funcionalidad.** El sistema debe tener un desempeño optimo para cumplir los objetivos para lo cual fue creado.
- **Flexibilidad.** El sistema debe prever modificaciones para adaptarse al medio (automóvil) y a las necesidades del usuario.
- **Operabilidad.** El sistema debe ser amigable para el usuario.

- **Comerciabilidad.** El sistema debe contar con refacciones para eventos inesperados de ruptura, esto se logra creando piezas que se adecuen a los métodos de fabricación.

Las características mencionadas, no implica que los sistemas de acelerado y frenado existentes en el mercado no cuenten con ellas, sino que en algunos casos no es suficiente, por ejemplo, en la seguridad, operabilidad, comerciabilidad, manutención y costo.

Uno de los aspectos importantes para el diseño del sistema es pensar en todo momento sobre el concepto de *ergonomía*. Con algunas excepciones, todas las máquinas son diseñadas para ser usadas por humanos. La ingeniería de factores humanos, es el estudio de la interacción de las máquinas y los humanos y se define como la aplicación de la ciencia que coordina el diseño de accesorios, sistemas y condiciones de trabajo físico para los requerimientos del trabajador o usuario. El diseño debe ser cuidadoso para lograr que el artículo sea adecuado para el hombre en lugar de adaptar al hombre a la máquina cuando ésta ya se fabricó. El término *ergonomía* es sinónimo de ingeniería de factores humanos, nosotros frecuentemente escuchamos u observamos referencias de la buena o mala ergonomía del interior de un automóvil o los accesorios caseros que son utilizados por las amas de casa, etc. Un diseño de una máquina con pobre ergonomía será incomodo y cansado para usarse, además podría ser peligroso.

Para poder desarrollar eficazmente el sistema de aceleración y frenado para discapacitados, es necesario determinar las desventajas del sistema actual, es decir, los defectos que lo caracterizan, para no cumplir totalmente las expectativas del parapléjico.

## *Generación, Evaluación y Selección de Opciones de Solución*

Después de que las especificaciones son trazadas, lo siguiente es crear las ideas tomando en cuenta a todo momento las especificaciones que al mismo tiempo tienen la función de limitar ligeramente el diseño.

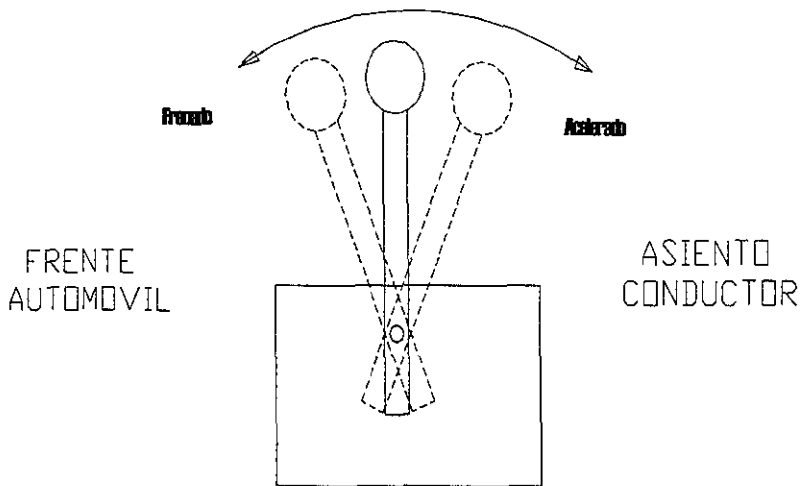
Las diversas ideas generadas, se concentraron en el diseño de las piezas que constituirían el sistema, con las limitantes que ergonómicamente favorecerían la maniobrabilidad del automóvil por parte del parapléjico, la limitante principal se refiere a que la palanca de control de acelerado y frenado sea accionada paralelamente a la verticalidad del cuerpo del conductor, ubicando el control a lado de la palanca de velocidades.

1ª Propuesta. Inicialmente se pensó en un sistema de varillas que acciona al freno y al acelerador, el movimiento de la palanca es similar al sistema que se ha mencionado (figura 7), frenando hacia el frente del automóvil y acelerando hacia atrás, obviamente diseñando las piezas que lo constituirían, de tal manera que estas fueran acordes al movimiento que se requeriría para ser accionado desde la ubicación de la palanca de control. Después del análisis de esta propuesta, se determinó que sería muy complicado diseñar este sistema por las siguientes razones:

- Sabemos que la propuesta base es separar la palanca de control del volante, por tanto la palanca y el volante se ubican en diferentes planos, esto implica desarrollar mecanismos muy complicados.
- Mayor número de piezas.

- Espacio debajo del volante “saturado”.
- Incremento de costos.

Cabe mencionar que el diseño de esta propuesta no se llevó a cabo, porque se considero “no viable” para los objetivos iniciales.



**Figura 7**

2ª Propuesta. Después de haber desechado la 1er propuesta, se pensó en sólo accionar el freno por medio de las varillas (el sistema se menciona posteriormente en la solución final del sistema), y el acelerado por medio de chicote (el chicote se adquiere en el mercado), el mismo tendrá una longitud

de 68[cm]  $\pm$ 3[cm]. En esta propuesta el acelerador se ubicaba en la misma palanca de acción (recordemos que las dos acciones deben estar situadas en la misma palanca para hacer eficaz nuestro sistema), el chicote une la parte superior del pedal del acelerador al mando de la palanca, donde será accionado. La forma que actúa el acelerador es con un movimiento giratorio en el mango de la palanca, similar al acelerado en una motocicleta donde el mango del manubrio gira para acelerar (figura 8).

La propuesta se descartó por una razón de ergonomía, es decir, el acelerado se efectúa girando el mango de la palanca, pero el mismo mango funciona como apoyo para el frenado, ya que la palanca se desplaza hacia delante para frenar (los motivos se especificaran posteriormente) al hacer este movimiento la fuerza se aplica en la palma de la mano, esto implica que al estar acelerando e inesperadamente se tuviera que frenar con rapidez causaría una disfunción, imaginemos el instante y nos daríamos cuenta que al frenar se mantendría el automóvil acelerado, la consecuencia es que el frenado sería mas difícil de controlar ya que esta acción no implica que se deje de acelerar al instante, porque el contacto de la mano con el mango de la palanca es simultaneo.

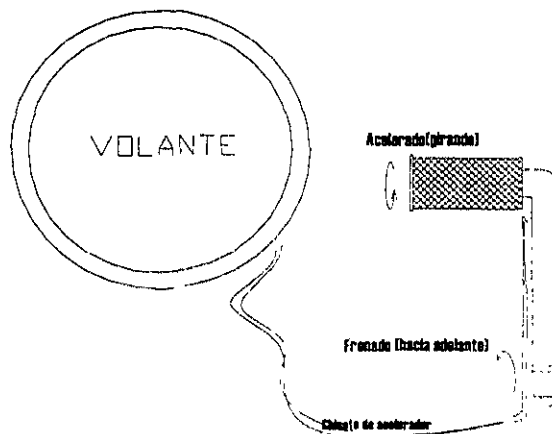


Figura 8

3ª Propuesta. La solución ahora radica en determinar la forma adecuada de accionar el acelerador en la palanca (el medio sigue siendo el chicote), sin que ocasione problemas de disfunción. Por lo que refiere al frenado estaba resuelto desde la propuesta anterior.

El diseño propuesto se remite a efectuar la aceleración en la palanca por medio de un botón situado en la parte final o superior de la palanca (tipo joystick) para que sea oprimido por el dedo pulgar, obviamente para que el botón funcione requiere de un mecanismo interno en el mango de la palanca. Esta opción es relativamente efectiva, proporciona movimientos independientes para acelerar y frenar en diferentes tiempos, pero provoca desventajas significativas como son:

- La posición que tiene el dedo pulgar no es la adecuada para mantener aceleraciones constante, esto provoca cansancio y en cierto tiempo el dedo pulgar perdería sensibilidad para acelerar adecuadamente.
- La opción no es viable para una fabricación sencilla y de bajo costo, porque sustentar este diseño se necesitaría fabricar piezas pequeñas para situarlas dentro del mango de la palanca de acción.
- Reducida área de ensamble en el interior de la palanca.

La propuesta se muestra en la figura 9, la figura muestra a grosso modo el mecanismo que llevaría implícito la palanca de acción.



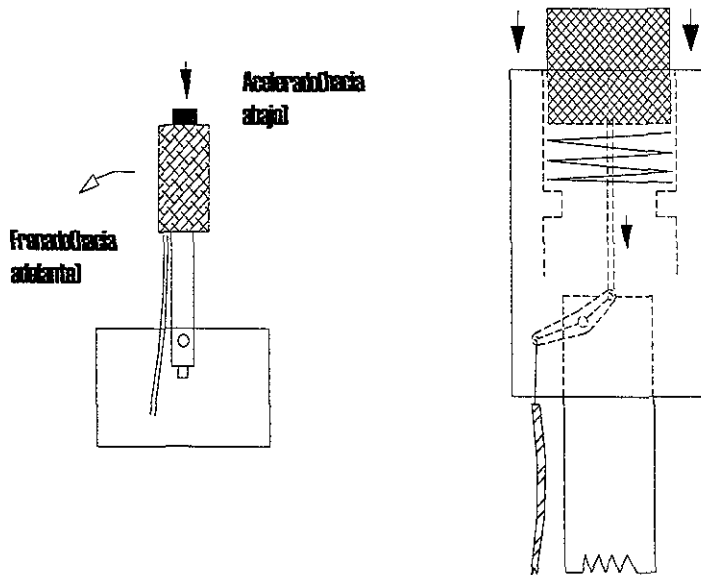


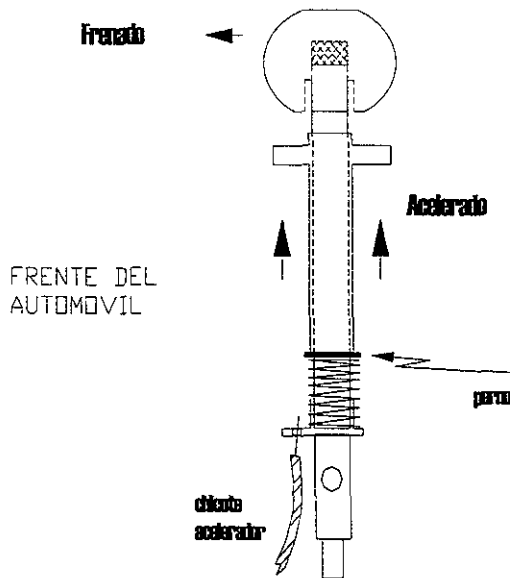
Figura 9

4ª Propuesta. La solución estaba cerca, se había logrado independizar los movimientos, solo se requería de encontrar la solución que cumpla los aspectos trazados. Por tanto, se desarrolló la propuesta que a continuación se menciona y se observa en la figura 10.

El frenado se acciona de igual forma hacia delante que las anteriores propuestas, ya que es la forma correcta de frenar por el movimiento de inercia que se genera por la interrupción de un movimiento en un automóvil al ir en marcha hacia delante, el cuerpo se desplaza hacia el frente del vehículo, por lo

tanto el parapléjico al carecer de sus miembros inferiores, no puede apoyarse mas que con los superiores (brazos y manos), por tanto, el movimiento de inercia ayuda al frenado hacia el frente, de otra manera sería imposible mantener el frenado. Las características de la palanca son:

- El área de contacto para realizar el frenado es la palma de la mano, el mango es redondeado y de tamaño regular, por lo que amolda perfectamente a la cavidad que tiene la estructura de la mano al cerrar, evitando deslizamientos inesperados al momento de frenar.
- La posición de la mano sobre el mango de la palanca nos ofrece mayor fuerza disponible para frenar, aunque se requiera poca fuerza para frenar (frenos de potencia).
- El acelerado se vuelve versátil y eficiente, porque al estar la palma de la mano apoyada en el mango, permite a los dedos de la mano, accionar con más fuerza y de manera constante la protuberancia cilíndrica, para efectuar la aceleración. La funda donde se encuentra la protuberancia se desliza hacia arriba a lo largo de la varilla 1 (ver figura 16), accionado por los dedos y regresa a su posición normal, por medio de un resorte ubicado en la parte inferior de la palanca (ver figura 10).
- El resultado de tener la protuberancia cilíndrica es apoyar cualesquiera del par de dedos que lo accionan, en cualquier posición alrededor de ella. El chicote del acelerador es conectado en la parte inferior de la funda.
- La funda cuenta con dos ranuras idénticas y opuestas para que se desplace a lo largo de la varilla 1 y limitar el acelerado por medio de un perno que cruza la varilla.



**Figura 10**  
(boceto final de la palanca de acción)

A pesar de haber hecho una selección progresiva en cada una de las propuestas, es posible evaluar las propuestas de diseño de la palanca en una matriz y realizar la toma de decisión, ya que las tres propuestas de diseño que fueron generadas, tienen el mismo efecto de salida, esto es, el movimiento de la palanca para el frenado, siempre es hacia delante y el acelerado es a través de un chicote que se conecta directamente del pedal del acelerador a la palanca de acción.

La tabla 3 corresponde al factor de peso que corresponde a la evaluación de los criterios que se tomaron en cuenta para el diseño de la palanca.

Categorías							Evaluación	Factor peso
Costo	0	0	1				1	0.168
Seguridad	1			1	0		2	0.333
Desempeño		1		0		1	2	0.333
Fiabilidad			0		1	0	1	0.166
						total	6	1

Tabla 3

Una vez que hemos evaluado los criterios fundamentales de diseño (tabla 3), corresponde ahora hacer la selección de la mejor propuesta de diseño en la matriz de selección (tabla 4).

La selección de la mejor propuesta de diseño de la palanca de acción, se lleva a cabo sobre los tres diseños: diseño 1, mango similar al acelerador de una motocicleta (figura 8); diseño 2, mango con botón de acelerador en la parte superior (figura 9); y diseño 3, mango con el acelerador por debajo del apoyo (figura 10).

Cabe hacer mención que los criterios tomados para la evaluación del diseño de la palanca en la matriz de decisión, son los más representativos para la evaluación, aunque se pudieran tomar muchos más.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

	Costo	Seguridad	Desempeño	Fiabilidad	Evaluación
Factor de peso	0.168	0.333	0.333	0.166	1
Diseño #1	6 / 1.0	4 / 1.33	4 / 1.33	6 / 0.99	4.65
Diseño #2	2 / 0.33	7 / 2.33	8 / 2.66	6 / 0.99	6.31
Diseño #3	3 / 0.50	9 / 2.99	8 / 2.66	7 / 1.62	7.77

Tabla 4

La matriz de decisión (tabla 4), demuestra que de acuerdo al peso específico que se da a los criterios de evaluación según la necesidad básica de nuestros objetivos, el diseño número tres es el más adecuado para satisfacer las necesidades de las personas parapléjicas, al mismo tiempo satisface los objetivos para el cual fue desarrollado el diseño.

A pesar de que en la mayoría de las ocasiones, las propuestas son evaluadas al mismo tiempo que se están generando, es importante contar con una matriz de decisión, con el objeto de mostrar al cliente, material para convencerlo fehacientemente de la veracidad de los resultados.

Después de haber determinado la solución idónea de la palanca del sistema para frenar y acelerar satisfactoriamente, corresponde ahora constituir las características del sistema de freno a partir de la salida de la palanca.

