

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO



# DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE EFECTO SUPERFICIE

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO**  
P R E S E N T A N

José Manuel Bahamonde Peláez  
Jorge Ernesto Boleaga Ornelas  
Alberto Horacio Peña Tristán

DIRECTOR DE LA TESIS:  
ING. VICTOR JAVIER GONZALEZ VILLELA

MEXICO, D.F.

AGOSTO 2000

281955



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE

---

ÍNDICE	PAGINA
• <b>Introducción</b>	<b>1</b>
Antecedente	
Objetivo	
Alcance	
Descripción de los temas	
• <b>Capítulo 1. Los hovercrafts</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes históricos	<b>3</b>
1.2. Principios de operación	<b>5</b>
1.3. Ventajas y desventajas	<b>6</b>
• <b>Capítulo 2. Componentes de un vehículo de efecto superficie</b>	
2.1 Sistema de elevación y propulsión	<b>10</b>
2.1.1. Faldón	<b>10</b>
2.1.2. Motor y hélice	<b>16</b>
2.1.2.1 Hélices	<b>18</b>
2.2 Sistema de dirección	<b>23</b>
2.2.1. Hélice de propulsión	<b>24</b>
2.2.2. Paleta de reversa	<b>24</b>
2.2.3. Transmisión	<b>24</b>
2.2.4. Puertas de escape	<b>25</b>

• <b>Capítulo 3. Especificación de un vehículo recreativo de efecto superficie capaz de transportar a una persona de pie.</b>	
3.1. Sondeo de las características de un vehículo de efecto superficie.	26
3.2. Especificaciones generales del vehículo de efecto superficie.	26
3.3. Análisis de las funciones y configuración.	28
3.3.1. Carta morfológica	32
3.3.2. Tabla de función Vs. Especificación	33
3.3.3. Diagrama de árbol	33
3.3.4. Matriz de decisión.	33
3.3.5. Selección de configuración	34
• <b>Capítulo 4. Diseño de un vehículo recreativo de efecto superficie.</b>	
4.1. Cálculos	35
4.2. Planos	43
• <b>Capítulo 5. Fabricación, Ensamble del prototipo, Costos y Pruebas.</b>	
5.1 Fabricación del Prototipo	44
5.2 Ensamble	45
5.3 Costos	46
5.4 Pruebas	49
• <b>Conclusiones.</b>	52

• Apéndices.	53
<b>Apéndice A-1</b> .- Sondeo de las características de un vehículo de efecto superficie.	54
<b>Apéndice A-2</b> .- Resultado del sondeo de las características de un vehículo de efecto superficie.	58
<b>Apéndice A-3</b> .- Carta morfológica.	68
<b>Apéndice A-4</b> .- Tabla Función Vs. Especificación.	70
<b>Apéndice A-5</b> .- Diagrama de Arbol.	72
<b>Apéndice A-6</b> .- Matriz de Decisión.	76
<b>Apéndice A-7</b> .- Selección de Configuración.	78
<b>Apéndice A-8</b> .- Planos.	82
<b>Apéndice A-9</b> .- Tabla Proceso de Fabricación del Prototipo.	93
• Bibliografía.	97

## INTRODUCCIÓN.

---

El presente trabajo tiene como antecedente una tesis de licenciatura realizada en el año de 1983, bajo la dirección del Dr. Mihir Sen Mazundar, cuyo título es "**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VEHICULOS**". Para el desarrollo de la tesis *Diseño y Construcción de un vehículo de efecto superficie*, se tomaron en cuenta algunos puntos desarrollados en el mencionado trabajo previo. Sin embargo, los enfoques y alcances de ambas tesis, difieren entre sí.

### ***Objetivo***

Desarrollar los pasos para el diseño y construcción de un vehículo de efecto superficie, capaz de transportar a un pasajero de hasta 70 kg.

### ***Alcance***

El diseño de un producto es sólo una etapa del proceso del desarrollo de un producto. Esta tesis se enfoca a la descripción de la etapa de diseño, de un hovercraft y se discutirán las perspectivas de la ampliación futura del trabajo para desarrollar un producto a partir de este proyecto.

### ***Descripción de los temas***

En el **capítulo 1**, se habla de los antecedentes históricos de los vehículos de efecto superficie (VES), exponiendo sus principios básicos de operación, así como las ventajas y desventajas que tienen estos comparados contra otro tipo de vehículos.

En el **capítulo 2**, se profundiza en las principales partes que componen a un vehículo de efecto superficie, tales como los sistemas de elevación, propulsión y dirección. Para cada uno de estos sistemas, se presentan las diferentes opciones que tradicionalmente han sido usadas para dichos fines.

Dentro del **capítulo 3**, se puede encontrar un sondeo que se llevó a cabo para conocer algunas ideas de lo que actualmente conocen y piensan las personas de los vehículos de efecto superficie. Así mismo, se definen las especificaciones generales para un VES de uso recreativo para una persona. A continuación, se analizan las funciones de diseño que se deben cumplir, y finalmente, se presenta la metodología desarrollada para obtener la configuración de un vehículo de efecto superficie de uso recreativo.

El **capítulo 4**, contiene los cálculos y diagramas llevados a cabo para dimensionar de manera precisa el VES de uso recreativo, así como los planos del vehículo de efecto superficie propuesto, incluyendo los materiales y componentes que deben ser usados.

Los detalles de fabricación y ensamble del vehículo propuesto se encontrarán dentro del **capítulo 5**, en donde se describe el proceso llevado a cabo para la construcción del modelo del VES propuesto. Además de lo anterior, se presentan las pruebas iniciales realizadas al modelo.

## CAPÍTULO 1. LOS HOVERCRAFTS

---

### ***1.1. Antecedentes Históricos***

El agilizar el transporte fue una de las razones por las que el hombre desarrolló máquinas como automóviles, barcos y aviones. Cada uno de éstos tiene una manera peculiar de desplazarse que los limita:

- El automóvil necesita de caminos pavimentados o planos y bien delimitados, no puede moverse en otros medios, como el agua y el aire;
- El barco puede desplazarse en el agua, pero no puede introducirse a tierra, ni volar;
- Los aviones, aunque si pueden aterrizar, y en algunos casos acuatizar, no tienen la versatilidad de hacerlo en cualquier lugar, además de que este tipo de movimientos están restringidos al principio o al final de una operación de vuelo. Es así como surge la necesidad de máquinas que tengan la capacidad de moverse en cualquiera de estos medios.

En la tecnología contemporánea destaca un medio de transporte relativamente nuevo llamado vehículo de efecto superficie o aerodeslizador, que fue desarrollado por primera vez por Sir Christopher Cockerel (1910 - 1999). Originalmente, Sir Christopher era ingeniero electrónico, pero cambió de actividad al entrar a formar parte del equipo de ingenieros que, a principios de 1950, se reunió para estudiar la posibilidad de construir vehículos capaces de transportarse sobre un colchón de aire.[1], [II]



Sir John Isaac Thornycroft (1843-1928), ingeniero y constructor de barcos, fue quien expuso los principios teóricos de este tipo de vehículos, y en 1877 obtuvo una patente para un barco de fondo hueco en el que era necesario bombear aire para que funcionara adecuadamente. Éste no se construyó, y hasta casi un siglo después, se resolvieron los problemas de cómo contener el aire para lograr el efecto de colchón, mantener la presión y hacer mover el aparato. [2]

Años después de haberse conseguido la patente citada, el ingeniero Cockerel se dispuso a diseñar una nave que entre su casco y la superficie del agua redujera la fricción por medio de capas de aire. Para esto, inició sus experimentos de manera independiente y después presentó sus diseños al gobierno británico a fin de obtener ayuda económica, la cual no le fue concedida inmediatamente.

En 1956, el gobierno declaró sus planes un "secreto oficial" y en 1958 le concedió finalmente un apoyo económico. El resultado de sus experimentos fue el vehículo de efecto superficie, un vehículo anfibia que, en junio de 1959, tras un gran despliegue publicitario, fue dado a conocer públicamente. En esta ocasión, el "SR N.1" se deslizó sobre el agua a una velocidad de 70 km/h. [1]

El primer vehículo de efecto superficie utilizado comercialmente como transporte, el VA3, entró en servicio en julio de 1962, y actualmente existe una línea de éstos que opera regularmente entre Inglaterra (Dover) y Francia (Calais), a través del canal de la Mancha. El aerodeslizador más grande es el "Princess Anne" que pesa 30 toneladas y es capaz de transportar 416 pasajeros. [1]

---

## **1.2. Principios de operación.**

El hovercraft o aerodeslizador, pertenece a la categoría de lo que puede ser descrito como vehículo de colchón de aire (VCA), o vehículo de efecto superficie (SEV). [2]

En principio, un vehículo de efecto superficie se compone por un cuerpo o casco en el que se monta un rotor (ventilador de elevación), con el objeto de que produzca un colchón de aire en el que soporte la nave; de ahí que no haya contacto entre la nave y el suelo, y la fricción se reduzca significativamente, obteniéndose facilidad de desplazamiento y un gasto significativamente menor de combustible.

Este vehículo puede transportarse en tierra y en agua, por lo que es anfibia, pero generalmente tiene mayor rendimiento en agua que en tierra, sin embargo, esto no significa que su uso esté restringido, pues un vehículo de efecto superficie también puede desplazarse sobre hielo, nieve, lodo, pantanos, pasto, desiertos, etc., lo que lo hace un medio de transporte extremadamente útil en los de difícil acceso. [1]

El flujo de aire producido por la hélice cerca de la superficie del piso, requiere un patrón de distribución anular, ya que todo el flujo y la turbulencia se concentran en las orillas, mientras que en el centro se forma un colchón de aire que permanece casi en reposo. En la orilla de éste se desarrolla un chorro anular de aire, que forma una cortina para aislar el colchón del aire atmosférico de los alrededores, que se encuentran a baja presión. [11]

De manera general, la propulsión del aire en el vehículo de efecto superficie se realiza por medio de hélices o inyectores. El vehículo de Cockerel, contaba con dos motores, uno de propulsión delantera y uno de elevación, sin embargo, esto puede cambiar dependiendo del diseño del vehículo. El desplazamiento se realiza por medio de hélices de avión lo cual también puede variar.

Debajo del vehículo hay una pared o faldón, que roza el suelo y evita que el aire se escape por los lados. Con ello, los chorros de aire son dirigidos verticalmente hacia el suelo. Ésto lo capacita para evitar obstáculos. Además, está provisto de aletas para girar, para frenar y finalmente el motor de elevación se detiene para que el vehículo aterrice en el suelo y la fricción haga el resto. [III]

El faldón es una de las partes más importantes del vehículo de efecto superficie, pues permite contener el aire y que el vehículo sea capaz de librar obstáculos. Generalmente, mientras más alto sea el faldón, más altos podrán ser los obstáculos que se libren, pero si el faldón es demasiado alto, la nave puede volverse inestable.

---

### **1.3. Ventajas y desventajas**

Como ya se mencionó el vehículo de efecto superficie puede ser utilizado en diferentes terrenos, lo cual es una ventaja con relación a otro tipo de vehículos. Por ejemplo, al compararlo con el automóvil, se observa que los vehículos de efecto superficie no tiene necesidad de un camino definido, en cambio los automóviles no sólo requieren tener un camino definido, sino con características especiales, como el uso de pavimento. Por otra lado, un vehículo de efecto superficie, al mantenerse a cierta altura del piso, no requiere de llantas, lo cual representa un ahorro no sólo en el costo de producción, sino en el de mantenimiento del aparato ya que aún cuando existe desgaste en el faldón, debido al uso en condiciones normales, es menor que el de un vehículo convencional. En cuanto a las velocidades de desplazamiento, el vehículo de efecto superficie no alcanza velocidades tan altas como los automóviles, sin embargo pueden alcanzar velocidades de 80 km/h, una velocidad adecuada para aplicaciones de transporte utilitario y de personal. [I], [IV]

El vehículo de efecto superficie no compite con los automóviles, pues aún tiene desventajas como la respuesta en maniobrabilidad y frenado. En cambio ha sido usado como sustituto de embarcaciones, principalmente de carga, ya que en el medio acuático tiene más ventajas que inconvenientes; puesto que no requiere de un muelle como las embarcaciones, y alcanza mayores velocidades que los transportes marítimos. Algunos modelos superan los 100 nudos (equivalentes a 185 km./h).

También existen los vehículos deportivos, que se usan con fines recreativos y de competencia, como los Scat (HP y II), del Dynasurf, del Racer, del Booster, del Hunter y del Wildcat, que tienen velocidades de alrededor de 35 nudos (65 km./h). Los primeros son "lujosos", pueden transportar hasta 4 personas.

Los vehículos de efecto superficie han sido de gran importancia en el área militar, para las operaciones de asalto, el transporte de soldados en el mar, además, pueden acercarse a la playa sin necesidad de ser desembarcados, pasar por un lago, y en las zonas de difícil acceso, como pantanos o regiones con hielo y nieve. Por otra parte, se han utilizado generalmente como vehículos de rescate en zonas de difícil acceso, como son los pantanos o regiones con nieve y hielo.

A continuación, en la tabla 1.3.1, se enlistan algunos modelos con especificaciones de tamaño y uso.

MODELO	USO	COMENTARIOS
Hoverjet G.T [V]	Recreativo	Carga 400 lb., 50 HP 2 personas, \$6,000 USD
Hoverstar [VI]	Recreativo / crucero	Carga 600 lb., 46 HP 3 personas, \$3,500 USD
Hoverstar L.C. [VII]	Familiar	Carga 600 lb, 60 HP 2 adultos, 2 niños
Hoverstar Sportsman [VIII]	Caza, pesca	Carga 600 lb. 2 personas + motor
Hoverguard 600 [IX]	Rescate	600 lb. 3 personas
Hoverguard 700 [IX]	Rescate	700 lb
Hoverguard 800 [IX]	Rescate	850 lb 5 personas
Hoverguard 1000 [X]	Rescate	1200 lb 7 personas
Hovertour 700 [X]	Utilitario	700 lb
Hovertour 1000 [X]	Utilitario	1200 lb 7 personas
SES – 100 A [X]	Militar	100 ton 80 nudos
Jeff – A [X]	Militar	150 ton 50 nudos
Booster [X]	Recreativo / deportivo	US\$ 21,000 1 persona 54 H.P.
Wildcat [X]	Familiar / recreativo	4 personas 150 HP US\$ 200,000
Scat II [X]	Deportivo	US\$ 5000 35 HP
Scat HP [X]	Deportivo	US\$ 7500 52 HP
Neoteric Racer [X]	Deportivo	US\$ 10000 50 HP
Nimac Dynasurf [X]	Deportivo	US\$ 10000 81 HP

**Tabla 1.3.1 Modelos comerciales y características diversas.**

Como se puede ver de la tabla 1.3.1, el tamaño, a nivel de producción comercial, uso, precio, velocidad o carga de los vehículos de efecto superficie son muy diversos, por lo que no se puede establecer un patrón común entre todos ellos, excepto el de su principio de operación.

A través de los años, se ha comprobado que estos vehículos son muy seguros, pues desde su creación (años 50's) a la fecha sólo se han reportado tres incidentes importantes. Uno de ellos se presentó en un vehículo deportivo, cuando una ráfaga de aire volcó el aparato e hizo que el piloto cayera al agua sin sufrir daño alguno. Otro se presentó en un vehículo de carga cuando el aire lo arrastró hasta los riscos de la costa de Inglaterra, ocasionándose daños en algunas secciones del faldón, sin embargo, el casco se mantuvo intacto y la tripulación y la carga a salvo. Esta situación no habría sido tan sencilla si se hubiera presentado en un barco de carga convencional. [XII]

Por lo expuesto anteriormente se infiere que los vehículos de efecto superficie tienen posibilidad de ser un medio de transporte seguro y eficaz en determinadas situaciones.

## CAPÍTULO 2. COMPONENTES DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE

---

En el presente capítulo, se exponen los principales sistemas con los que se logra el funcionamiento de un vehículo de efecto superficie.

Éstos sistemas son:

- Elevación y propulsión, en el que se incluye el faldón, el motor y la hélice
- El sistema de dirección, que incluye, la hélice de propulsión, la paleta de reversa, la transmisión así como las puertas de escape.

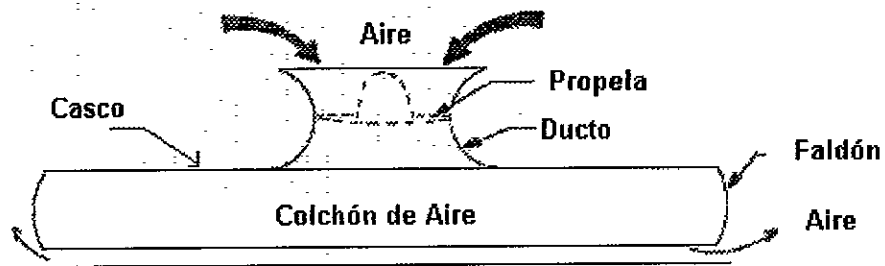
### ***2.1 Sistema de elevación y propulsión.***

El sistema de elevación está compuesto de un faldón, un motor y una hélice; los cuales, se describirán a detalle.

#### ***2.1.1 FALDÓN***

El sistema de elevación está compuesto por una cámara de aire y por una máquina para suministrar flujo de aire. La cámara que contiene el aire presurizado se conoce como cámara plena. La parte superior de la cámara plena está formada por la parte inferior del casco y los costados por un faldón flexible, el cual permite que la nave libere pequeños obstáculos tan solo doblándose conforme pasa el vehículo.

La figura 2.1.1.1, muestra una configuración básica de un vehículo de efecto superficie que utiliza un faldón recto.



**Figura 2.1.1.1 Configuración básica de un vehículo de efecto superficie con faldón recto. [3]**

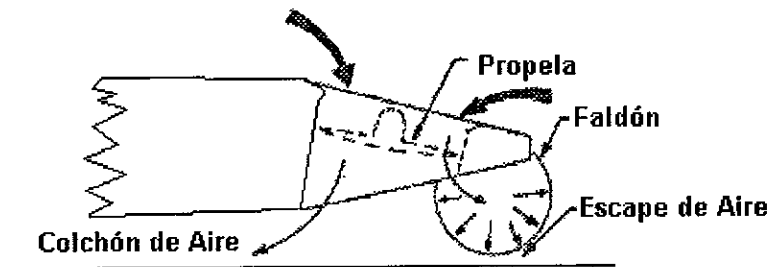
El faldón recto funciona mejor con un casco de plataforma redonda (casco). No funciona bien con una plataforma triangular o rectangular.