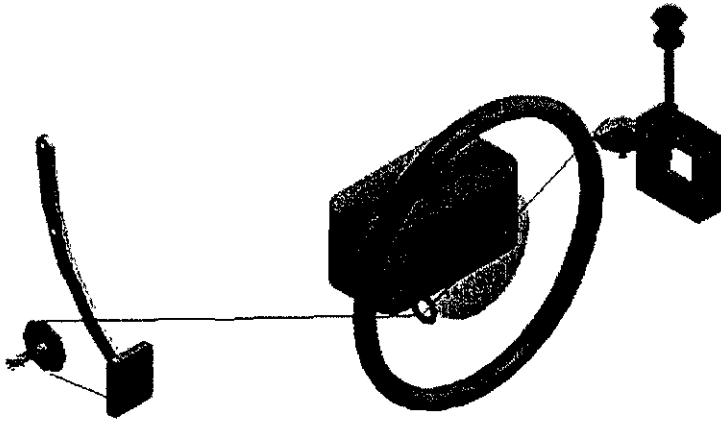
Una de las formas de accionar el freno desde la palanca que ya fue electa, es por medio de un arreglo de poleas. El sistema de poleas sería

compuesto por 2 poleas, argolla y un cable (chicote). Las ventajas de este sistema son:

- El sistema se torna sensiblemente más económico.
- Se prescinde de la manufactura de las piezas.

Sin embargo tiene desventajas significativas, que lo hacen inadecuado para el sistema, como son:

- El sistema no es lo suficientemente rígido para garantizar seguridad al efectuar el frenado, esto se debe a que cuando se le aplica fuerza a la palanca para accionar el freno en el sistema de poleas (ver figura 11), la tensión en el cable es de tal magnitud, que después de usarse por un periodo corto de tiempo puede fracturarse por fatiga, esto evidentemente traería por consecuencia, insuficiente seguridad, punto primordial en el desarrollo del sistema.
- Desgaste por fricción, en argollas y en el cable, donde, en un momento determinado las piezas pueden romperse fácil y frecuentemente.
- El espacio es sumamente reducido donde será colocada una de las poleas, debajo del pedal del freno (esto depende de las dimensiones con las que cuente el automóvil), la limitación de espacio implica que la polea sea muy pequeña o que se necesite otra argolla para que la polea se pueda desplazar a unos centímetros del pedal y que actúe libremente, claro, esto implica que se requiera de un tanto por ciento más de fuerza para efectuar el movimiento.



**Figura 12**  
**Boceto de poleas**

Se pueden pensar en distintas maneras de conformar un sistema o mecanismo que logre accionar el freno partiendo de la palanca de acción hasta el pedal del freno. El sistema que se determinó para efectuar el movimiento, es el que se realiza a través de varillas, pero solo para el freno, no como ocurre en los sistemas que existen en el mercado que utilizan varillas tanto para el freno como para el acelerador, como se observa en las figuras 4 y (5 a y b).

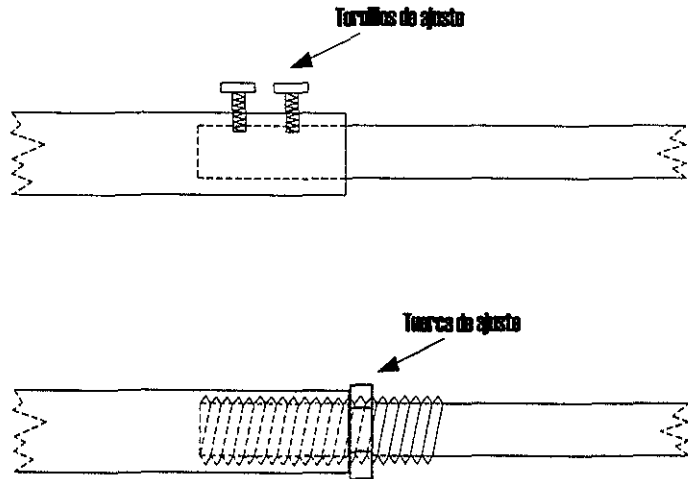
El arreglo de varillas básicamente sería conformado por cuatro varillas tubulares o barras, estas cuatro varillas se agruparían en dos pares, y en cada par, una varilla sería introducida en la otra con el fin de “flexibilizar” el sistema, es decir, la unión de estas varillas en cada par provoca que se manejen distintas distancias de acuerdo a las dimensiones de cada vehículo, las variaciones en las dimensiones de cada vehículo son pequeñas, pero se requiere de tornillos de ajuste o tuercas, para determinar la longitud de las varillas, haciendo flexible el sistema y adaptarlo a cualquier automóvil que cumpla con las características básicas de funcionamiento. La unión de las varillas se muestra en la figura 12, cabe mencionas que la rosca interior de la tuerca y la rosca exterior en la varilla, deben ser maquinados para adecuar las dimensiones que se requieran.

Para que las varillas actúen de manera similar al efecto de palanca, necesitamos un punto de apoyo, dicho punto se ubica en la parte inferior de la base del volante y que el sistema actúe en un ángulo aproximado a los 90° referente al plano donde se ubica el conductor. El punto de apoyo al cual me refiero, es diseñado con una forma similar a la que presenta una rótula, esto con la finalidad de obtener un movimiento libre para proporcionarle al sistema más grados de libertad, garantizando el movimiento del sistema, ya que la palanca y el pedal del freno actúan en diferentes planos.

Esta era la propuesta inicial en el arreglo de varillas, pero basándose en los conocimientos adquiridos en la licenciatura se determino que el sistema era demasiado rígido y resulto insuficiente para satisfacer las expectativas del



diseño, ya que el sistema se desenvuelve en 2 planos distintos, esto se resuelve con la introducción de la rótula, pero el movimiento que produce la rótula (circular), afecta directamente en las varillas, es decir, la rigidez con la que cuentan las uniones de las varillas provoca concentración de esfuerzos en las mismas e impide el movimiento para el frenado, por lo tanto las uniones de ajuste de las varillas se convirtieron en obsoletas. Las formas de ajuste que se habían pensado son las que se muestran en la figura 12.

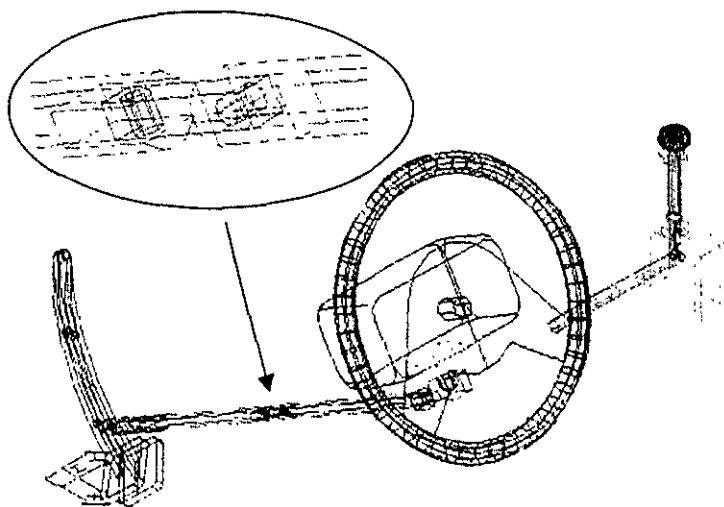


**Figura 12**  
(uniones de ajustes)

Después de haber detectado el movimiento que refleja la rótula, tenía que idearse un elemento que generará el movimiento se había detectado en las varillas que unían a la rótula con el pedal del freno, se pensó en una

articulación conocida y de fácil instalación, una junta universal (figura 13), la cual proporcionaría al sistema flexibilidad para efectuar el movimiento y que este fuese más libre, compensando el movimiento circular que provoca la rótula. Como sabemos una junta universal nos permite efectuar movimientos circulares restringidos, no con la misma libertad como los producidos por una junta homocinética, pero que es suficiente para el movimiento que requerimos, en este caso el movimiento circular que produce la rótula es ligero, pero es suficiente para pensar que si no existiese la junta, el movimiento se obstruiría y no se conseguiría el frenado del automóvil.

La opción parecía ser la idónea para resolver el problema, pero no fue así, porque el análisis de función de los elementos, arrojó resultados adversos; el sistema requería de mayor número de grados de libertad, para moverse. Es importante comentar que a pesar de tener la junta universal en la varilla, era necesario utilizar las uniones de ajuste que se observan en la figura 12, para hacer flexible el sistema.



**Figura 13**  
**Junta universal**

Utilizar la junta universal, aparentemente era la solución al problema que se presentaba a la acción de la rótula, pero esto en algunas ocasiones nos cegamos por una aparente solución, esto sucede porque se visualiza el movimiento global y se descuidan los movimientos particulares que se pudiesen presentar en las articulaciones del sistema, aunque estos lleguen a ser pequeños, en consecuencia, el movimiento que no se detectó afectara posteriormente al funcionamiento del sistema, al ser fabricado.

Cabe mencionar que fui asesorado en el análisis por personas expertas en la materia, mediante métodos de análisis avanzados y a la visión que por experiencia, son capaces de determinar, y aunque estos métodos de análisis no sean considerados parte del desarrollo de la presente tesis, es necesario comentar que se consideran como una herramienta o fuente externa para determinar si el diseño cumple con los movimientos que requieren.

Por tanto se concluye que en las varillas se produce un movimiento de tensión, el movimiento es insignificante, pero es de suma importancia tomarlo en cuenta para el funcionamiento del sistema, ya que de no hacerlo así el sistema se anularía, es decir, la palanca de acción no provocaría el movimiento de frenado al movimiento resultante que esta produce.

Detectar el movimiento de tensión producido por la rótula no fue fácil, sin embargo la solución física al sistema, no fue tal, a pesar de que al descubrir lo grados de libertad que se requerían para el funcionamiento correcto del sistema para las varillas, la mente divaga en soluciones

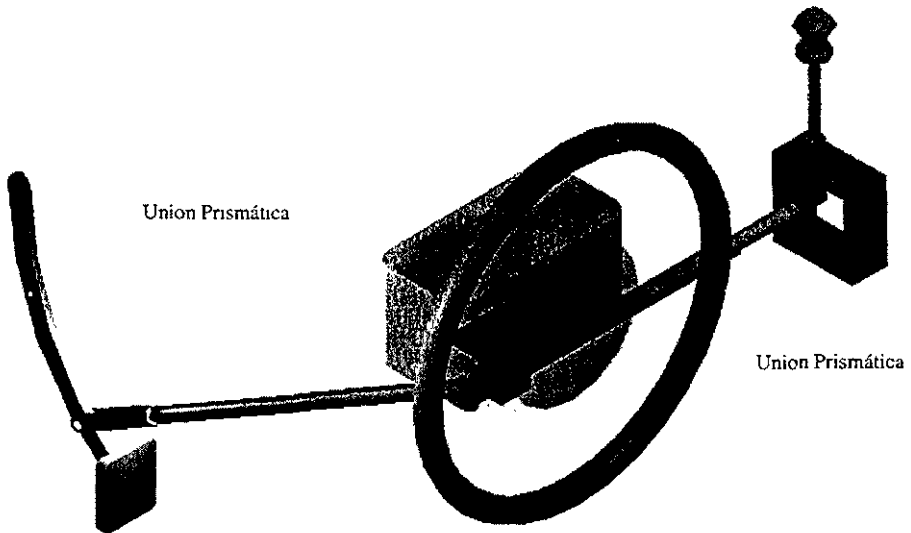
complicadas, hasta que de pronto se presenta la expresión, Eureka! Descubriendo que la solución, no es más complicada de lo que parece.

La tensión que se menciona, se ejerce principalmente en sobre las varillas. La palanca al ser impulsada hacia el frente, describe un movimiento circular en la parte final de la palanca (varilla 1), esta a su vez conecta con las varillas 2 y 3; en este movimiento se describe un cono muy pequeño, pero al efectuar la trayectoria máxima resultante de la palanca, se incrementa la distancia entre el punto de unión de la varilla 1 con las varillas (2 y3) y el punto de unión de las varillas (2 y3) con la rótula. Este efecto provoca que el sistema se mantenga estático.

La solución se ubica en la unión de las varillas, a esta unión se le llama “*prismática*”; la unión consiste en introducir una varilla en la otra sin ningún tipo de sujeción, solo un perno limitante de movimiento interior en el caso de las varillas que accionan el freno. Dicha unión soluciona el problema del movimiento de tensión que se percibe con mayor claridad en las varillas que unen la palanca y la rótula, ya que ambas tienen un movimiento giratorio en planos distintos. Por tanto, la solución final del sistema de acelerado y frenado en un automóvil para personas parapléjicas aparece en la figura 14; las piezas que componen el sistema se mostrarán detalladamente en la sección de diseño de detalle con las características que lo componen.

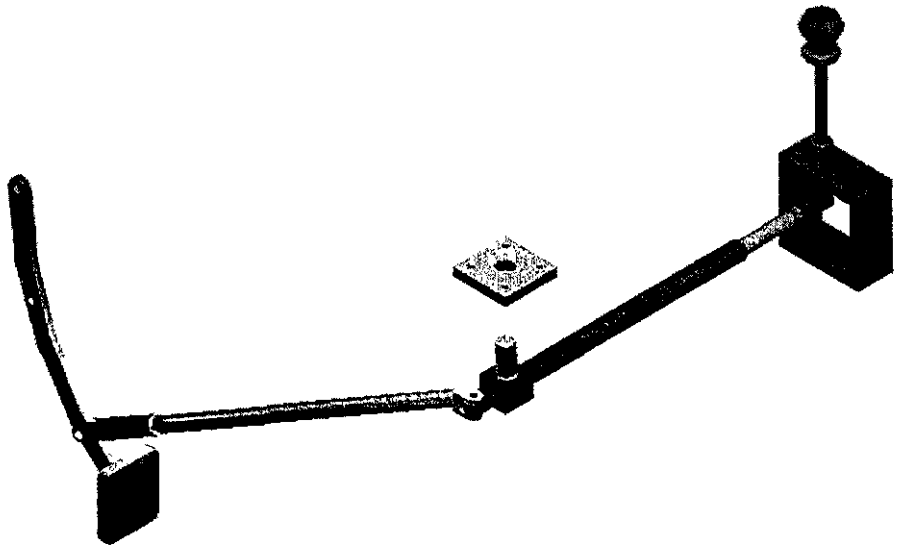
Cabe mencionar que la figura 14 se muestra del diseño final del sistema, es una presentación conceptual de la ubicación del sistema dentro del

automóvil, ya que el sistema esta sujeto a ligeras adaptaciones, de acuerdo a las dimensiones y posición de instrumentos de manejo que posea cada automóvil.



**Figura 14**  
**Diseño de ConfiguraciónFinal**

En la imagen de la figura 14 se muestra el sistema montado en el automóvil y no es posible observar las piezas que conforman la unión de las varillas a la rótula y las piezas que conforman la rotula, por lo tanto, en la figura 15 se exhibe el sistema a plenitud, con la finalidad de imaginar el funcionamiento del sistema y observar las 12 piezas que lo conforman.