Para lograr la condición de soporte del colchón, se bombea aire con una hélice hasta que el colchón que eleva el vehículo está en estado estable, es decir, que la cantidad de aire que entra es la necesaria para reemplazar a la que escapa por el espacio inferior.



La plataforma puede tener formas diferentes de la circular, como el faldón tipo bolsa. Ésta se asemeja a un tubo interior a lo largo del perímetro del casco. Este diseño de "tubo" está abierto donde pasa el ducto de elevación, de tal manera que parte del aire de elevación circula a través del faldón para inflarlo. Así, una vez inflada, tiene la suficiente rigidez para seguir la forma irregular del casco, y la flexibilidad necesaria que le permite doblarse para librar obstáculos. [3]

La figura 2.1.1.3, muestra una configuración típica de una faldón tipo bolsa.



**Figura 2.1.1.3 Configuración típica de un faldón tipo bolsa.**

Hay dos métodos para inflar el faldón de bolsa; el primero es la alimentación en serie, y el segundo es la alimentación en paralelo. Para la alimentación en serie, se requiere que el aire circule por la hélice de elevación, a través del faldón, y luego al colchón. Para la alimentación en paralelo, se requiere que cierta cantidad del aire enviado por la hélice de elevación se divida (aproximadamente el 10%) y se envíe al faldón, y el resto al colchón.

Como se mencionó, hay diferentes tipos de faldones, pero las configuraciones más comunes son las de tipo cortina de chorro formando ángulo, las de chorros concéntricos, las de cámara plena, las de paredes laterales, las de sello de laberinto, las de tipo bolsa, las segmentadas y las de tipo "jupe", de los cuales los tres últimos son los más utilizados. [XIII]

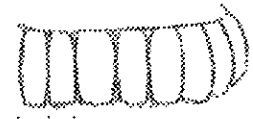
En la figura 2.1.1.4, se muestra un esquema de los tres principales tipos de faldones flexibles que son: el segmentado, el de tipo bolsa y el de tipo "jupe".



Faldón tipo bolsa



Faldón tipo "jupe"



Faldón tipo segmentado

**Figura 2.1.1.4, Esquema de los tres principales tipos de faldones flexibles.**

El faldón segmentado, también es llamado faldón de dedos, porque consta de diversos segmentos de nylon, que cuando se inflan, se presionan entre sí y tienen una forma que se parece a los dedos de un puño cerrado. A pesar de que su fabricación resulta ser mucho más complicada que otros faldones, el faldón de segmentos ofrece menor resistencia a los obstáculos y mayor facilidad de reparación en caso de daños, pues sólo se necesita reemplazar los segmentos dañados (uno o dos), en vez de reparar el faldón completo. [XIII]

Cabe aclarar que los vehículos de efecto superficie con este tipo de faldón, son menos estables que aquellos que tienen un faldón de bolsa, aunque esto no significa que sea definitivamente una desventaja.

El faldón tipo "jupe" (también conocido como faldón de celdas), consiste en diversas celdas que parecen conos truncados, con sus bases sujetas a la parte inferior del casco. Cuando se inflan, estos conos soportan el peso del vehículo de efecto superficie, pues son un colchón estable. Una nave con este tipo de faldón, generalmente utiliza un mínimo de 2 o 3 celdas rodeadas por una más grande que forma el perímetro del vehículo de efecto superficie. [XIII]

A pesar de que este tipo de vehículos de efecto superficie son muy estables, sólo son recomendables cuando el aparato se va a utilizar en superficies duras, pues existiría dificultad para inflar las celdas en terrenos irregulares como pasto alto o grava con muchos poros.

La altura de un faldón flexible, independientemente del diseño del casco, debe tener aproximadamente un 10% del diámetro del casco, y mientras más alta sea el faldón, más altos pueden ser los obstáculos que se libren, pero existe un inconveniente, y es que los diseños que usan los faldones más altos que el 15% del diámetro del casco, tienden a ser inestables. [3]

A continuación se muestra tabla No. 2.1.1.2, la cual compara los principales tipos de faldones flexibles para el vehículo de efecto superficie.

<b>Parámetro</b>	<b>Bolsa</b>	<b>Segmentada</b>	<b>Tipo "Jupe"</b>
<b>Costo</b>	Bajo	Alto	Bajo
<b>Dificultad de fabricación</b>	Baja	Alta	Media
<b>Arrastre en agua calmada</b>	Igual	Igual	Igual
<b>Arrastre en agua agitada</b>	Alto	Bajo	Muy alto
<b>Arrastre en lodo</b>	Alto	Bajo	Bajo
<b>Arrastre en pasto</b>	Alto	Bajo	Medio Alto
<b>Arrastre en hielo</b>	Igual	Igual	Igual
<b>Arrastre en nieve lisa</b>	Medio	Bajo	Bajo
<b>Arrastre en nieve rugosa</b>	Alto	Bajo	Medio
<b>Facilidad de reparación</b>	Baja	Alta	Baja
<b>Vida</b>	Buena	Moderada	Buena
<b>Durabilidad</b>	Buena	Pobre	Moderada
<b>Estabilidad</b>	Buena	Pobre	Excelente
<b>Habilidad de virar</b>	Poca	Excelente	Ninguna
<b>Polvo y spray</b>	Pobre	Bueno	Pobre
<b>Disponibilidad de colores</b>	Limitada	Ilimitada	Limitada
<b>Facilidad de ensamble</b>	Moderada	Fácil	Moderada difícil
<b>Peso del faldón</b>	Bajo	Moderado	Bajo
<b>Alta velocidad</b>	Buena	Moderado	Moderado
<b>Apariencia</b>	Moderada	Buena	Moderada
<b>Rebote</b>	Pobre	Bueno	Bueno
<b>Desempeño cuando está dañada</b>	Moderado	Bueno	Pobre
<b>Potencial de desarrollo</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Capacidad para librar obstáculos</b>	Pobre	Buena	Pobre
<b>Complejidad</b>	Baja	Alta	Moderada

**Tabla No. 2.1.1.2 Características de los principales tipos de faldones. [XIII]**

En algunos modelos de vehículos de efecto superficie, se han combinado configuraciones de los faldones. Con base en los diseños y aplicaciones reportados en la literatura, éstas han dado resultados buenos. [4]

### **2.1.2 Motor y Hélice**

Un vehículo de efecto superficie puede usar, cualquier tipo de motor, aunque es motivo de preocupación el peso del mismo.

Una relación alta de peso - potencia es mala para una nave soportada por un colchón de aire, ya que el colchón de aire puede soportar una gran carga, pero ésta, además, debe ser movida, acelerada desde el reposo y detenida. [XIII]

Además, el arrastre aerodinámico, se incrementa conforme aumenta el peso, de ahí que se intente mantener el motor ligero y potente. Los motores de combustión interna se usan comúnmente en estas aplicaciones, el motor con la mejor relación de peso - potencia es el motor de 2 ciclos, que se usa principalmente en vehículos de efecto superficie de competición. [3], [XIII]

La mayoría de los vehículos de efecto superficie utilizan un motor más pesado, pero más silencioso, como el motor de 4 tiempos. A pesar de que éstos proporcionan menos potencia que los de 2, similares en tamaño, son mucho más silenciosos, y no requieren combinación especial de aceite - combustible, y en ocasiones no necesitan una caja de reducción. [3], [XIII]

Para los vehículos de efecto superficie más grandes, como los militares o los comerciales, se utilizan turbinas de jet o motores diesel, las cuales proporcionan cientos de caballos de fuerza. [2]

La capacidad de levantamiento de un vehículo de efecto superficie puede variar desde 20 libras por caballo de fuerza, hasta más de 200 libras por caballo de fuerza, dependiendo del diseño del vehículo. En general, un vehículo que tiene alrededor de un caballo de fuerza disponible para el sistema de elevación por cada 100 libras de peso, tendrá suficiente potencia para levantar el vehículo siempre que el sistema de elevación sea lo suficientemente eficiente y la carga de plataforma no sea muy alta. [3]

La carga de plataforma simplemente se refiere al peso cargado por cada pie cuadrado de la plataforma. Por ejemplo, una plataforma medida de 6 por 12 pies de largo, tendría 72 pies cuadrados. Si el peso total de la carga y de la nave fuera de 720 libras, la carga de plataforma sería de 10 libras por pie cuadrado ( $720/72$ ). Ésto representará la presión mínima de aire dentro de la cámara, ya que la presión debe igualar a la carga de plataforma para levantar la nave. [3]

Los vehículos de efecto superficie de tamaño pequeño tienden a funcionar mejor si la carga de plataforma se mantiene baja, alrededor de 8 libras por pie cuadrado o menos. En cambio los modelos más grandes, de 2 o 4 plazas, operan bien con cargas de plataforma de hasta 15 libras por pie cuadrado. Mientras más bajo se mantenga el valor de la carga de plataforma y, en consecuencia, la presión en la cámara, se tendrá un vehículo de efecto superficie más maniobrable. [3]

### **2.1.2.1 HÉLICES**

Un vehículo de efecto superficie puede usar varias hélices. Los vehículos de efecto superficie militares y comerciales más grandes, como el Bell Aerospace AALC Jeff B, fueron diseñados con seis hélices de elevación y dos de empuje. En el campo de la recreación, la mayoría funcionan con dos diseños básicos: la hélice aislada y la hélice doble. [XIII]

El diseño de hélice aislado utiliza parte del chorro de aire para empuje, y el resto para mantener el colchón de aire generalmente en un (33%).

En el diseño de hélice doble, uno o dos motores son usados para impulsar dos hélices separadas. Uno de las hélices se usa en la generación de aire para mantener el colchón de aire, y el otra en la generación de aire para el empuje de la nave. Típicamente, esta configuración utiliza dos motores separados, pero ocasionalmente, hay diseños en los que un solo motor impulsa los dos hélices. [3]

Cuando un vehículo de efecto superficie se encuentra flotando a una pequeña altura del piso, se necesita muy poca fuerza para moverlo. Así, con un pequeño impulso de cualquier índole, la nave continuará su aceleración hasta que el arrastre iguale al empuje. Con el control de la dirección de impulso, se tendría el de la dirección en la que se moverá la nave. Todos los sistemas de propulsión y control para vehículo de efecto superficie involucran varios métodos para proveer y direccionar el empuje.

En caso de que la nave sea pequeña y haya suficiente potencia para el sistema de elevación, un vehículo de efecto superficie puede ser impulsado por el sistema de elevación.

En el caso de un VES unipersonal, para cambiar la dirección a la cual se desea trasladarse, el operador sólo necesita inclinar su cuerpo, para inclinar la nave, reducir la altura entre el piso y el lado de inclinación. El aire que escapa del lado opuesto, produce un pequeño impulso en la dirección contraria, lo cual empuja la nave hacia el lado de la inclinación. La nave puede virar de la misma manera, inclinándose en la dirección en que se desee virar. Con un poco de práctica, se puede manejar adecuadamente un vehículo de efecto superficie de esta forma. [3]

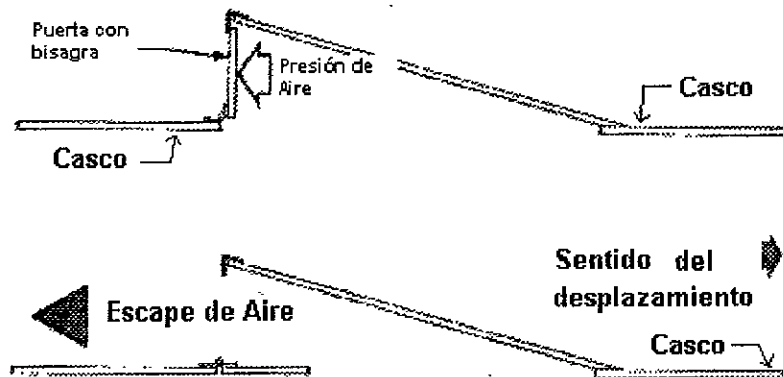
La efectividad de estos sistemas depende de la altura relativa a la que estén del piso, mientras más altura tenga, más efectivo será el sistema mientras no sobrepase la altura de formación del colchón de aire, en cuyo caso se hace inestable.

La altura del colchón es directamente proporcional a la potencia suministrada al sistema de elevación. [3]

Un método más efectivo de usar el sistema de elevación para dar impulso, es usar compuertas de empuje, es decir aberturas en la parte posterior de la cámara plena. Estas se bloquean con pequeñas puertecillas que pueden ser abiertas por el operador, y permiten que el aire escape hacia atrás y produzca empuje a la nave. Usando dos compuertas, una en cada lado, la nave puede virarse, abriendo una y dejando la otra cerrada. [3]

Las figuras 2.1.2.1.1, muestran una configuración típica de compuertas.





**Figura 2.1.2.1.1 Configuración típica de compuertas. [3]**

La ventaja del sistema de compuertas es que dirige el aire en la dirección deseada, en vez de dejar que parte de él escape por los lados, como en el método en el que se inclina la nave para provocarle empuje. A pesar de lo anterior el sistema es limitado por la cantidad de aire que puede permitirse que escape de la cámara plena, sin destruir la capacidad de levantamiento del vehículo de efecto superficie. Si las compuertas son muy grandes, el vehículo se posará en tierra cuando las compuertas se abran.

Ésto se asegurará si se limita el tamaño de las aberturas (combinado) a la mitad del área que se forma por la altura a la que se eleva el vehículo de efecto superficie (altura x perímetro). [XV]

Por ejemplo, si la altura fuera una pulgada, y la circunferencia fuera de 30 pies (360 in), el área producida sería de 2.5 pies cuadrados, y la mitad de 1.25 pies cuadrados la cual sería el área disponible para las compuertas. Si la presión en el interior de la cámara plena fuera de 10 libras por pie cuadrado, el empuje sería de 12.5 libras. [3]

Otro método para propulsión y control del vehículo de efecto superficie (también el más caro y complicado) emplea motores y hélices independientes para proveer el empuje. Éste sistema usualmente incluye timones localizados en la parte trasera del propulsor, de modo que el vehículo puede ser controlado. La ventaja es que cada sistema (sustentación y propulsión) puede ser diseñado para realizar el trabajo de la mejor manera posible, sin que interfiera un sistema con el otro. El empuje producido es entre 5 y 8 libras por HP. [XIV]

La figura 2.1.2.1.2, muestra los sistemas mencionados.

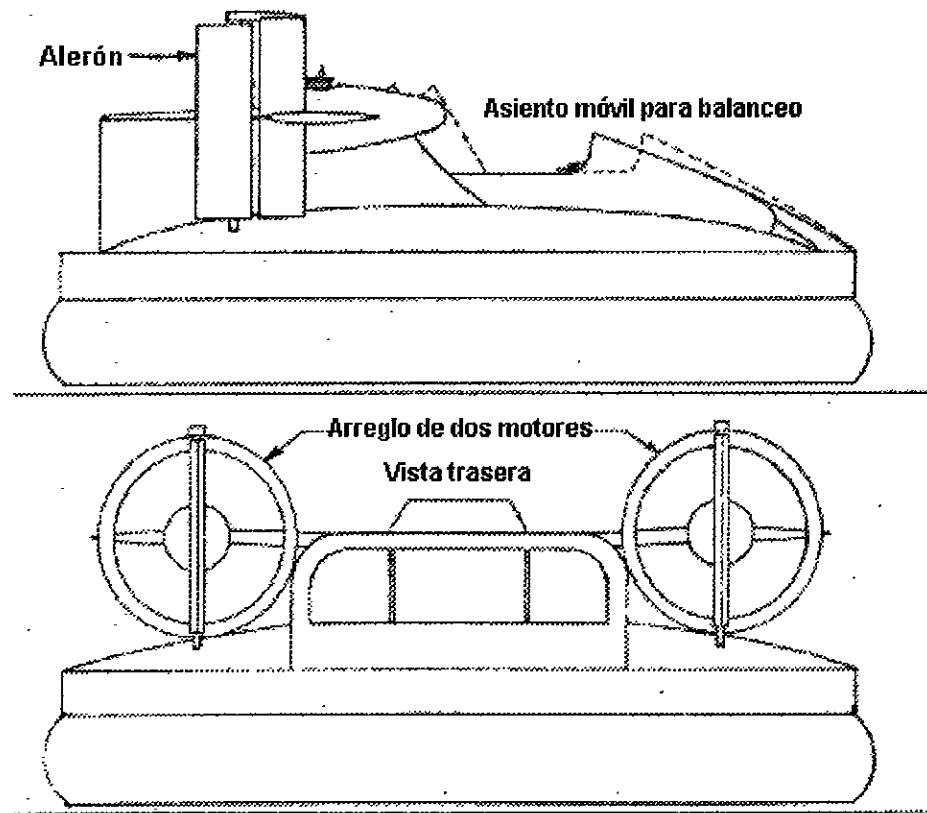


Figura 2.1.2.1.2, Vista lateral y trasera de los sistemas diversos en un vehículo de efecto superficie. [3]

Existen diferentes tipos de hélices que pueden ser usados, los principales son los axiales y los centrífugos. [XIV]

Las hélices axiales son aquellos que empujan el aire paralelo a su eje, de este tipo de hélices los hay propulsores y de ducto.

Los de ducto utilizan comúnmente varias aspas que son anchas en la punta y más delgadas en la base. Las aspas pueden ser 3 o más. Estas hélices necesitan estar contenidos en un ducto para desempeñarse adecuadamente. [3]

Algunas ventajas de las hélices de ducto incluyen:

- La capacidad de montar mecanismos de reversa como las que dirigen el aire al frente cuando se colocan en la columna de aire generada por la hélice.
- Diámetro más pequeño que los propulsores, lo cual permite colocar varias hélices juntas para controlar mejor la nave
- Se encuentran disponibles para su compra en diferentes compañías y pueden ser usados tanto para elevación como para empuje.