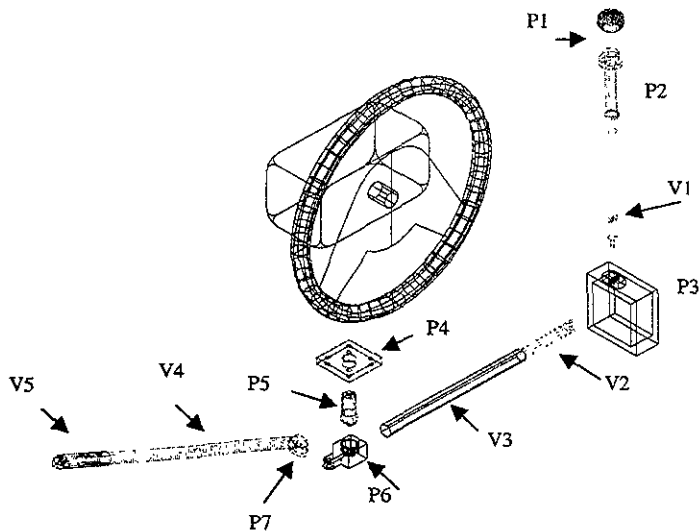


**Figura 15**  
**D. Configuración**  
**Final (sin volante)**

### *Diseño de Detalle*

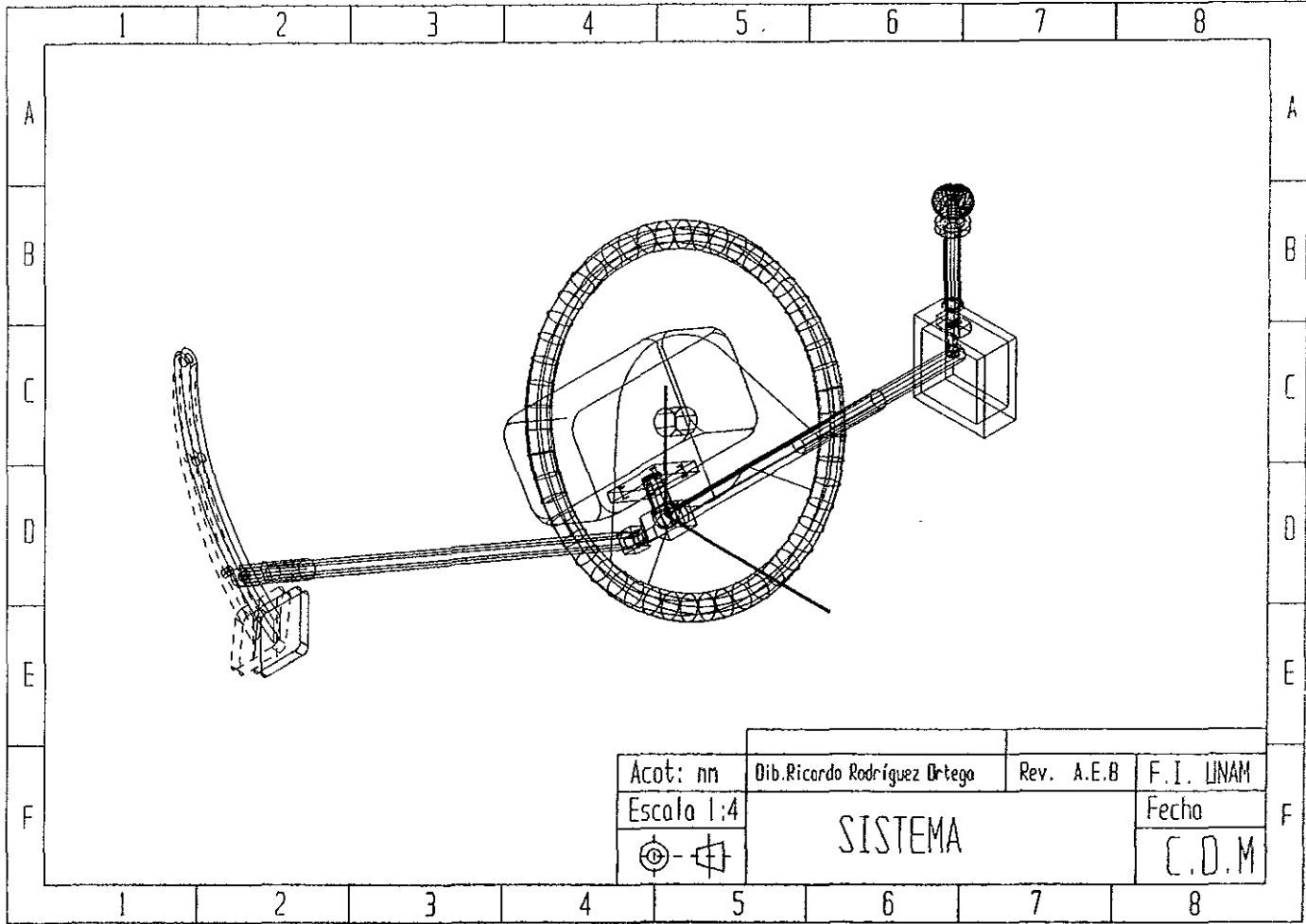
“Listo”. El diseño alternativo de un sistema de acelerado y frenado para personas paraplégicas, se ha determinado a través de un proceso de diseño. Ahora, en esta parte se completará la configuración de los productos técnicos, como es: la elaboración de dibujos detallados de las piezas que componen el sistema, ensamble, selección de materiales y procesos de manufactura

A continuación se muestra el diseño del sistema en explosión (ver figura 16), La figura muestra las 12 piezas que conforman el sistema y la forma de ensamble.



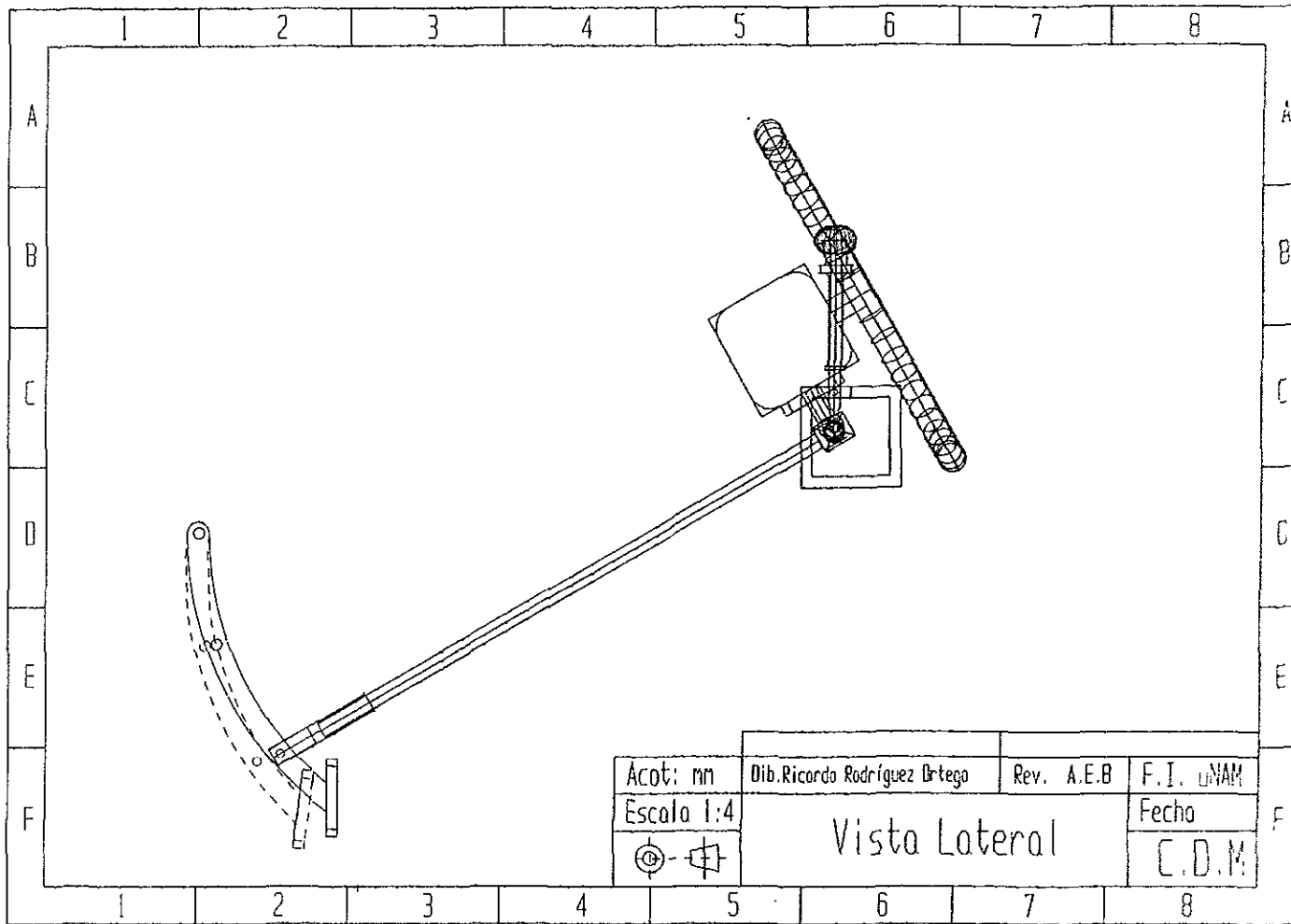
**Figura 16**  
Dibujo en explosivo

SIMBOLO	NOMBRE DIBUJO	DESCRIPCION DE PIEZA
P1	APOYO DE MANO	Mango de la palanca
P2	PARTE	Funda para accionar el acelerador
V1	VARILLA 1	Varilla en el interior de la funda
P3	CAJA	Caja apoyo de la palanca
V2	VARILLA 2	Una varilla 1 con varilla3
V3	VARILLA 3	Una varilla 2 con rótula
P4	BASE	Base soporte de la rótula
P5	ROTULA	Rótula ( macho)
P6	ROTULA PZA 1	Rótula (hembra)
P7	TERMINAL V4	Terminal de la varilla 4, con rótula
V4	VARILLA 4	Una Terminal V4 con Varilla 5
V5	VARILLA 5	Una Varilla 5 con Pedal de freno

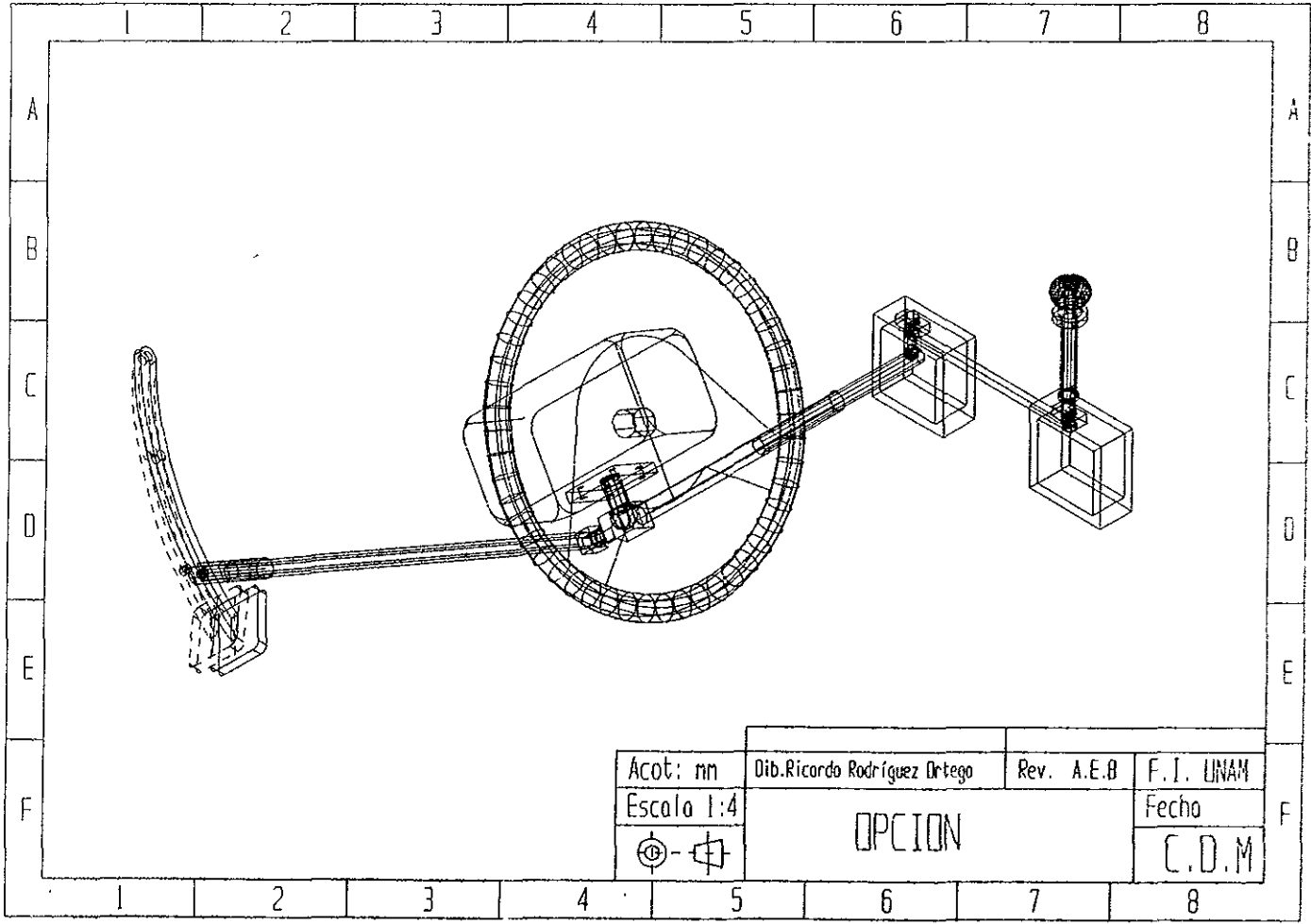


Acot: nn	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. I. LINAM
Escala 1:4	SISTEMA		Fecha
⊕ - ⊕			C.D.M