Los propulsores generalmente utilizan entre 2 y 5 aspas más largas que las usadas en las hélices de ductos. Los propulsores son más eficientes y seguros cuando se colocan en un ducto aunque también funcionan bien al aire libre. Los propulsores deben ser reemplazados si se dañan en cambio, en una hélices de ducto se puede reemplazar un aspa. Los propulsores son generalmente más ruidosos que las hélices de ducto, y también pueden ser usados tanto para elevación como para dar movimiento. [XVI]

Las hélices centrífugas son aquellas que empujan el aire perpendicular a su eje. Esto es, que extraen aire y lo expulsan hacia los lados conduciéndolo a través de un ducto. Este tipo de hélices generalmente tiene un uso limitado como hélices de elevación debido a su orientación y forma. Sin embargo, se han construido vehículos de efecto superficie que utilizan exclusivamente hélices centrífugas.

## **2.2 Sistema de Dirección**

Ya se ha explicado la manera de hacer virar un vehículo de efecto superficie con las paletas localizadas a manera de timón a la salida de los propulsores, o bien con la colocación de compuertas en el perímetro inferior de la cámara de aire con el control de la apertura o cierre de las mismas.

Es preciso señalar que ambos métodos presentan inconvenientes de control. El hecho de que el vehículo se encuentre funcionando sin tener contacto alguno con la superficie, implica necesariamente ausencia de fricción y, por tanto, las vueltas y giros que se realicen no serán inmediatos, es decir, el sistema de giros no es comparable al de un vehículo que sí está en contacto con la superficie como es el caso del automóvil.

### **Frenado del Vehículo de Efecto Superficie.**

En cuanto al frenado, tampoco se tiene un control completo por el hecho de no tener fricción. Existen diferentes opciones para permitir que el vehículo de efecto superficie disminuya su velocidad o incluso se detenga, a continuación se mencionan algunas de ellas. [XVII]

### ***2.2.1 Hélice de propulsión de paso reversible.***

Una hélice con paso reversible permite al operador invertir físicamente el paso de las aspas de la hélice, logrando así que se invierta la dirección del flujo de aire y se disminuya la velocidad del vehículo de efecto superficie o inclusive se cambie su dirección de desplazamiento hacia atrás. Esto es mecánicamente complejo y no aplica para vehículos cuyo diseño no tiene hélices de propulsión, ya que el revertir el flujo de aire podría principalmente crear un vacío el colchón de aire y provocar que el vehículo caiga al suelo. [XIII]

### ***2.2.2 Paleta de reversa.***

Una paleta de reversa se coloca, directamente detrás de la hélice de empuje o propulsión, para remitir su flujo de aire hacia delante por una superficie curvada cuando el operador desee disminuir la velocidad de la nave o detenerla. A pesar de que este método es mucho más simple que el de la hélice con paso reversible, la paleta añade peso a la parte trasera del vehículo. Además las paletas de reversa sólo son útiles con hélices de diámetro pequeño. [XIII]

### ***2.2.3 Transmisión.***

Una transmisión a veces es una solución tan compleja como la hélice reversible. Como en un automóvil, la transmisión invierte la rotación del eje de la hélice y se coloca entre el motor y la hélice. Una transmisión puede utilizar o bandas. [XIII]

#### **2.2.4 Puertos de escape.**

Los puertos de escape son aperturas a través de las cuales el aire es remitido del sistema de sustentación o propulsión a la parte frontal o a las partes laterales del vehículo de efecto superficie. Cuando un puerto de escape se abre, el aire fluye fuera de la cámara en cualquier dirección que el operador desee.

Los puertos de escape son útiles únicamente a bajas velocidades ya que no son capaces de pasar aire a suficiente velocidad para generar un momentum suficiente para contrarrestar la condición de movimiento del vehículo de efecto superficie. Se utilizan principalmente para maniobras a baja velocidad. [XIII]

## CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE UN VEHÍCULO RECREATIVO DE EFECTO SUPERFICIE CAPAZ DE TRANSPORTAR A UNA PERSONA DE PIE.

---

### *3.1 Sondeo de las características de un vehículo de efecto superficie.*

Se realizó un sondeo tomando una muestra de 100 personas de diversas colonias de clase económica media y media – alta, de la Ciudad de México para evaluar las impresiones de diversos aspectos de ésta clase de vehículos. (Ver Apéndice A-1). Los Pasos que se llevaron a cabo para cada entrevista, se enuncian a continuación:

- Las primeras 2 preguntas, nos dan una idea de que tanta información o conocimiento tiene el encuestado en el tema.
- Posteriormente, en caso de no conocer el tema, se le explica a grandes rasgos su funcionamiento, lo anterior se refuerza con ayuda de una fotografía.
- Las preguntas 3 y 4, nos indican que impresiones tiene el encuestado respecto a este tipo de vehículos.
- De la pregunta 5 a la 10, nos enfocamos al proyecto en específico, para saber preferencias de número de personas, costo, cantidad máxima dispuesta a pagar y usos o aplicaciones que le daría a un vehículo similar.
- En seguida, de la pregunta 11 a la 17, se les pregunta acerca del gusto por actividades diversas para poder conocer si pudiera haber alguna afinidad con el presente proyecto por posible connotación con algo diferente, posiblemente "exótico", etc.
- La finalidad de las últimas 6 preguntas, es conocer a grosso modo características del encuestado como la edad, sexo, ingresos, etc.

Cabe hacer mención que, se debe hacer un estudio de mercado, de mayor fiabilidad, sin embargo, no entra en el alcance del trabajo.

El mencionado sondeo, nos arroja datos interesantes, de los que podemos destacar los que se enuncian a continuación, para ver detalle, favor de referirse al Apéndice A-2.

- El 70% dijo saber que es un hovercraft, pero sólo el 71.24% de ese 70% (50 personas de un total de 100 encuestados), conocían su principio de funcionamiento.
- Al preguntarles acerca del presente proyecto:
  - El 90% lo usaría si fuese de un pasajero.
  - El 60% se sentiría confiado al usarlo solo.
  - El 70% lo usaría sólo como diversión mientras sólo el 10% lo usaría sólo como transporte.
  - El 30% considera que debe costar entre \$20,000.00 y \$30,000.00, el 20% considera que debe costar entre \$15,000.00 y \$20,000.00, así mismo, el 20% considera que debe costar arriba de \$30,000.00.
  - El 30% de los encuestados, estarían dispuestos a pagar entre \$15,000.00 y \$20,000.00, el 20% de ellos presentan una disponibilidad de compra de entre \$20,000.00 y \$30,000.00 y el 20%, arriba de \$30,000.00.
- Al preguntárseles otros usos que le darían a un hovercraft, el 80% mencionó transporte marítimo, el 70% transporte terrestre, el 50% indicó un uso recreativo, entre otros.



### **3.2 Especificaciones generales del vehículo de efecto superficie.**

La P.D.S. (Especificación de Diseño del Producto), se realizó siguiendo el método propuesto por Pugh [4]

Los parámetros generales que se analizaron, surgen como resultado del sondeo y un análisis del grupo de trabajo.

Se detallan a continuación:

#### **ESPECIFICACIONES**

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO</b>
Tamaño	Máximo: 150 cm. largo total, 60 cm ancho, 30 cm de la superficie a piso.
Peso	Máximo: 30 kg. $\pm$ 25%
Desempeño	Capacidad de carga: 100 kg. Tiempo de consumo de combustible con el tanque lleno: Tiempo de calentamiento: 30 segundos
Materiales	Ligero, impermeable, no se corroa, no se manche, resistente al impacto, preferentemente material reciclable.
Seguridad	Evitar contacto con las partes móviles, así como la entrada de elementos a las mismas. No debe haber bordes filosos que representen un riesgo para el usuario, tanto en las partes fijas como en las móviles. Debe asegurarse que no se moverá el aparato de su lugar de fijación. Debe poseer un dispositivo que apague el motor en caso de que el tripulante descienda del vehículo.
Normalización	No existe reglamentación al respecto en nuestro país. En algunos países se regula en los reglamentos de transportes marinos; En México, en la

	reglamentación correspondiente a transportación marina, no hay mención al respecto.
Ecología	Fabricación con materiales preferentemente reciclables. Bajo consumo energético debido a la falta de fricción con la superficie, por tanto un motor de bajo caballaje, aprox. 8 H.P. Según especificaciones del motor, se deberá usar gasolina, de preferencia sin plomo
Consumos energéticos	Debe funcionar con motor de máximo 8 H.P.
Mantenimiento y refacciones	Vida útil: 10 años Mantenimiento: Para el mantenimiento del motor, consultar los requerimientos del mismo (aceite, bujías, etc.). Para el resto de los componentes, bianual Refacciones fáciles de conseguir e instalar.
Instalación	No se necesita instalación.
Condiciones ambientales	Temperatura ambiental: 0 a 45° C Humedad relativa: 0 a 100 % Altura: 0 a 3000 m
Factores humanos	Ergonomía: Se realizarán los ajustes pertinentes de modo que el aparato sea fácil de manipular. Semiótica: Las texturas, materiales y en general deben dar una sensación de resistencia y comfort. Antropometría. Dependiendo de la forma del modelo, se ajustarán las dimensiones de las piezas a las partes del cuerpo con que estén en contacto El usuario debe estar parado, de manera que se asemeje a una patineta y se opere de manera similar.
Protección industrial	Se debe patentar el modelo, así como la marca. Para ello, se debe hacer una investigación de modelos y de nombres para saber si no existe algo patentado que sea similar al aparato sugerido.
Modularidad y compatibilidad	Se debe tener facilidad de adaptar accesorios que permitan cambiar el aspecto así como la maniobrabilidad del

	<p>producto.</p> <p>En cuanto a compatibilidad, se deben cambiar fácilmente los accesorios unos por otros, si así lo requiriera el producto</p>
Vida de almacén	Mínimo: 6 meses
Empaque	<p>Resistente, pues va a contener un aparato que podría sufrir daños si se golpea.</p> <p>Que llame la atención a los usuarios.</p> <p>Que indique las ventajas que ofrece el producto.</p> <p>Que no sufra daños importantes debido a la temperatura y a la humedad.</p> <p>Apilable</p>
Transporte	Se transportará por vía terrestre (camión o trailer) en transporte cerrado, sin control de temperatura.
Manejo del producto	<p>Por el diseño del empaque, el producto podrá ser manejado sin mucho cuidado, permitiendo ciertos maltratos normales en el transporte.</p> <p>Cuando el motor ya haya sido usado por primera vez, no se debe poner de cabeza, o bien, se debe vaciar el combustible y el aceite.</p>
Presentación	<p>Debe ser llamativa la presentación del empaque, haciendo énfasis en las ventajas de este producto. Con tipografía que resalte la marca, y alguna ilustración o fotografía que muestre el producto en uso.</p> <p>En cuanto a la presentación en sí del producto, debe dar la apariencia de un diseño moderno, diferente y novedoso.</p>
Capacitación y entrenamiento	Curso de aprox. 2 hrs. para identificarse con el producto y precauciones de seguridad.
Costo	Debe tener un costo máximo de \$6'000.00 pesos, para que el precio de venta al distribuidor sea de \$10,000.00, y el precio de venta al público sea como máximo de \$18'000.00 pesos
Señalización	Debe contener información en el empaque con un pequeño diagrama de la manera de uso del producto, así como en el manual de usuario.

	<p>Debe informarse que el producto no debe usarse si se encuentra alguna parte dañada.</p> <p>Debe usarse con gasolina de 87 octanos aprox.</p> <p>Debe indicarse en el producto cuál es la función de cada parte que integra el mismo.</p>
Confiabilidad	El producto será un vehículo de recreación y en ese sentido que cumpla con las expectativas del cliente.
Desecho	Al desechar el producto, se deben poder reciclar las piezas plásticas; en cuanto a las piezas mecánicas (como el motor) se pueden dar como chatarra.
Permanencia en el mercado	Se considerará que este producto puede permanecer en el mercado durante 10 años
Flexibilidad de configuración	Modelo único, pero con compatibilidad para adaptar accesorios.
Acabados	Acabados de alta calidad que den una buena imagen al producto, que no permitan que se acumulen residuos en el aparato, fáciles de limpiar, resistentes al manejo del aparato.
Estética y forma	<p>Los colores del aparato deben dar una imagen de algo novedoso, para jóvenes y aprovechar la época de inicio de milenio.</p> <p>La estética y forma del aparato deben proporcionar la idea de una "patineta del nuevo milenio".</p>
Procesos de producción y/o manufactura	<p>En cuanto al motor y las conexiones, todas éstas se comprarán de un proveedor confiable.</p> <p>Para la carcaza, se fabricará en nuestras instalaciones, o bien, se mandará hacer sobre diseño; esto se evaluará al conocer completamente el tipo de modelo a realizar y los materiales.</p> <p>El armado de todas las partes sí se llevará a cabo en nuestras instalaciones.</p>
Documentación	Se proporcionará un manual de usuario, así como una póliza de garantía.

### **3.3 Análisis de las funciones y configuración.**

En ésta etapa, se analizan las funciones de diseño que se deben cumplir, así mismo, se presenta la metodología desarrollada para obtener la configuración de un vehículo de efecto superficie de uso recreativo con capacidad para transportar a una persona.

Las funciones que se deben realizar para poder operar el vehículo que se pretende diseñar son las siguientes:

- Posicionar al usuario.
- Activar el motor
- Inyectar aire a presión
- Dar propulsión al vehículo
- Controlar el vehículo (maniobrabilidad)
- Frenar el vehículo

#### **3.3.1 Carta Morfológica.**

Para cada una de las funciones que se describieron anteriormente, se proponen diversas formas de solucionarlo, se muestran en el Apéndice A-3, donde cada una las acompaña un dibujo que representa la forma de solucionar dicha función.  
[5]

En ésa misma tabla, Apéndice A-3, se comparan cada una de las posibles soluciones de cada función, con el objeto de ver cuales son compatibles entre sí. Por ser una matriz simétrica, todos los elementos que se encuentran debajo de la diagonal principal, se descartan, ya que son idénticos a los que se encuentran por encima de la misma.

Las opciones marcadas con una "X", indican que no es compatible dicha solución al compararla contra la que se está analizando.

Son compatibles entre sí 156, posibles soluciones a las funciones.

### **3.3.2 *Tabla de Función Vs. Especificación.***

En la tabla contenida en el Apéndice A-4, se muestran las posibles soluciones a las funciones, que al compararlas contra las especificaciones generales del vehículo, no son compatibles.

Es así como se descartan 6 posibilidades, logrando que nos queden 72 formas de darle solución al problema planteado.

### **3.3.3 *Diagrama de Arbol.***

En el diagrama que se puede ver en forma detallada en el Apéndice A-5, se muestran en forma gráfica las 72 posibles soluciones, con esto, se ve de forma clara como se configurarían cada una de ellas.

### **3.3.4 *Matriz de decisión.***

En el diagrama de árbol, observamos que uno de los factores que hacían que hubiese 72 soluciones era que había 3 tipos de faldones propuestos, es así como con base en la Tabla No. 2.1.1.2, "Características de los principales tipos de faldones", presentada en el capítulo 2, procedimos a hacer una matriz de decisión, para seleccionar, cual de éstos 3 tipos de faldones, es el óptimo para las características del tipo de vehículo de efecto superficie propuesto.

Ver Apéndice A-6.

### **3.3.5 Selección de Configuración.**

De las 72 opciones que se detallaron en el diagrama de árbol, se eliminan las que necesitan para su operación un faldón tipo "jupe" así como uno de tipo "segmentado", pues a partir del Análisis parámetro - beneficio, se seleccionó el faldón de tipo bolsa.

En el Apéndice A-7, se puede ver de manera detallada como se fueron eliminando de las 72 posibles soluciones al problema planteado a una configuración final.

En dicho apéndice, las letras: "M", "E", "D" y "C", significan: Motor, Encendedor - Acelerador del motor, Ducto y Contención de aire, (faldón), respectivamente, indican la ubicación en la configuración final.

Aún cuando se menciona en el Apéndice A-7, cabe recalcar, que tanto el ducto que contienen las paletas para dar dirección, como el encendedor eléctrico del motor, se consideran como aditamentos extras o de lujo, no así el acelerador del motor, el cual sí se encuentra en el diseño final.

## CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN, ENSAMBLE DEL PROTOTIPO , COSTOS Y PRUEBAS

---

En el presente capítulo, se presenta el proceso de fabricación del prototipo, en él, se describe cada una de los componentes del vehículo diseñado así como la manera de manufacturarlos.

La forma de ensamblar las partes correctamente se describe en el capítulo 5.2.

En el capítulo 5.3, se detallan los costos, tanto de materiales, como de manufactura.

Finalmente las pruebas básicas al prototipo, se describen en el capítulo 5.4.

### **5.1 FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO.**

En el presente capítulo, se presenta a detalle el proceso de manufactura del vehículo de efecto superficie propuesto.

Éste proceso se describe en el Apéndice A-9, en el que para cada pieza, se describen los pasos que se requieren para la correcta manufactura.

En dicho Apéndice, están contenidas las siguientes columnas:

- **Nombre de la pieza.**
- **Cantidad.** Aquí se especifica la cantidad de piezas de este tipo, que deben ser fabricadas para el vehículo.
- **Plano de referencia y dimensiones.** En esta columna se menciona en qué plano se pueden encontrar los detalles y dimensiones de la pieza en cuestión.
- **Material.** Se detalla el material a partir del cual se fabrica la parte.
- **Operación.** En ésta columna se enuncia la tarea a realizar.
- **Máquina.** Se menciona el equipo a utilizar para poder realizar la operación mencionada.
- **Pasos de la operación.** Se describen los pasos a seguir para cada una de las tareas a realizar



## 5.2 ENSAMBLE.

Este proceso se hará en varias etapas, pues al requerir pegado con Resistol 850 o similar, es necesario esperar el tiempo suficiente para el secado.

En primer instancia se une la Base de Madera con la primer capa de Poliestireno así como con la segunda capa, después de esperar el tiempo requerido para el secado. Como anteriormente expresado se pegan estas partes, así como todas las capas de poliestireno con Resistol 850 o similar.

Paralelamente se pueden ir ensamblando las capas de poliestireno correspondientes al Ducto Principal, así como la 3er. Y 4ta. capa de Poliestireno entre sí; Dejar secar.