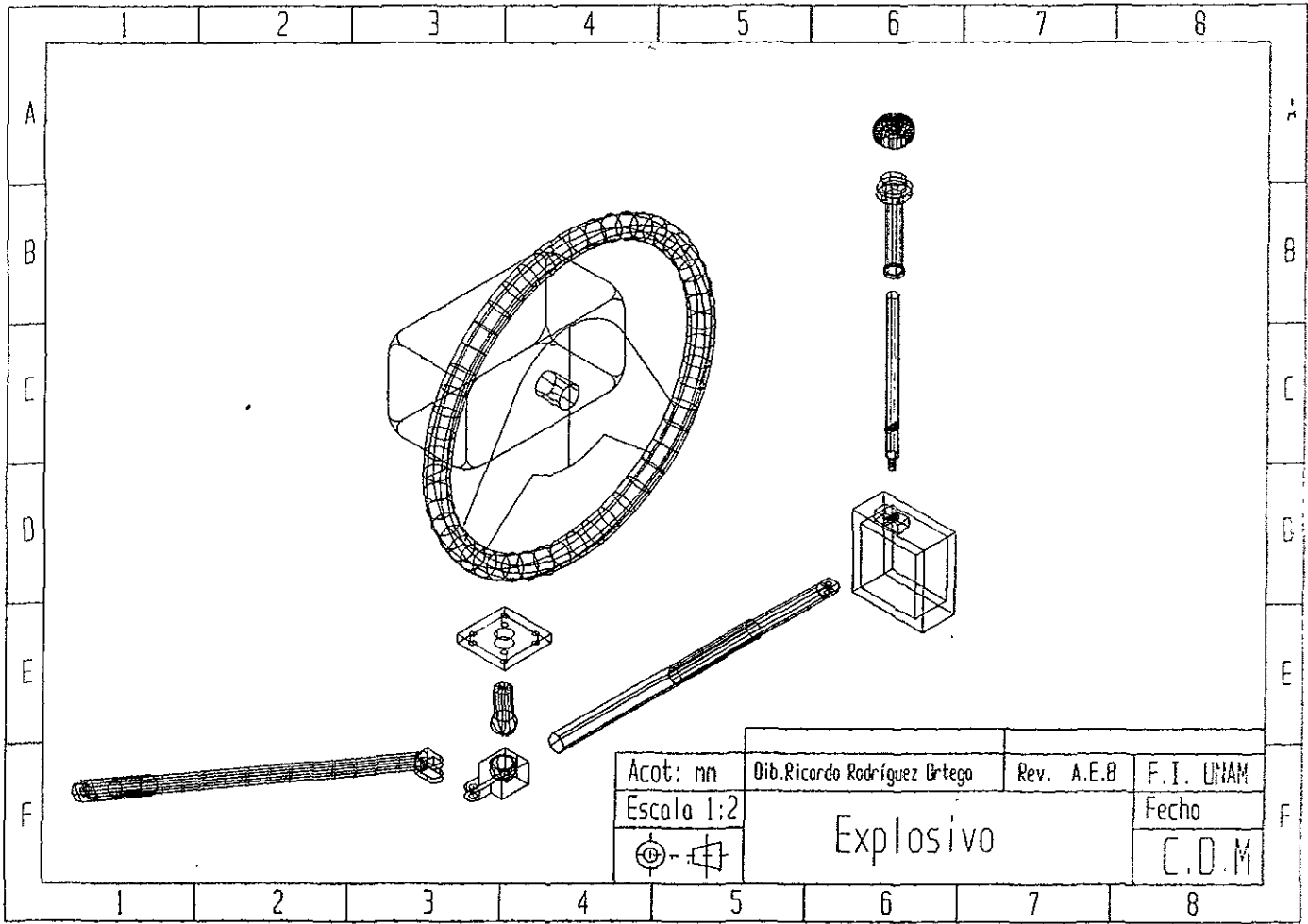


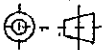


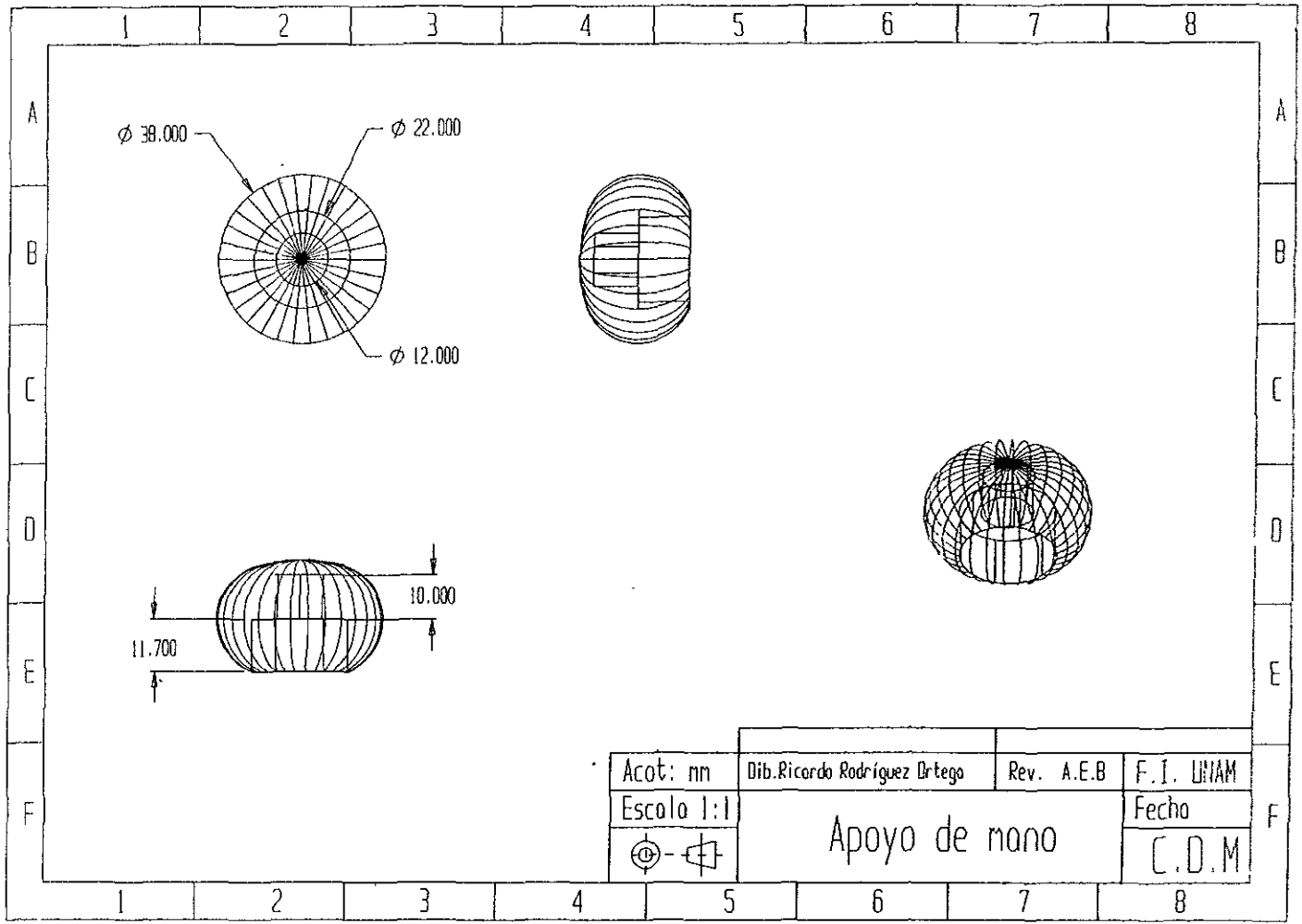
Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escala 1:4	Vista Lateral		Fecha
⊙ - ⊕			C.D.M.

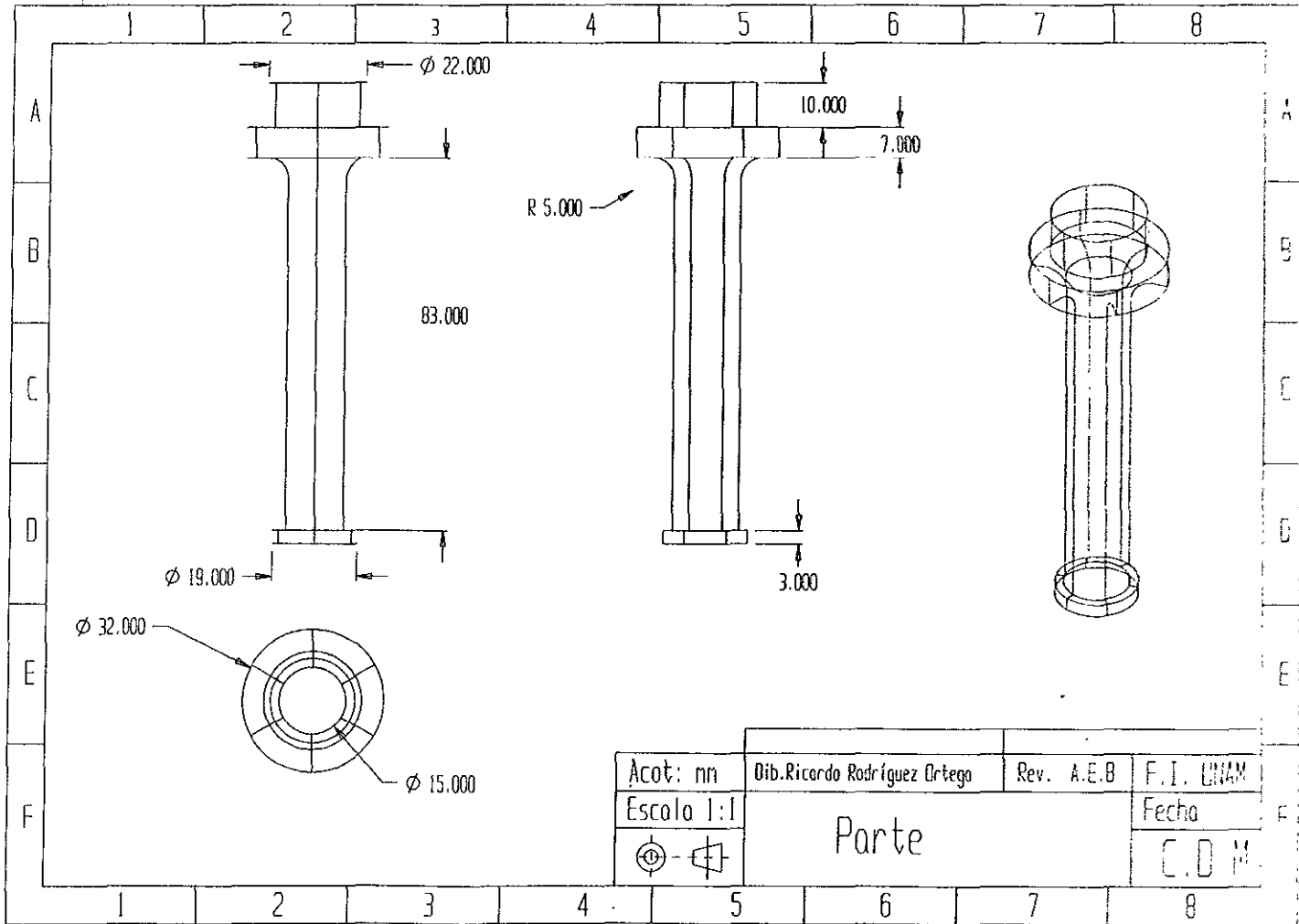


Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. J. UNAM
Escala 1:4	OPCION		Fecha
⊕ - ⊖			C.D.M

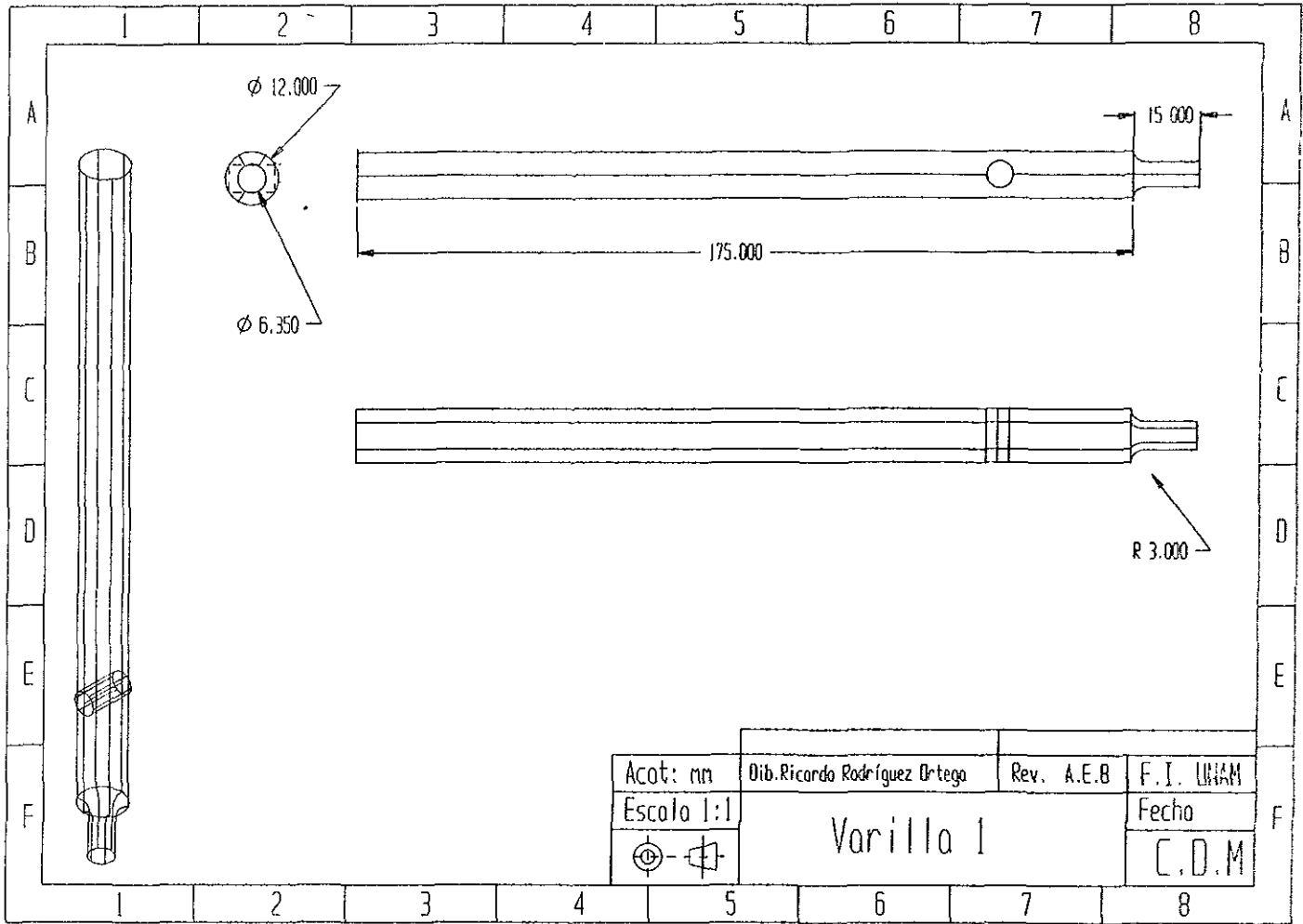


Acot: mn	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. I. UNAM
Escala 1:2	Explosivo		Fecha
			C.D.M