Teniendo los tres bloques pegados por separado, se procede a unirlos entre ellos describiendo de arriba hacia abajo, de la siguiente manera: el ducto principal con la 3er. Y 4ta. capa de poliestireno; el conjunto anterior después de haber esperado el tiempo suficiente de secado se ensambla pegándolo con al 1er. Y 2da. Capa de poliestireno las cuales ya deben estar pegadas con la Base de Madera.

En este paso se puede proceder a lijar todos los bordes, tanto internos como externos para que formen una sola pieza.

En seguida, se cubre la totalidad del cuerpo del V.E.S., tanto exteriormente como dentro de los ductos, con resina epóxica y tela marina o similar, esto con el fin de darle rigidez y protección al vehículo, pues las placas de poliestireno al golpearlas con algún objeto se deforman fácilmente.

Adicionalmente, se instala el Faldón de Hule, como se describió en el punto No. 7

Posteriormente se coloca la cubierta de madera centrada en la región donde irá el operador del vehículo, es posible fijarlo con Resistol 5000 o similar.

Finalmente se aplica pintura del color deseado en la totalidad de la superficie del vehículo, sin olvidar cubrir el faldón de hule así como otras piezas que no se desee pintar (aluminio, posiblemente).

Ensamblar el motor con la hélice y en su conjunto con el V.E.S.

### **5.3 Costos.**

Para determinar el costo del producto, se deben tomar en cuenta dos factores principalmente: el costo de los materiales y el de producción y manufactura.

El costo de producción y manufactura lo determinaremos a partir de las horas hombre utilizadas para la producción de este prototipo así como el costo de dicho trabajo y el costo de utilizar las máquinas herramientas.

El costo de los materiales lo detallaremos en la tabla que se presenta en la tabla 5.3.1 a continuación:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Motor gasolina 6HP	1	\$2'926.00	\$2'926.00
Guantes, brochas, pegamento blanco, clavos, adhesivo pvc.	Varios	\$ 280.00	\$ 280.00
Tubos y coples PVC	1 juego	\$ 260.00	\$ 260.00
Placa de Aluminio	1	\$ 207.00	\$ 207.00
Placa Aluminio	1	\$ 609.00	\$ 609.00
Placas Poliestireno	3	\$ 140.00	\$ 420.00
Barniz	1Lt.	\$ 38.00	\$ 38.00
Tela Marina	3 m.	\$ 147.00	\$ 441.00
Endurecedor, Resina Epóxica	5 Kg.	\$ 117.00	\$ 587.00
Aluminio, varios.	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Pintura, varios	1	\$1'250.00	\$1'250.00
Hélice, coples	1	\$1'550.00	\$1'550.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$7'924.00</b>	<b>\$8'968.00</b>

Tabla 5.3.1 COSTO DE MATERIALES

## COSTO DE PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA

Las horas hombre se dividirán en las diversas etapas que constituyen la manufactura y el ensamble del prototipo, éstas se presentan en la tabla 5.3.2.

DESCRIPCIÓN	HRS	COSTO U.	COSTO TOTAL
Preparación	60	\$12.50	\$ 750.00
Corte	73	\$22.50	\$1'642.00
materiales, ensamble, barniz, etc.			
Resina c/tela	40	\$22.5	\$ 900.00
marina, acabados finales			
Pruebas y correcciones	42	\$62.00	\$2'604.00
Uso Maquinaria	20 (Incluidas en diversos pasos)	\$100.00	\$2'000.00
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>		<b>\$7'896.00</b>

Tabla 5.3.2 HORAS HOMBRE Y COSTOS DE MANUFACTURA

Al sumar el costo de los materiales y el de producción y manufactura nos arroja un total de \$17'000.00. Se debe tomar en cuenta que al ser un prototipo los costos se elevan considerablemente.

Sin embargo, el costo total de producir en serie disminuiría, pues no se tendrían que pagar algunos conceptos tales como pruebas y correcciones (tanto en mano de obra como en materiales). El cálculo del costo en una producción en serie no es alcance del presente trabajo, aunque cabe destacar que se debe hacer de manera muy precisa para poder evaluar si será rentable el fabricar el vehículo de manera masiva.

#### **5.4 Pruebas**

Las pruebas que se realizaron para demostrar el funcionamiento del prototipo son:

- Funcionamiento sin carga.
- Funcionamiento con un pasajero.
- Funcionamiento con un pasajero, en una superficie con pendiente descendente.

##### **Funcionamiento sin carga.**

Al arrancar el motor para probar el funcionamiento del aparato, se observa que la parte delantera del vehículo se eleva y la zona donde está localizado el motor se asienta, por lo tanto no se genera el colchón de aire de manera uniforme.

Esto es debido a que se debe buscar el equilibrio del vehículo, lo que permite que se genere el colchón de aire.

## **Funcionamiento con un pasajero.**

Al verificar el funcionamiento del prototipo con un pasajero, se observa lo siguiente:

- Se debe encontrar el punto de equilibrio del vehículo en funcionamiento, para lograr el efecto de colchón de aire.
- La operación resulta más sencilla para una persona que haya conducido patinetas o similares, pues logra encontrar el punto de equilibrio del vehículo en operación rápidamente.
- Para una persona que no haya experimentado el uso de patinetas, le tomará cierto tiempo el dominar la forma de maniobrar con dicho vehículo.
- Se observa que al pasar sobre una coladera, se "rompe" el efecto de colchón de aire, por lo tanto el vehículo se asienta debido a que se pierde la presión dentro de la cámara.
- Para lograr frenar el vehículo, basta con balancear el cuerpo de tal manera que una parte del vehículo, preferentemente la trasera, pierda altura y la fricción sea tal que se disminuya la velocidad y el vehículo se detenga.

## **Funcionamiento con un pasajero, en una superficie con pendiente descendente.**

- Al deslizarse sobre una superficie con pendiente descendente, el vehículo presenta una aceleración menor que la aceleración que presenta un vehículo con ruedas.
- Así mismo, es notorio que si el conductor no tiene experiencia en la conducción del vehículo, el control del mismo será complicado ya que el vehículo tenderá a virar de manera tal que el motor, por ser la parte más pesada, apunte en la dirección de la pendiente.
- Al igual que en la prueba anterior (sobre una superficie sin pendiente), el frenado del vehículo se consigue de manera muy sencilla: se debe balancear el cuerpo de forma tal que alguna parte del vehículo tenga contacto con el piso y la fricción se encargue de detenerlo.

## CONCLUSIONES.

---

Con base en lo expuesto en el capítulo 5.4, en el que se describen las pruebas que se le realizan al prototipo, se puede observar que es técnicamente viable el construir un vehículo de efecto superficie, con una configuración similar al de una patineta, capaz de transportar una persona de 70 kg.

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, principalmente en lo que al costo del prototipo se refiere, se piensa que la construcción de este tipo de vehículos podría representar un buen proyecto de inversión.

Sin embargo, se recomienda que con base en el prototipo realizado se realice un estudio de mercado, así como las proyecciones económicas necesarias para poder evaluar de manera completa la viabilidad económica de dicho proyecto.



# APÉNDICES

## **ÍNDICE DE LOS APÉNDICES.**

**APÉNDICE A-1 .- SONDEO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE.**

**APÉNDICE A-2 .- RESULTADO DEL SONDEO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE.**

**APÉNDICE A-3 .- CARTA MORFOLÓGICA.**

**APÉNDICE A-4 .- TABLA FUNCION Vs. ESPECIFICACIÓN.**

**APÉNDICE A-5 .- DIAGRAMA DE ARBOL.**

**APÉNDICE A-6 .- MATRÍZ DE DECISIÓN.**

**APÉNDICE A-7 .- SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN.**

**APÉNDICE A-8 .- PLANOS.**

**APÉNDICE A-9 .- TABLA PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO.**

# APÉNDICE A.1

SONDEO DE LAS CARACTERÍSTICAS  
DE UN VEHÍCULO  
DE EFECTO SUPERFICIE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SONDEO DE LAS CARÁCTERÍSTICAS DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE  
CUESTIONARIO

1. ¿Sabe Ud. qué es un hovercraft?

- a) Sí \_\_\_\_\_  
b) No \_\_\_\_\_

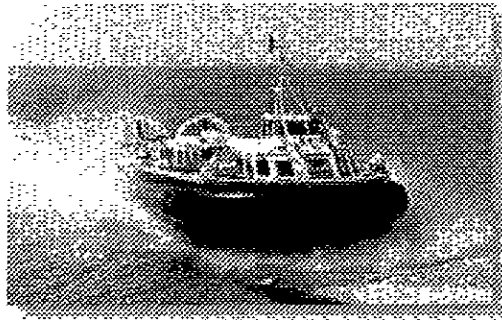
Ir a pregunta 2  
Ir a pregunta 3

2. ¿Cuál es el principio de funcionamiento?

Marque con una X el que considere adecuado

- a) Electromagnético \_\_\_\_\_  
b) Colchón de aire \_\_\_\_\_  
c) Tensión superficial \_\_\_\_\_  
d) Otro \_\_\_\_\_

Explicar al encuestado lo siguiente: Un hovercraft es un vehículo que se eleva a algunos centímetros del piso, y esto es debido a que se forma un colchón de aire entre el vehículo y el piso. Este vehículo se caracteriza porque flota y no tiene llantas, lo que le permite transportarse casi en cualquier tipo de terreno



3. ¿Cree Ud. Que sea un vehículo seguro?