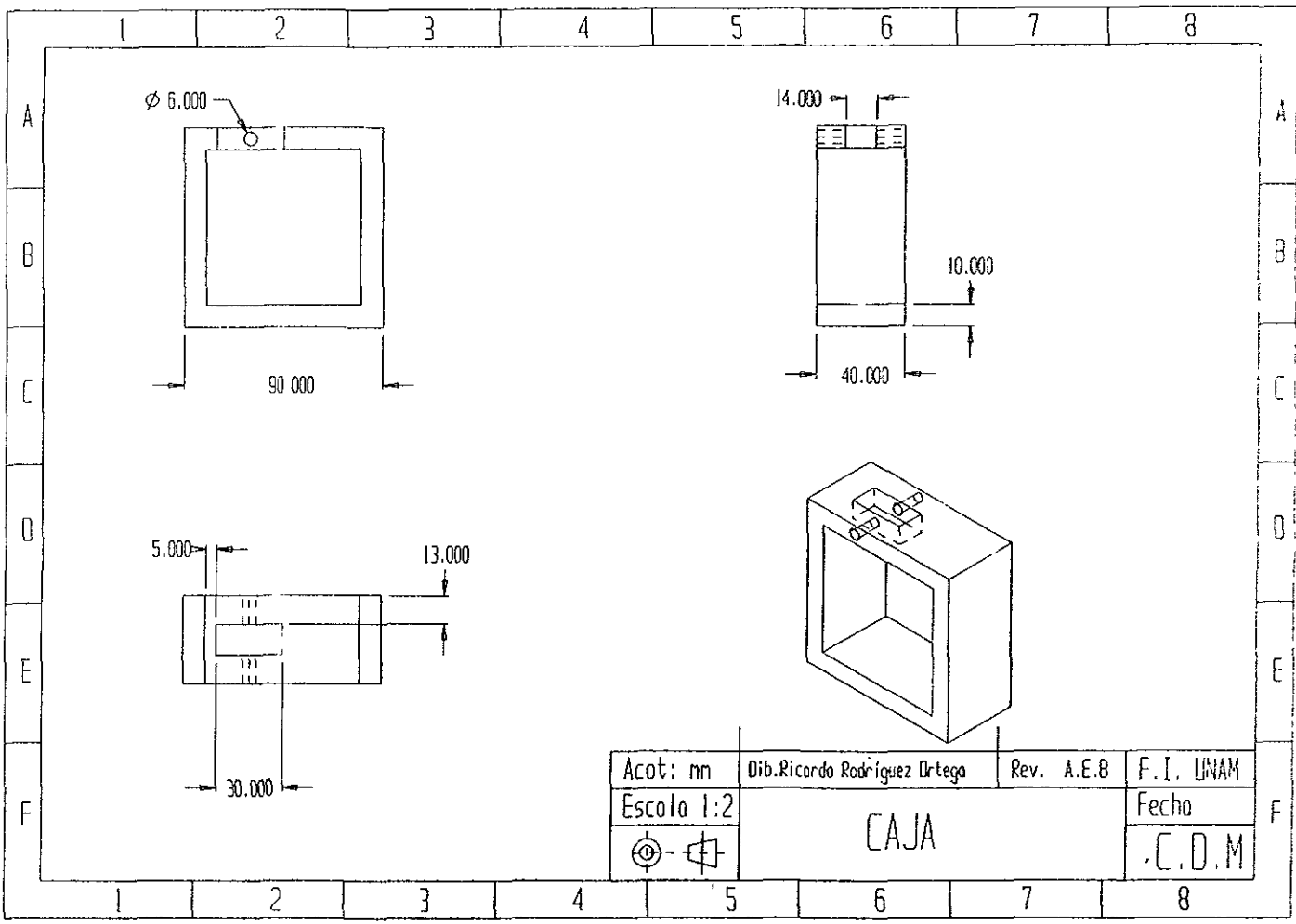




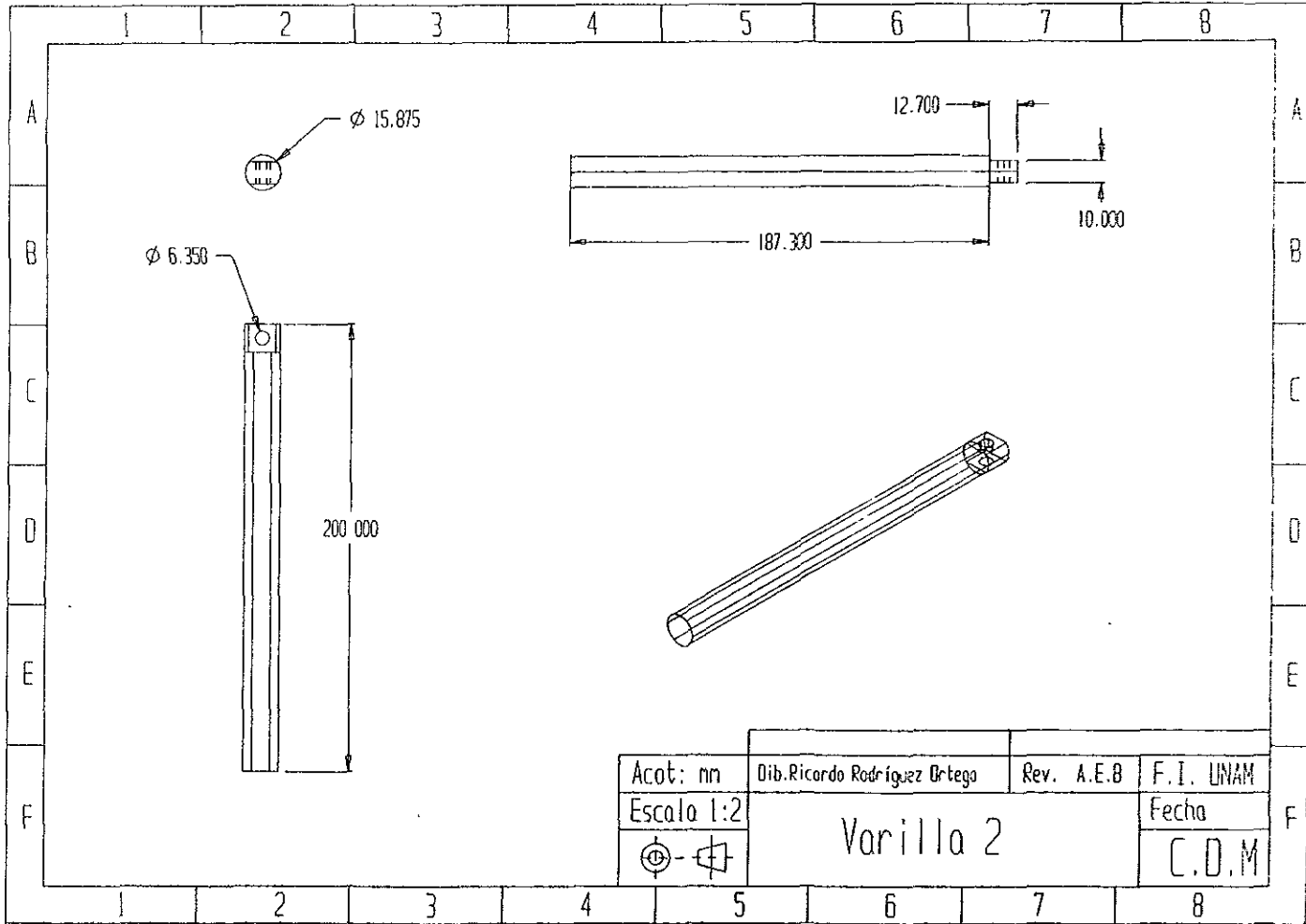
Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escola 1:1	Parte		Fecha
			C.D.M.



Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. I. UMIAM
Escala 1:1	Varilla 1		Fecha
$\text{⊕} - \text{⊖}$			C.D.M

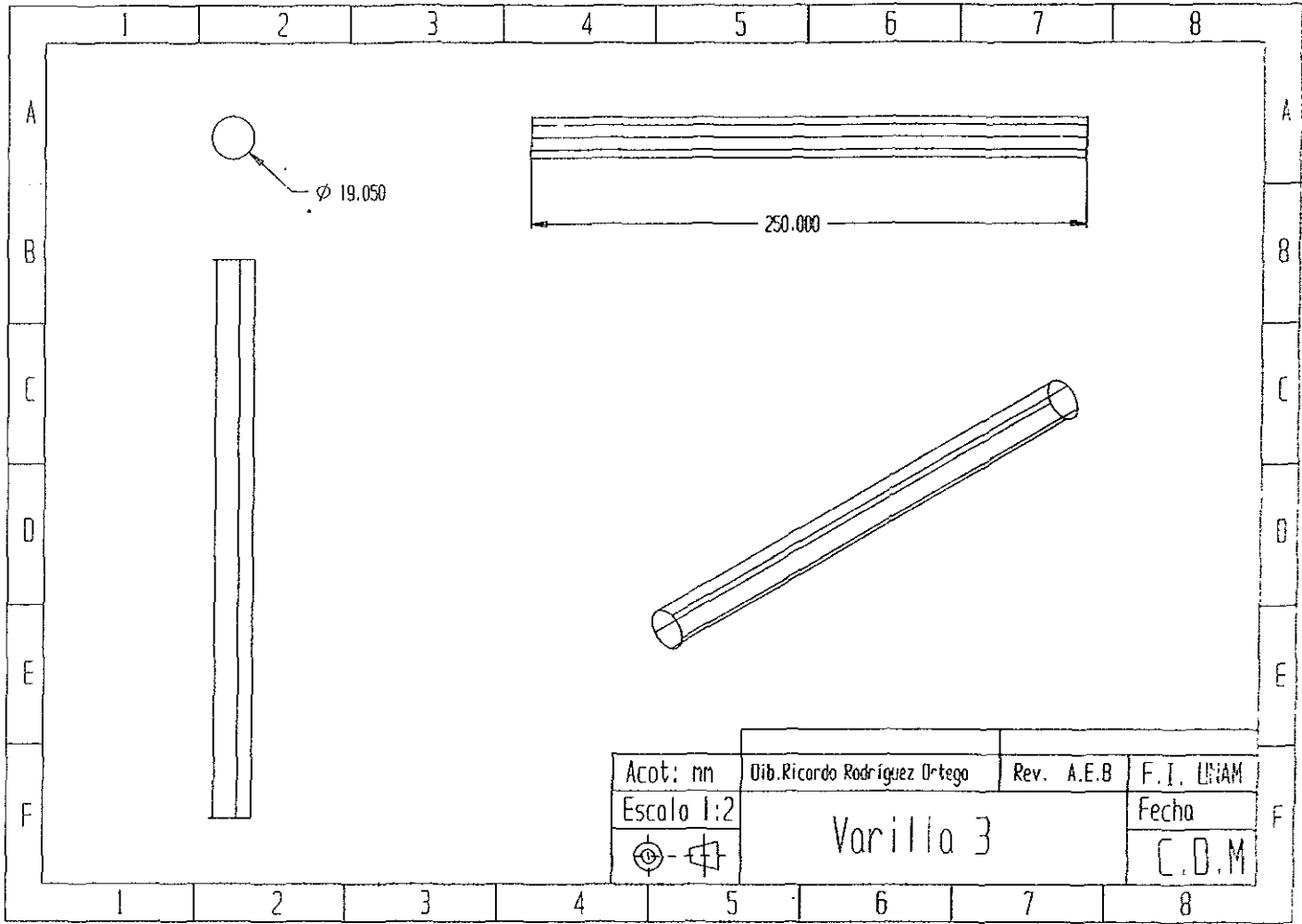


Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. I. UNAM
Escola 1:2	CAJA		Fecha
			.C.D.M

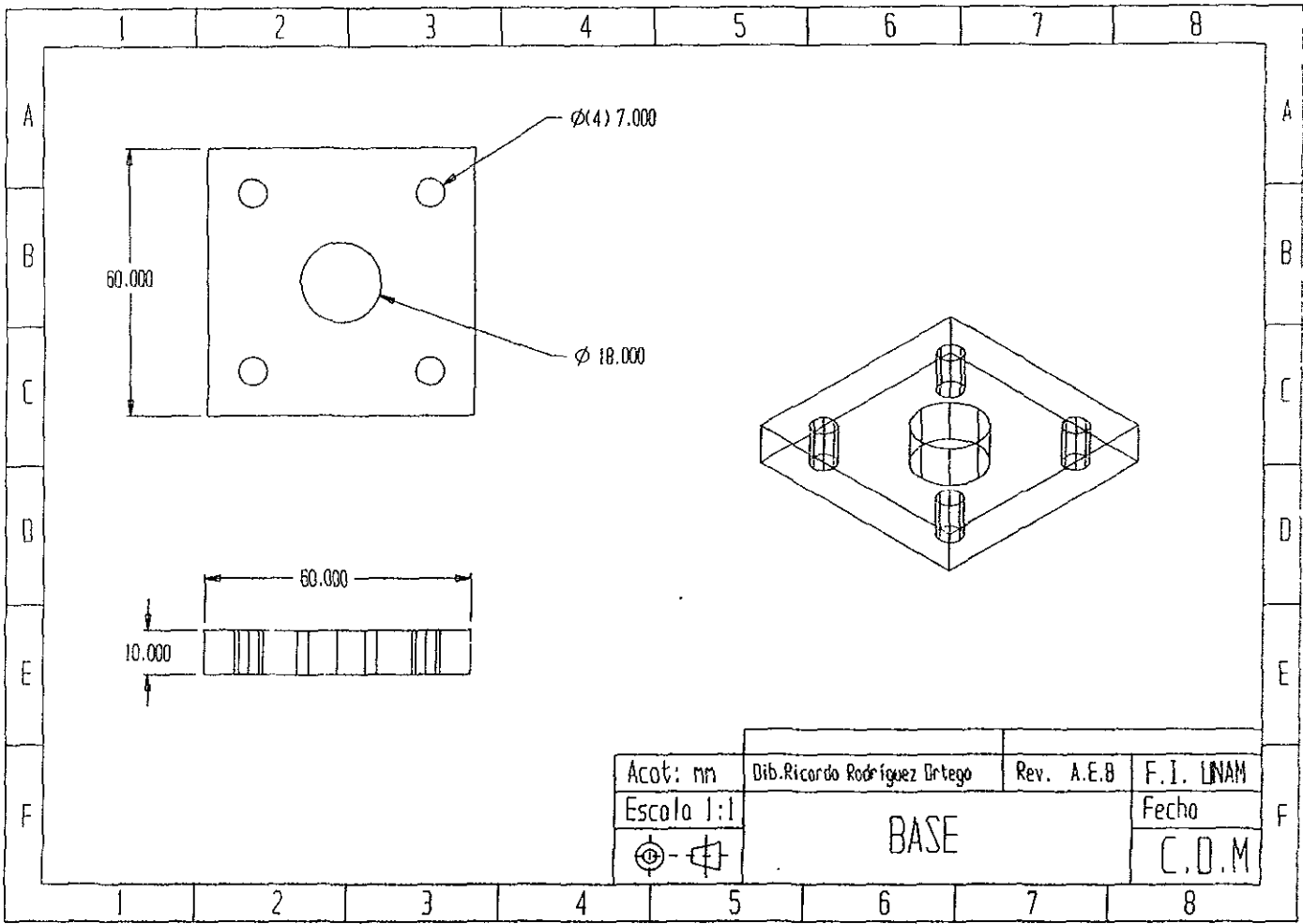


Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escala 1:2	Varilla 2		Fecha
			C.D.M

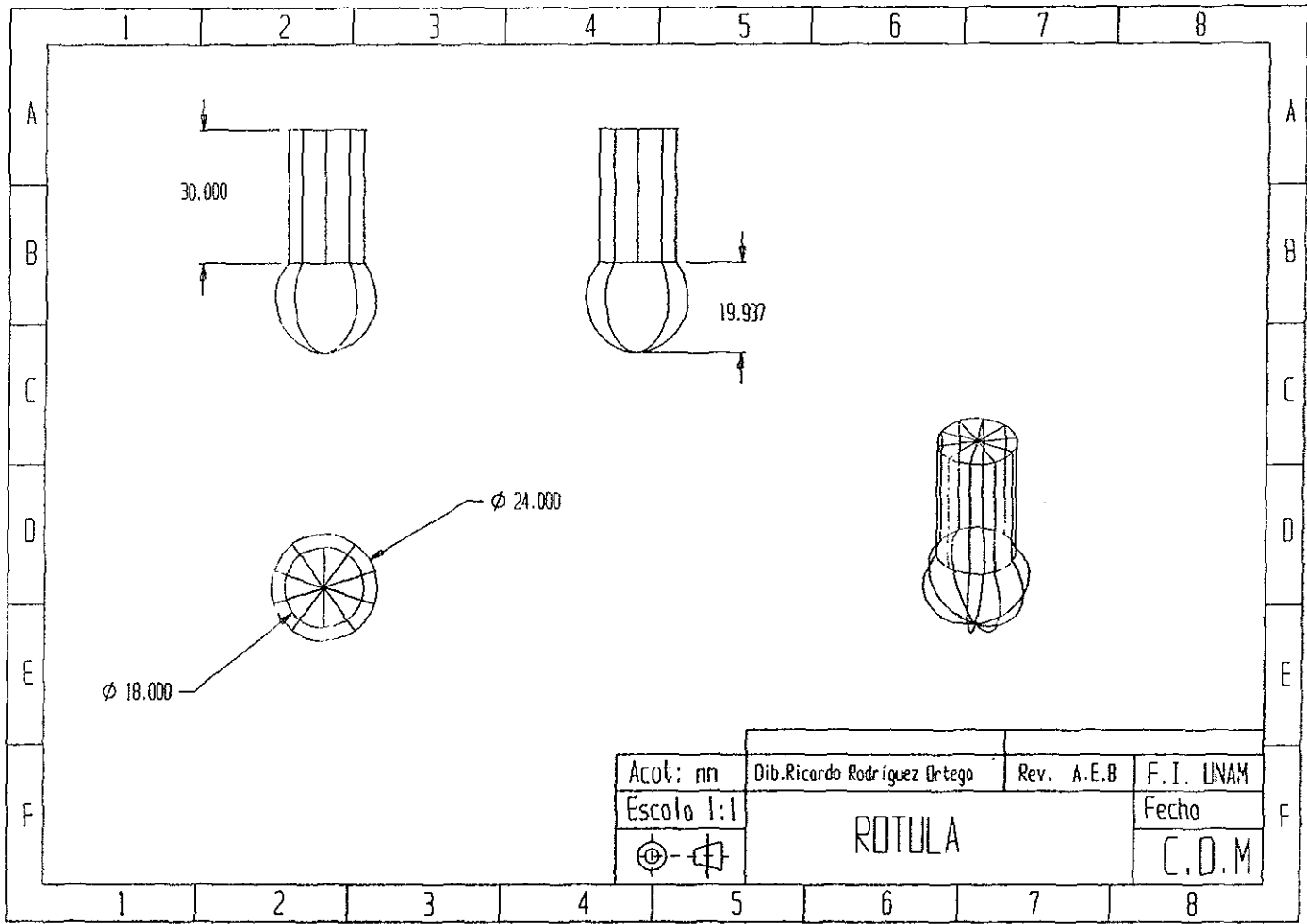


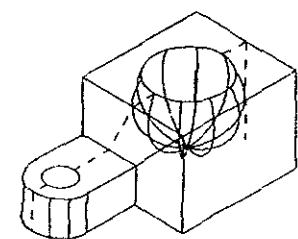
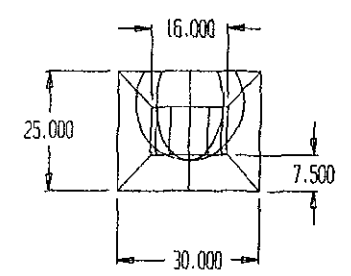
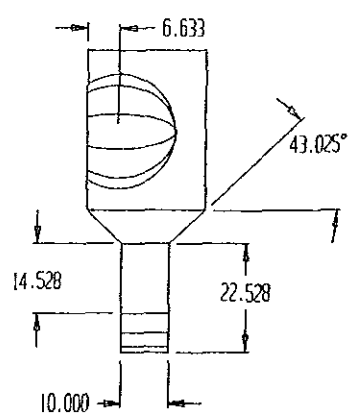
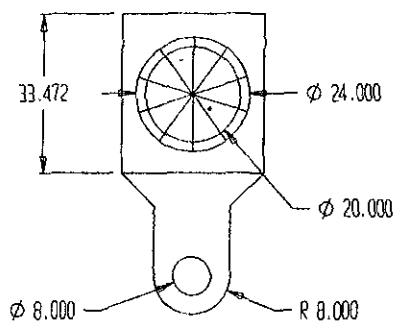


Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F. I. LINAM
Escola 1:2	Varilla 3		Fecha
			C.D.M

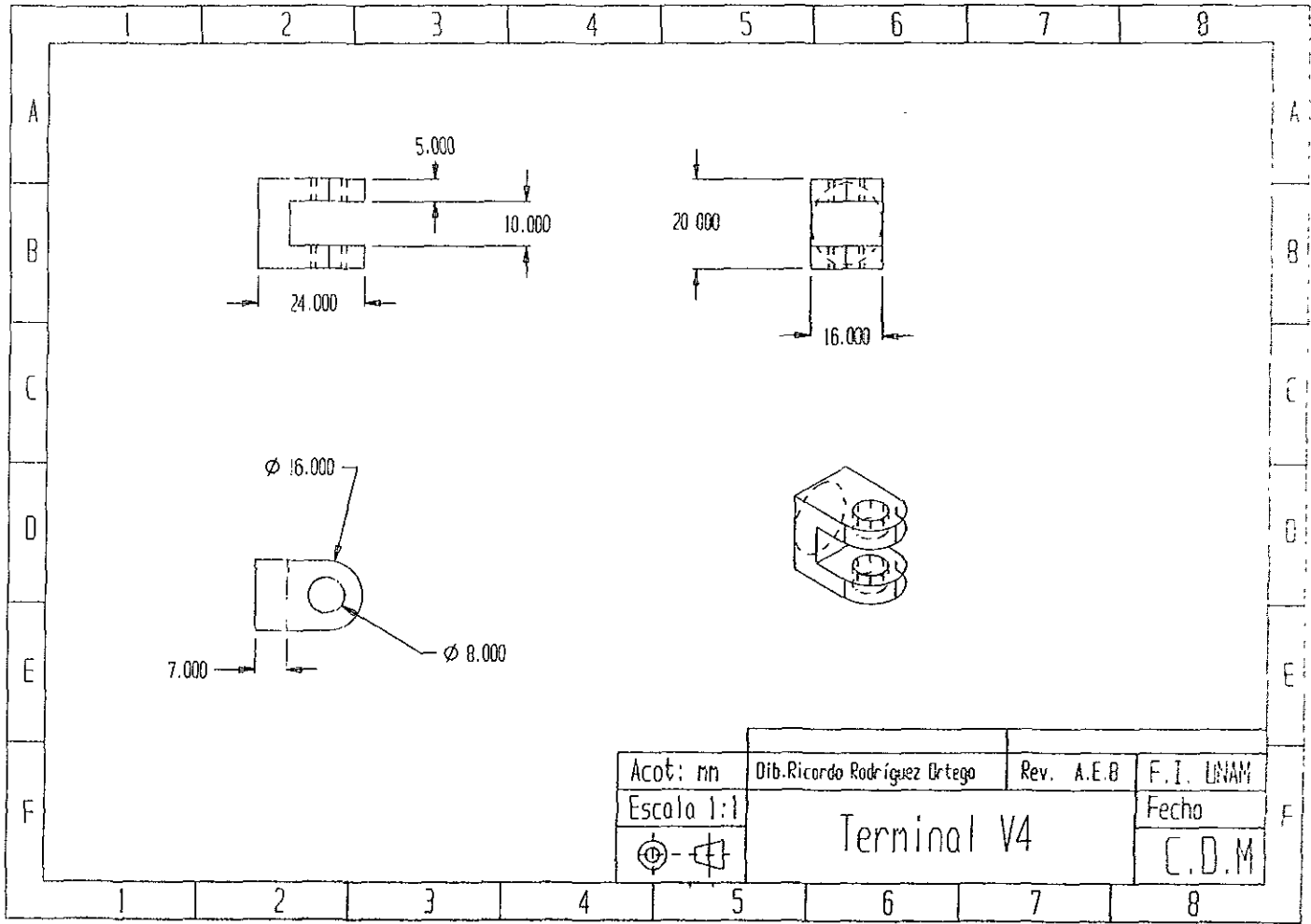


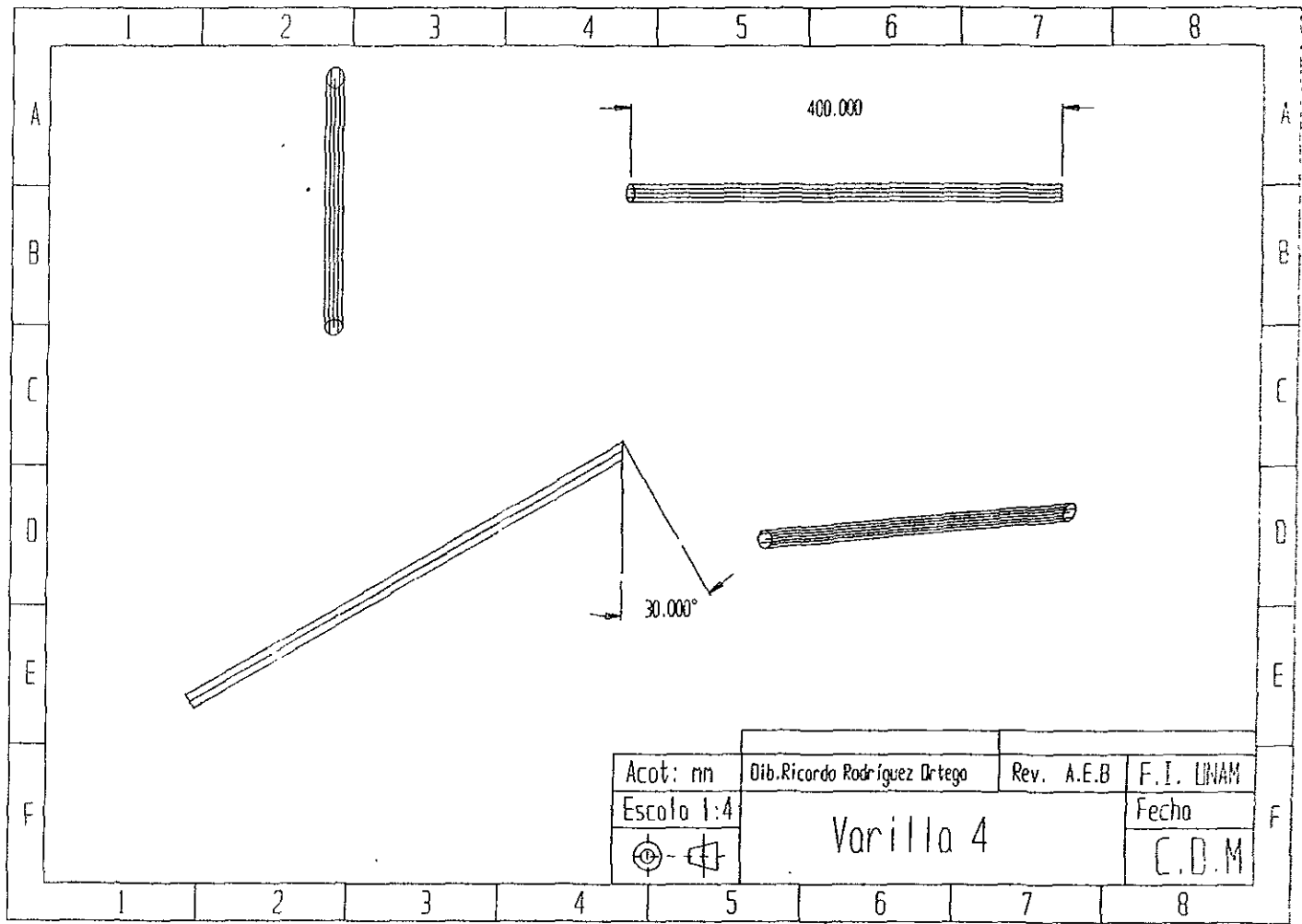
Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Urtego	Rev. A.E.B	F.I. LINAM
Escala 1:1	BASE		Fecha
			C.D.M





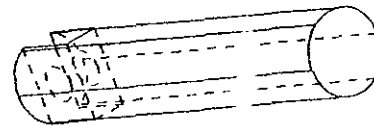
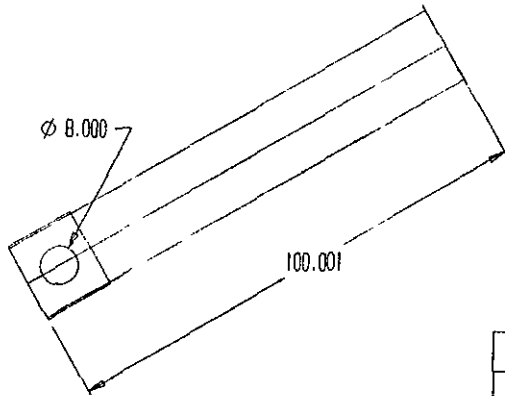
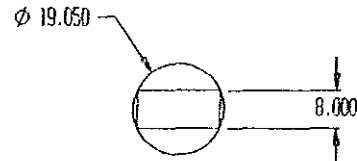
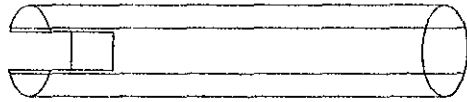
Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escala 1:1	Rótula pza 1		Fecha
			C.D.M





Acot: mm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escala 1:4	Varilla 4		Fecha
			C.D.M

Dib. Ricardo Rodríguez Ortega		Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Varilla 4		Fecha	
		C.D.M	



Acot: nm	Dib. Ricardo Rodríguez Ortega	Rev. A.E.B	F.I. UNAM
Escola 1:1	Varilla 5		Fecha
			E.D.M

Después de haber realizado los dibujos de las piezas con sus respectivas dimensiones, corresponde ahora, describir los procesos de manufactura y materiales que se deben utilizar para la fabricación de las piezas. Es preciso comentar que la mayoría de las piezas que conforman el sistema son de manufactura sencilla, es decir, que son manufacturadas en máquinas y herramientas convencionales mediante operaciones simples de ranurado y corte, por este motivo sólo se precisaran los procesos de manufactura de las piezas que requieran de un proceso más elaborado.

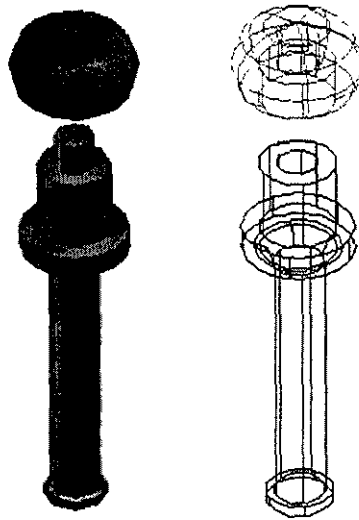
## MATERIAL.

El material que se ha elegido para fabricar todas las piezas diseñadas del sistema es “Nylamid” a excepción de la funda que cubre la varilla 1 y el elipsoide de la palanca donde se apoya la mano para aplicar la fuerza. Los motivos de la selección del material, se especifican posteriormente

La omisión de las dos piezas (ver figura 17), se debe básicamente a que las piezas son comerciales de origen francés, por lo tanto, al adquirirlas en el mercado nacional, genera disminución de costos en el sistema, de no ser así, la fabricación de las piezas provocaría un incremento en los costos y tiempos de fabricación. Sin embargo, en caso de discontinuarse la elaboración de estas piezas, puede recurrirse a los procesos de manufactura que correspondan a cada una de ellas para fabricarse de acuerdo a las dimensiones correspondientes que previamente fueron tomadas para la elaboración de los



dibujos que se presentan en la presente tesis. Ambas piezas pueden ser fabricadas a través de dos distintos métodos de manufactura. Uno de los métodos de maquinado es por medio de torno, taladro y algunas herramientas de corte, utilizando también como materia prima, Aluminio y Nylamid, por ser ligeros, con resistencia mecánica suficiente, maquinado fácil y buen acabado. Este método es recomendable para elaborar cantidades pequeñas; aunque, sí lo que se requiere es hacer una producción en serie y en forma masiva, se recomienda fabricar las piezas por conformado de plásticos, en cualquiera de sus modalidades, aunque es preferible utilizar máquinas de inyección de plástico a baja presión, por la calidad en el acabado de las piezas.



**Figura 17**  
(funda y bolita)

Se seleccionó el Nylamid, porque es el material que cumple con las características que se requieren para el sistema.

- El sistema requiere que el material sea ligero por las siguientes razones: el material que generalmente emplea la industria automotriz en el interior de los automóviles como material rígido (tablero y cubiertas), es plástico, con la finalidad de hacer más ligero el peso total de automóvil, esto implica como Ingeniero de Diseño, continuar con los lineamientos u objetivos que pretenden los fabricantes al elaborar su producto, en este caso el automóvil. Otra de las razones para elegir un material ligero, es la facilidad para el manejo de las piezas al ser maquinado y principalmente al ensamblarlo dentro del auto, ya que el sistema se sujeta por debajo de la base del volante, el Nylamid es de dos a siete veces más ligero que los metales.
- El material es suficiente rígido para evitar la torsión, compresión, tensión y flexión (los valores se muestran en la tabla 5) en el funcionamiento del sistema, propiedades mecánicas que algún otro metal nos proporcionaría, pero este material, es fácil de maquinar.
- En el sistema existen piezas que están en constante contacto y fricción, es por eso que se necesita, continua lubricación y Nylamid lo ofrece en la presentación de *Nylamid SL* autolubricado con bisulfuro de molibdeno, sin que se requiera de algún lubricante externo.
- El material también ofrece, resistencia al desgaste, cualidad que beneficia al sistema en todas las uniones, tales como: varilla 1- varilla 2, las dos uniones prismáticas, la rótula y la unión de la varilla 5 con el pedal del freno.

- El material es seguro, porque al friccionarse no produce chispa y es autoextinguible.
- Es muy resistente al impacto.
- Es muy resistente a la fatiga.
- Tiene buena resistencia dieléctrica.

Los productos **Nylamid®** son plásticos de Ingeniería de varias familias de polímeros, como el nylon, polietileno y acetal, entre otros, fabricados principalmente por vaciado, moldeo por compresión y extrusión, de acuerdo a los adelantos más recientes de la tecnología de los plásticos. Sirven para fabricar partes y refacciones de equipo y maquinaria de la industria en general.

Existen varios tipos de Nylamid: *Nylamid M*, *Nylamid SL*, *Nylamid XL* y *Nylamid TS*. El tipo de material que se eligió fue el *Nylamid SL*, autolubricado con bisulfuro de molibdeno por contar con características superiores a los otros tipos, de acuerdo a las propiedades que beneficiarían el funcionamiento del sistema.

Las propiedades y valores que se muestran en la tabla 5, son del material que se eligió para la fabricación de las piezas del sistema, estos valores lo justifican.

PROPIEDAD	VALORES
Densidad	1.14 [gr./cm <sup>3</sup> ]
Dureza Shore-D	80-82
Temperatura de Servicio	100 °C
Resistencia a la Tensión	720 [Kg./cm <sup>2</sup> ]
Resistencia a la Compresión	850 [Kg./cm <sup>2</sup> ]
Resistencia a la Flexión	1200 [Kg./cm <sup>2</sup> ]
Resistencia a la Torsión	530 [Kg./cm <sup>2</sup> ]
Resistencia al Impacto	8.0 [cmkg./cm]
Módulo de elasticidad	24000 [Kg./cm <sup>2</sup> ]
Coeficiente de Fricción.	Estático 0.07 a 0.15
	Dinámico 0.06 a 0.1

**Tabla 5**  
(propiedades)

La caja de la palanca de acción puede ser fabricada con *aluminio* ya que no existe movimiento en ella que ocasione fricción en alguna de sus partes, incluso otras piezas, como se menciona anteriormente pueden ser fabricadas de aluminio o plástico (apoyo de mano y funda). Utilizar estos materiales, genera disminución de costos.

El Aluminio es otro material que se considera para la fabricación del sistema, el Aluminio que se menciona para el maquinado es una aleación (Aluminio 2014), con 4.4Cu-0.8Si-0.8Mn-0.5Mg. Esta aleación cuenta con las siguientes propiedades mecánicas: Resistencia a la Tensión 4923.54[Kg/cm<sup>2</sup>] a 24 °C, Resistencia a la Compresión 8899.08[Kg/cm<sup>2</sup>], Esfuerzo de Fatiga 917.43[Kg/cm<sup>2</sup>] $\Rightarrow$ 5 $\times$ 10e+8 y Dureza 98 HRH. Propiedades que incluso son

superiores al Nylamid. En esencia, se elige Nylamid ante el Aluminio principalmente por la características de:

Autolubricación. Se requiere para evitarle al parapléjico, lubricar las partes de unión y rótula.

Resistencia al desgaste, necesarias para las uniones de las varillas y rótula. Se complementa con la autolubricación, el cual ocasiona que exista un coeficiente bajo de fricción.

Absorbe el ruido.

Absorbe le impacto. Esto se contempla en caso de colisión del vehículo, se sabe que el parapléjico solo cuenta con sus extremidades superiores para apoyarse en caso de frenarse bruscamente, por tanto es preferible que se fracture alguna(s) de la(s) varilla(s), que el brazo del parapléjico

Por otro lado, se puede hablar de la vida útil del sistema, pero el cálculo sería complicado si no se tiene el modelo de prueba.

El cálculo de la vida útil de todo dispositivo se basa principalmente en tres aspectos: la falla por carga (que se sobrepase el esfuerzo de cedencia y el material se deforme más allá del límite elástico), la falla por fatiga y el desgaste por fricción.

- Para el dispositivo que se trata en esta tesis, la fuerza necesaria para el accionamiento de un pedal de freno con asistencia es del orden de 1.5 [kgf], considerando además los desplazamientos tan pequeños que se tienen y la elección adecuada que se hizo de los brazos de palanca, el fallo por carga del dispositivo es poco probable, las barras (elementos sometidos a fuerzas

de tensión y compresión) no serán sometidas a cargas que produzcan en ellos esfuerzos cercanos al esfuerzo de cedencia, incluso si la fuerza que se necesite para accionar el pedal del freno sea 5 veces mayor.

- Por lo que respecta a la fatiga, cuando el rango de deformaciones es muy pequeño (como lo es en este caso), la falla por fatiga se presenta a un número muy elevado de ciclos de carga y descarga, cuyo número se encuentra en el orden de las siete cifras. Considerando que en un periodo normal de conducción, el número de veces que se frena por kilometro es de 5 a 10 veces, en circunstancias extremas. Si consideramos que el conductor recorra 40 Km. por día, entonces el numero de frenadas por día es alrededor de las 400 veces, son necesarios más de 7 años para inducir la falla por fatiga, promedio que representa la vida útil de diversas piezas del automóvil.
- Por último queda el aspecto del desgaste, el cual como es sabido, es ocasionado por la fuerza de fricción que se presenta en la superficie de contacto entre dos cuerpos. Para el caso que se tiene en particular, ya sea que se considere fricción seca ó fricción seca y viscosa (combinadas) su cálculo requiere del conocimiento de las teorías de fricción en superficie (“Fricción en superficies curvas” Ordóñez Reyna), las cuales se encuentran fuera del alcance de esta tesis.

Por todo lo anterior, la manera más confiable de establecer la vida útil del dispositivo propuesto, *sería* a través de una prueba de desgaste acelerado, tal y como se prueba la mayor parte de las piezas en mecánica (pistones, bielas, cojinetes, rodamientos, etc.)

## MANUFACTURA

Después de haber elegido el material a utilizar para la fabricación del sistema, corresponde ahora especificar el proceso de manufactura a utilizar. Como ya se mencionó, los procesos de manufactura que citaremos serán referidos únicamente a las dos piezas que conforman la rótula del sistema, esto se debe a la complejidad de sus formas geométricas, en específico a las esferas internas y externas respectivamente que deben presentar.

Para la manufactura tenemos dos alternativas, en cuanto al equipo que podemos utilizar, estas alternativas son las *Máquinas Convencionales* o las *Máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC)*. La decisión puede tomarse de inmediato, basta reflexionar acerca de las ventajas que ofrecen cada uno de los equipos y que observaremos a continuación.

### **Ventajas**

#### *Máquinas Convencionales*

1. Costo de Operación reducido.
2. Fácil disponibilidad del equipo.
3. Corrección instantánea de errores al maquinar la pieza.
4. Flexibilidad para sujetar diversos diámetros o superficies.

#### *Máquinas CNC*

1. Precisión elevada.
2. Maquinado automático en serie.
3. Montaje múltiple de herramientas.

4. Permite generar trayectorias curvas de la herramienta sin dispositivos especiales.
5. Interfase con sistemas CAD/CAM.
6. Supervisión mínima del operario.
7. Reducido tiempo de maquinado.

## **Desventajas**

### *Máquinas Convencionales*

1. Precisión deficiente.
2. Mayor tiempo de maquinado.
3. Repetitividad escasa (las dimensiones pueden variar en fabricación de una a pieza a otra).
4. Atención permanente del operario.
5. Requiere herramienta especial para generar trayectorias curvas de la herramienta.

### *Máquinas CNC*

1. Limitación de la capacidad diametral del “Chuck”
2. Retardo en la detección de errores (hasta terminar la pieza).
3. Elevado costo de operación.

Ahora sabemos que, por la precisión que requiere la fabricación de la rótula, el seguimiento de las formas circulares y la repetitividad de las piezas con las características dimensionales idénticas, la alternativa que debemos tomar son las Máquinas CNC (Computerized Numerical Control), con la ventaja, que la Facultad de Ingeniería cuenta con estas máquinas y como



miembros de ella, tenemos acceso a los laboratorios. Otra característica de este tipo de máquinas es, el magnífico acabado que se obtiene en la superficie de las piezas, debido a que mantienen constante la velocidad de corte<sup>\*</sup>,

Las máquinas con las que contamos en el laboratorio de Manufactura Avanzada son: para torno, EMCO TURN 242 y EMCO TURN 120, para máquina fresadora<sup>\*</sup>, VMC 300 Y VMC 100. Podemos utilizar cualquiera de estas máquinas, pero es recomendable utilizar la EMCO 242 y VMC 300 ya que cuentan con mayor volumen de trabajo, mayor tecnología en el equipo y cuenta con interfaces para CAD/CAM, esto es, para hacer más rápido las operaciones de programación directa a la máquina CNC por medio de algún tipo de software.

La forma de elaborar los programas de control numérico se efectúa de dos maneras, una es la programación paso por paso en el editor de MS-DOS y después es corrido en un simulador de control numérico, con el fin de observar el correcto funcionamiento del programa; la otra manera de programar, es por medio del software llamado SMARTCAM y MASTERCAM, el procedimiento a grosso modo es dibujar en 3D la pieza con dimensiones precisas en CADKEY, AUTOCAD o SOLIDWORK, y una vez que se dibujo la pieza, se lleva el dibujo a un software de los que se mencionan arriba para la elaboración del programa.

---

<sup>\*</sup> Velocidad de corte esta dada por  $V_c = \pi ND/60$ , donde N= número de revoluciones por minuto y D es el diámetro sobre el que se pretende tomar la velocidad.

<sup>\*</sup> Las Máquinas Fresadoras de Control Numérico Computarizado son también llamados Centros de Maquinado, por el gran volumen de trabajo y los dispositivos para contener una gran variedad de herramientas.

Ambas maneras de programar son eficaces, aunque dependiendo de los factores que se presenten en el proceso de diseño, se tomará el más adecuado, de acuerdo a las ventajas y desventajas de cada una de las formas de programar.

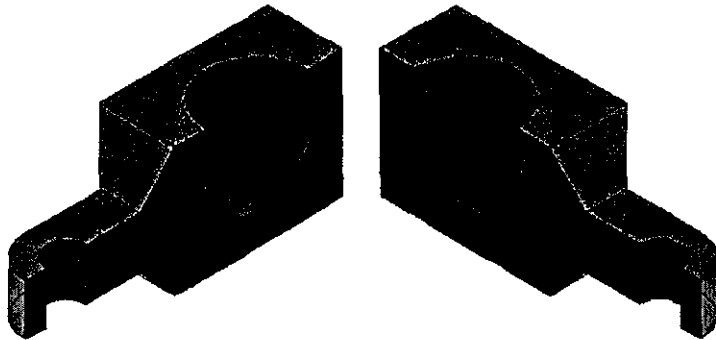
Después de poseer el programa NC, se transmite a la máquina CNC por medio de una interfase RS-232 y se hacen las correcciones y tareas correspondientes para empezar a maquinar la pieza.

Las dos piezas que se fabricaran por medio de este proceso de maquinado, utilizaran distinta máquina CNC, la rótula 1 (esfera exterior) se elaborará en torno y la rotula 2 (esfera interior) en fresadora.

La rótula 1, tiene un proceso continuo de inicio a fin del maquinado, no necesita de pausa dentro del programa para hacer cambios en la posición del material, aunque, es necesario comentar que las barras del material Nylamid traen excedentes de material en el diámetro de 1 [plg] (25.4 [mm]), que nos impediría colocar el material dentro del EMCO TURN 242, por lo tanto, se debe eliminar el excedente de material en un torno convencional.

La rótula dos, requiere de hacer interrupciones en el programa para cambiar de posición la pieza, aunado a esto, la pieza debe maquinarse en dos piezas por separado (ver el dibujo de la pieza en la página 103), donde se observa el corte de la pieza por medio de las líneas punteadas del isométrico,

el corte de la pieza se debe a obtener dos piezas parcialmente simétricas (ver figura 18), con la finalidad de proporcionar al operario una superficie de sujeción más homogénea y ocupar un solo programa para que al mismo tiempo se elaboren dos programas respectivamente, corrigiendo las trayectorias de la pieza en trayectorias opuestas (a espejo).



**Figura 18, rótula 2**  
(división de la pieza, para el maquinado)

Una observación importante es, tener un especial cuidado en las herramientas que se colocaran en el revolver de la máquina CNC, porque de esto depende que el maquinado sea de calidad y que no ocurran accidentes tanto para la máquina como para las piezas, transformándose en desechos y en consecuencia en pérdidas que nos ocasionen gastos.

La tabla 6, muestra las herramientas y portaherramientas a utilizar en el proceso de maquinado en el torno EMCO TURN 242 (rótula 1), con el

propósito de identificar cada una de ellas y en un momento dado, adquirir las piezas por medio del código al fabricante, para su compra.

<b>Tipo</b>	<b>Código del fabricante</b>	<b>Descripción</b>
Pastilla (inserto)	T-MAX U VBMT-UM 235	Pastilla de 35° para acabado, con recubrimiento de Nitruro de Titanio
Pastilla (inserto)	T-MAX P CNMG-QF 235	Pastilla de 80° para acabado, con recubrimiento de Nitruro de Titanio
Pastilla (inserto)	T-MAX Qcut 330.20-4-AA GC235	Pastilla para tronzar, con recubrimiento de Nitruro de Titanio
Pastilla (inserto)	T-MAX U SVJBR/L	Porta inserto de dirección izquierda
Pastilla (inserto)	T-MAX U SVJBR/R	Porta inserto de dirección derecha
Pastilla (inserto)	T-MAX Qcut R1L151.21	Porta inserto, para herramienta de tronzado

## **PROCEDIMIENTO PARA EL MAQUINADO DE LA ROTULA.**

Antes de empezar con el maquinado de las piezas, es necesario realizar una operación previa llamada *compensación de herramientas*, este es un procedimiento a través del cual se le da a conocer a la máquina la posición exacta del filo de corte de la herramienta, con respecto a un punto de referencia preestablecido y esta localizado en le cabezal portaherramientas.

Una vez realizada la compensación, se procede a montar la pieza y se toma el valor de cero pieza\* se modifica la línea del programa, generalmente es dentro de las primeras 10 líneas en el campo Z en el registro correspondiente del programa, para que se ejecute satisfactoriamente. Es indispensable comentar que en cada pieza que se maquine se debe de dejar una distancia considerable para evitar que la herramienta choque con el husillo, por este motivo es necesario cortar las piezas que van a ser maquinadas con una longitud adicional a la longitud total de la pieza, es decir, la longitud adicional a la que me refiero son los 20[mm] mínimos de sujeción de la pieza en el husillo mas la distancia del filo de corte al extremo opuesto del portaherramientas.

Toda vez que se actualice el registro correcto con el nuevo valor de cero pieza, se procede a ejecutar los programas correspondientes para maquinar la forma definitiva de la pieza y con esto se concluyen las operaciones del torno.

Las operaciones de fresado son similares a las del torno, comenzando con fijar la pieza en la mesa de coordenadas (en la sujeción de la pieza, es importante señalar que no es necesario colocar algún elemento adicional para sujetar firmemente la pieza, ya que la geometría de la pieza es la idónea para la sujeción) y posteriormente las compensaciones para tomar el cero pieza.

---

\* El cero pieza es un sistema de referencia fijo en la pieza con respecto al cual se miden las distancias involucradas en el programa.

La obtención del cero pieza se hace en realidad en dos puntos distintos y no de manera directa, esto debido a la dificultad de colocar el filo de una herramienta en un punto preciso de la pieza. Una vez que se toma la lectura del cero pieza, se actualiza en el programa en los campos X, Y y Z y se ejecutan los programas.

### ***Prototipo y Modelado.***

En el sistema de acelerado y frenado no se elaboró un modelo, ya que este punto queda fuera del alcance de la tesis, aunque es bien sabido que no hay nada mejor que el modelado del diseño y así determinar visualmente el funcionamiento correcto del sistema. La forma en que se determinó si el sistema de acelerado y frenado funciona, fue a través de modelos matemáticos avanzados, de los cuales se obtuvo asesoramiento de personas expertas en estos tipos de análisis, ahorrando tiempo en el proceso de diseño.

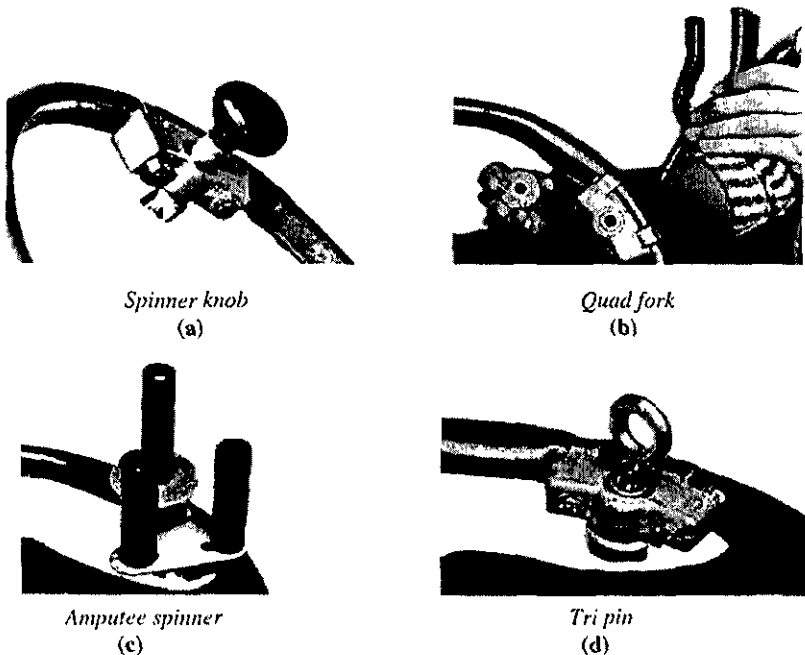
### ***Producción e Instalación***

La fabricación del sistema no se llevó a cabo, debido a la extensión del tema de la tesis, pero la presente tesis proporciona todos los elementos para la fabricación de las piezas en el momento que se desee, sin embargo, esta sección se dedicará a proporcionar accesorios complementarios para maximizar la función del sistema e instalarse en el automóvil.

## ARTICULOS DE COMPLEMENTO.

El sistema alternativo de acelerado y frenado que se ha diseñado en la presente tesis, necesita de accesorios complementarios para que el parapléjico goce de una completa independencia y mejor desempeño al maniobrar el auto.

Uno de los accesorios de los que hablo, llamados también accesorios de asistencia para manejo (ver figura 19), se refiere a un aditamento que maximiza el desempeño del sistema de acelerado y frenado. Este articulo es colocado en algún lugar de la circunferencia del volante de dirección (de acuerdo a la comodidad del conductor), con la finalidad de hacer más simple el uso del volante como sea posible.



**Figura 19**  
(accesorios de asistencia)

Existen diversos tipos de accesorios de asistencia para el volante, dependiendo de las condiciones manuales del conductor (defectos o mutilaciones en las manos), pero el artículo que se eligió para elevar el desempeño del sistema de acelerado y frenado es el nudo rotativo (spinner knob) mostrado en la figura 19 (a), este aditamento es sujetado con toda la superficie de la palma de la mano y dedos, lo que nos permite girar el volante sin tanto esfuerzo y al mismo tiempo se eliminan algunas restricciones que se tiene al girar el volante sin este artículo. Estos artículos son muy económicos, incluso algunas veces los hemos visto en algunas unidades del transporte colectivo, esto se traduce en que el artículo es un elemento de comodidad.

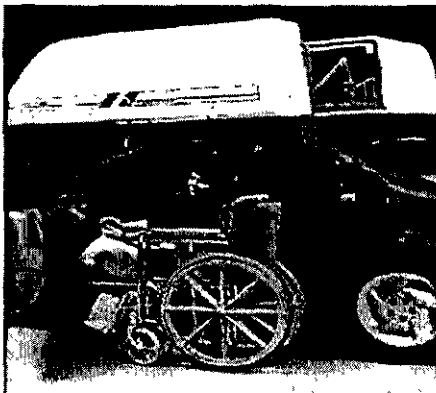
Otro de los accesorios complementarios del sistema a utilizar, se trata de la porta silla de ruedas automatizada (wheelchair Carrier), conocida comúnmente como *car toppers* (ver figura 20), la cual tiene mayor importancia que el artículo anterior, ya que este elemento proporciona al parapléjico un argumento adicional para su independencia “parcialmente total”. El accesorio se coloca en el toldo del automóvil, como su nombre en inglés lo señala: es un sombrero del auto. El car topper consiste en un compartimento para transportar la silla de ruedas, misma que al accionarse por medio de un control, provoca que se abra el compartimento y baje la silla de ruedas, a través de un mecanismo automatizado (elevador), a un costado del conductor, con el propósito de tener la silla de ruedas al alcance. De esta forma el parapléjico prescinde de personal de asistencia y obtiene independencia, eliminando uno de sus principales traumas de dependencia.



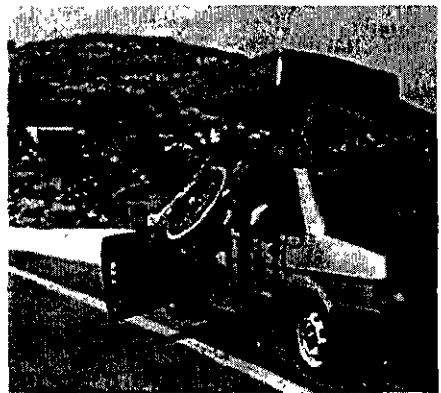
Existen distintos tipos de car toppers, especialmente, por la estética y por los distintos mecanismos que ofrecen las distintas marcas para colocar la silla de ruedas a lado del conductor (desarrollar un sistema alternativo de esto podría ser motivo de otra tesis), pero en esencia, el objetivo es el tener la silla disponible y al alcance del usuario. La forma en que funciona este mecanismo se muestra plenamente en la figura 20 (a) y en la figura 20 (b) se muestra que la porta silla de ruedas, cuenta con pasamanos en el desplegado del mecanismo, para facilitar el acceso a la silla de ruedas.



*Proceso de elevado*  
(a)



(b)



(c)

**Figura 20**  
(porta silla de ruedas)

En la figura 20 (c) se muestra otra porta silla de ruedas, fabricada en Israel, con la intención de proporcionar opciones de elección para el discapacitado, aunque la primera opción parece ser la correcta.

Existen diversos modelos de porta silla de ruedas, como lo es el modelo L700X (para el conductor) y el L700XR (para el pasajero) estos modelos son fabricados por la empresa *ADVANTAGE mobility outfitters*, y el modelo GZ-21 es fabricado por la compañía *GOTTLIEB TRANSPORTATION SYSTEMS* La conformación de la porta sillas de ruedas es: los brazos mecánicos y la base son de acero, la cubierta esta hecha de fibra de vidrio a prueba de agua, el motor es de 123 Volt DC reversible a prueba de agua y el sistema eléctrico es alimentado por la batería del auto. El peso total aproximado de la porta silla de ruedas es 228[Lbs]→103.4[Kg].

### *INSTALACION.*

La instalación del sistema alternativo de acelerado y frenado puede ser desempeñada con un mínimo de esfuerzo y modificaciones dentro del vehículo, un aspecto importante dentro de este diseño, es la presencia de modificaciones en la instalación debido a la variación de dimensiones en cada una de las marcas de automóviles existentes. Este es uno de los motivos por el cual es necesario que la instalación se lleve a cabo por personal capacitado para realizar dichas modificaciones. La instalación requiere de herramental básico, no necesita de herramienta especial.

El sistema de acelerado y frenado requiere que el vehículo este equipado con:

Transmisión Automática.

Dirección Hidráulica.

Frenos de potencia, Boster o ABS (Antilock Brake System)

### *INSTRUCCIONES DE USO.*

El sistema de acelerado y frenado requiere que el conductor (parapléjico), mantenga siempre las medidas básicas de seguridad, como es, utilizar el cinturón de seguridad y estar consciente que el sistema como los accesorios que se adaptaron al vehículo, son para transportarse libremente por las calles a baja velocidad, por lo tanto, se debe circular por las calles en los carriles de baja.

La palanca de acción es la que lleva el mando de acelerado y frenado, el acelerado se efectúa impulsando con los dedos índice y cordial (aunque se puede hacer con cualquiera de los dedos, por la ergonomía dinámica de la palanca), la protuberancia de la funda, hacia arriba, como lo muestra la figura 11 de la pagina 82.

El frenado como lo muestra la misma figura, se realiza hacia el frente del vehículo, en realidad este movimiento es sumamente estricto que sea en esa dirección, ya que el efecto inercial o fuerza resultante del conductor al

## CONCLUSIONES

Las necesidades de los discapacitados, aumentan progresivamente y las personas que se ocupan en solventar esas demandas son pocas. La tesis del sistema de acelerado y frenado en un automóvil ofrece a las personas parapléjicas una innovadora opción para desplazarse de manera autónoma por los distintos caminos y calles de la ciudad.

El diseño del sistema alternativo de acelerado y frenado, proporciona al usuario, seguridad en la maniobrabilidad del automóvil, debido a la correcta forma de controlar el acelerado y frenado del vehículo sin que se obstruya el movimiento de la dirección del automóvil a través del volante, así, como a las diversas consideraciones que se tomaron en cuenta para el accionar de este sistema, previamente señaladas en la tesis; por tanto, esto le ofrece al usuario una coordinación amigable de los instrumentos de control del vehículo.

El diseño también provoca la disminución de costos, tal vez no sean significativos, por las máquinas de mecanizado que se sugieren, pero sí se contase con ellas, como es el caso de la Facultad de Ingeniería, los costos decrecerían favorablemente. En consecuencia a lo anterior, el sistema de acelerado y frenado se caracterizaría por: *seguro, barato, confiable y flexible*; esto garantiza a su vez, la fiabilidad del sistema.

Después de haber desarrollado el sistema de acelerado y frenado, puedo determinar que el sistema resultó más complicado de lo que se esperaba al inicio del proyecto; sin embargo, dicha reflexión, no obstruye el cumplimiento de los objetivos trazados desde el inicio, ya que estos se cumplen plenamente.

La tesis también genera información abundante, útil como una herramienta para desarrollar nuevos elementos alternos y accesorios. Facilitando así, la interacción usuario-automóvil. Pero si el desarrollo de accesorios no fuese la actividad a seguir, la información la aplicaríamos para visualizar el mercado y observar las características de los productos para la adquisición de ellos.

A pesar que la tesis nos brinda ventajas significativas, también arroja un detalle incomodo que es imposible de erradicar, me refiero, a la variedad dimensional de la cabina del conductor, originando el ajuste de los elementos de posición del sistema, en cada una de las marcas de automóviles. Otro detalle importante, que contrapuso el desarrollo del proyecto, en cuanto a tiempo, fue la escasez de información relacionada con los sistemas de acelerado y frenado existentes, y solo pudo ser obtenida a través de Internet, únicamente en paginas extranjeras y por si fuera poco, tampoco existen empresas en el D.F. que se dediquen a instalar o fabricar piezas de esta índole. Esto nos muestra el escaso interés de las empresas mexicanas para con los parapléjicos.

## ANEXO

### PROGRAMA PARA EL TORNO EMCO 242

Maquina la rótula 1, (macho).

%5001

N0000 / G53 G56 T0100 (Desactiva el cero pieza del Prog. anterior)

N0010 / G00 X87.633 Z194.437

N0020 / G92 X0.000 Z180.820 (Actualizar el cero pieza en Z)

N0030 / G96 S300 M04 T0101 (Herramienta izq. para el refrentado)

N0040 / G59 M08 (Refrigerante en caso de usar aluminio)

N0050 / G00 X50.000 Z10.000

N0060 / G92 S3000

N0070 / G00 X26.50 Z02.50

N0080 / G84 X-01.000 Z-01.000 D2=500 D3=500 F100

N0090 / G53 G56 T0100

N0100 / G92 X0.000 Z179.820 (Actualizar cero pieza)

N0110 / G00 X87.63 Z194.437

N0120 / T0303 G96 S300 M04 (Herramienta de tronzado)

N0130 / G59

N0140 / G00 X26.000 Z-50.000

N0150 / G86 X18.000 Z-19.937 D3=500 D4=40 D5=3000 F40

N0160 / G00 X50.000 Z05.000  
N0170 / G53 G56 T0300  
N0180 / X87.63 Z194.437  
N0190 / T0101 G96 S300 M04 (Herramienta izquierda)  
N0200 / G59  
N0210 / G00 X26.000 Z01.000  
N0220 / G84 X24.30 Z-20.00 D0=100 D2=100 D3=500 F300  
N0230 / G00 X50.000 Z03.000  
N0240 / G00 X0.000 Z03.000 G42  
N0250 / G02 X30.000 Z-12.000 I0.000 K-15.000 F100  
N0260 / G00 X27.000 G40  
N0270 / Z0.000  
N0280 / G00 X0.000 Z1.500 G42  
N0290 / G02 X27.000 Z-12.000 I0.000 K-13.500 F100  
N0300 / G00 X27.000 G40  
N0310 / Z0.000  
N0320 / G00 X0.000 Z0.000 G42  
N0330 / G02 X24.000 Z-12.000 I0.000 K-12.000 F100  
N0340 / G00 X60.000 G40  
N0350 / G53 G56 T0100  
N0360 / G00 X87.63 Z194.437  
N0370 / T0202 G96 S300 M04 (Herramienta derecha)  
N0380 / G59  
N0390 / G00 X50.000 Z03.000  
N0400 / G00 X18.000 Z-23.000 G42

## **BIBLIOGRAFIA**

KRUSEN MICHEL

Handbook of Physical, Medicine and Rehabilitation  
New York, Columbia University Press, 1976.

MEDLINE 1998

Paraplegia/Rehabilitation  
Hospital de Especialidades de la Raza.

KENNETH S EDWARDS JR, ROBERT B. MCKEE

Fundamentals of Mechanical Components Design  
McGraw-Hill Inc.  
Edición Internacional, 1991.

ROBERT L. NORTON

Design of Machinery  
MacGraw-Hill Inc.  
Worcester Massachusetts, 1933.

ROBERT L MOTT

Machine Elements in Mechanical Design  
Prentice Hall  
USA, 1986.

JONES CHRISTOPHER

Métodos de Diseño  
Ed. Gustavo Gili. S.A.  
Barcelona, 1978.

AMADEO ANTONIO LARA OROZCO

Diseño Conceptual de un Organo Terminal Utilizando Aleaciones con Memoria de Forme como Elementos de Actuación  
México, D.F., 1998.



JORDI TORA RODAMILANS

Explotación y Usos de Internet como Herramienta para el Centro de Diseño y  
Manufactura (CDM)  
México, D.F., 1996.

WARREN J. LUZADDER

Fundamentos de Dibujo en Ingeniería  
Prentice Hall  
México, 1988.

HANDICAP MOBILITY, INC.

81 Pond Street  
Tel. 1-888-384-1220  
<http://www.blvd.com/HMI/index.html>

VANS BY PAUL SHERRY

Tel. 1-888-535-8267 USA  
<http://www.usauto.com/automobility/brochure.html>.

ADVANTAGE, MOBILITY OUTFITTERS

Digital Driving Controls  
<http://www.advmob.com>

GOTTLIEB TRANSPORTATION SYSTEM

15, Devora Ha'neviat St  
Bnei Brak 51606, Israel  
<http://www.doryanet.co.il/wheelchair/gz91.html>

ADAPTIVE MOBILITY

<http://www.adaptivemobilitvinc.com>

THE ENGINEERING DESIGN PROCESS

<http://fulton.seas.virginia.edu/~shj2n/design>

NYLAMID

Km.1.5 Carretera Amomoluco Ocoyoacac, Edo. México  
Tel. 01(728)753-10  
[Nilamid@compuserve.com.mx](mailto:Nilamid@compuserve.com.mx)