- a) Si \_\_\_\_\_  
b) No \_\_\_\_\_  
c) No lo sé \_\_\_\_\_

Ir a la pregunta 5  
Ir a la pregunta 4  
Ir a la pregunta 4

4. ¿Porqué motivos lo consideraría un vehículo inseguro?

Marque con una X todos los que apliquen

- a) Sistema de frenado \_\_\_\_\_  
b) Maniobrabilidad \_\_\_\_\_  
c) Otros \_\_\_\_\_

¿Cuál? \_\_\_\_\_

5. ¿Si le presentáramos un hovercraft para una persona, se atrevería a usarlo?

- a) Si \_\_\_\_\_  
b) No \_\_\_\_\_

Ir a la pregunta 6  
Ir a la pregunta 7

¿Porque? \_\_\_\_\_

6. ¿Lo usaría como transporte o como diversión.?

Marque con una X la opción adecuada.

- a) Transporte \_\_\_\_\_  
b) Diversión \_\_\_\_\_  
c) Ambas \_\_\_\_\_

- ¿Cuánto cree Ud. que costaría un hovercraft para un pasajero?
- a) Solo 1 persona \_\_\_\_\_
  - b) 2 personas \_\_\_\_\_
  - c) Más de 2 personas \_\_\_\_\_

8. ¿Cuánto cree Ud. que costaría un hovercraft para un pasajero?

- a) Menos de 1,000 \_\_\_\_\_
- b) De 1,000 a 3,000 \_\_\_\_\_
- c) De 3,000 a 6,000 \_\_\_\_\_
- d) De 6,000 a 9,000 \_\_\_\_\_
- e) De 9,000 a 12,000 \_\_\_\_\_
- f) De 12,000 a 15,000 \_\_\_\_\_
- g) De 15,000 a 20,000 \_\_\_\_\_
- h) De 20,000 a 30,000 \_\_\_\_\_
- i) De 30,000 en adelante \_\_\_\_\_

9. ¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar por ello?

- a) Menos de 1,000 \_\_\_\_\_
- b) De 1,000 a 3,000 \_\_\_\_\_
- c) De 3,000 a 6,000 \_\_\_\_\_
- d) De 6,000 a 9,000 \_\_\_\_\_
- e) De 9,000 a 12,000 \_\_\_\_\_
- f) De 12,000 a 15,000 \_\_\_\_\_
- g) De 15,000 a 20,000 \_\_\_\_\_
- h) De 20,000 a 30,000 \_\_\_\_\_
- i) De 30,000 en adelante \_\_\_\_\_
- j) Nada \_\_\_\_\_

10. ¿Qué otros usos le daría a un hovercraft?

- a) Transporte terrestre \_\_\_\_\_
- b) Transporte marítimo \_\_\_\_\_
- c) Transporte en hielo/nieve \_\_\_\_\_
- d) Militar \_\_\_\_\_
- e) Rescate \_\_\_\_\_
- f) Deportivo \_\_\_\_\_
- g) Recreación \_\_\_\_\_
- h) Transporte de personas discapacitadas \_\_\_\_\_
- i) Otros \_\_\_\_\_

11. ¿Tiene o ha tenido motocicletas?

- a) Si \_\_\_\_\_ Ir a la pregunta 12
- b) No \_\_\_\_\_ Ir a la pregunta 13

12. En caso afirmativo. ¿Las usa o ha usado como diversión o como transporte?

- a) Transporte \_\_\_\_\_
- b) Diversión \_\_\_\_\_

13. ¿Tiene o ha tenido motos de agua?

- a) Si \_\_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_\_

14. ¿Ha usado alguna vez una moto de agua?

- a) Si \_\_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_\_

15. ¿Tiene o ha tenido patinetas?

- a) Si \_\_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_\_

16. ¿Ha practicado deportes de alto riesgo? (Paracaidismo, rafting, alpinismo, rapel, etc.)

- a) Si \_\_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_\_

17. ¿Le gustan los deportes de alto riesgo?

- a) Si \_\_\_\_\_
- b) No \_\_\_\_\_

18. ¿Cuál es su edad?

- a) Menos de 15 \_\_\_\_\_
- b) 15 a 20 años \_\_\_\_\_
- c) 21 a 25 años \_\_\_\_\_
- d) 26 a 30 años \_\_\_\_\_
- e) 31 a 35 años \_\_\_\_\_
- f) 36 a 40 años \_\_\_\_\_

19. Sexo:

- Masculino \_\_\_\_\_
- Femenino \_\_\_\_\_

20. ¿Cuál es su ocupación?

- Estudiante \_\_\_\_\_
- Profesionista \_\_\_\_\_
- Otros \_\_\_\_\_

21. ¿Cuál es su estado civil?

- a) Soltero \_\_\_\_\_
- b) Casado \_\_\_\_\_

22. ¿En qué colonia vive?

- La Herradura \_\_\_\_\_
- Coyoacan \_\_\_\_\_
- Lindavista \_\_\_\_\_
- Pedregal \_\_\_\_\_
- Satelite \_\_\_\_\_
- Roma, Condesa \_\_\_\_\_
- Otra \_\_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

23. ¿Cuáles son los ingresos mensuales en su familia?

- a) Menos de 1,000 \_\_\_\_\_
- b) De 1,000 a 3,000 \_\_\_\_\_
- c) De 3,000 a 6,000 \_\_\_\_\_
- d) De 6,000 a 9,000 \_\_\_\_\_
- e) De 9,000 a 12,000 \_\_\_\_\_
- f) De 12,000 a 15,000 \_\_\_\_\_
- g) De 15,000 a 20,000 \_\_\_\_\_
- h) De 20,000 a 30,000 \_\_\_\_\_
- i) De 30,000 en adelante \_\_\_\_\_

24. Cual es su grado máximo de estudios?

- a) Primaria \_\_\_\_\_
- b) Secundaria \_\_\_\_\_
- c) Preparatoria \_\_\_\_\_
- d) Carrera técnica o similar \_\_\_\_\_
- e) Licenciatura / Ingeniería \_\_\_\_\_
- f) Maestría \_\_\_\_\_
- d) Doctorado \_\_\_\_\_
- e) Otra (¿cuál?) \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**SONDEO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN VEHÍCULO DE EFECTO SUPERFICIE**  
**RESULTADOS**

1.- Sabe Ud. Que es un Hovercraft

SI	70
NO	30

2.- ¿Conoce cual es su principio de funcionamiento?

Electromagnético	14.28
Colchón de aire	71.42
Tensión superficial	0
Otro	14.28

Explicar qué es un hovercraft, luego mostrar el prototipo.

3. ¿Cree Ud. Que sea un vehículo seguro?

a) Si	88	Vaya a la pregunta 5
b) No	10	Vaya a la pregunta 4
c) No lo sé	2	

4. En caso negativo...¿Qué le faltaría para que fuese un vehiculo seguro?

a) Sistema de frenado	80
b) Maniobrabilidad	12
c) Otros	8

5. ¿Si le presentáramos un hovercraft para una persona, se atrevería a usarlo?

a) Si	90	Continúe con la pregunta 6
b) No	10	Vaya a la pregunta 8

¿Porque? Razones de pregunta 4

---

6. En caso afirmativo... ¿Lo usaría como transporte o como diversión.?

a) Transporte	10
b) Diversión	70
c) Ambas	20

7. ¿Cómo te sentirías más cómodo de usarlo, solo o acompañado?

a) Solo	60
b) Acompañado	30
c) Ambas	10

8. ¿Cuánto cree Ud. Que costaría un hovercraft para un pasajero?

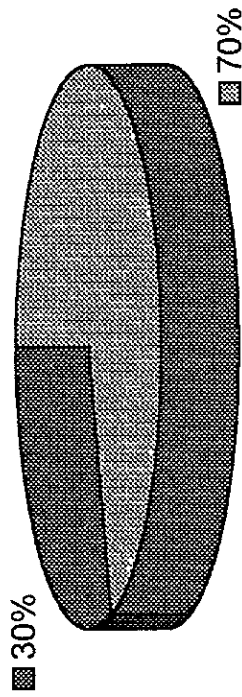
a) Menos de 1,000	
b) De 1,000 a 3,000	
c) De 3,000 a 6,000	10
d) De 6,000 a 9,000	10
e) De 9,000 a 12,000	
f) De 12,000 a 15,000	10
g) De 15,000 a 20,000	20
h) De 20,000 a 30,000	30
i) De 30,000 en adelante	20

9. ¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar por ello?
- |                          |    |
|--------------------------|----|
| a) Menos de 1,000        |    |
| b) De 1,000 a 3,000      | 10 |
| c) De 3,000 a 6,000      | 20 |
| d) De 6,000 a 9,000      |    |
| e) De 9,000 a 12,000     |    |
| f) De 12,000 a 15,000    |    |
| g) De 15,000 a 20,000    | 30 |
| h) De 20,000 a 30,000    | 20 |
| i) De 30,000 en adelante | 20 |
| j) Nada                  |    |
10. ¿Qué otros usos tiene un hovercraft?
- |                      |    |
|----------------------|----|
| Transporte terrestre | 70 |
| Transporte marítimo  | 80 |
| Militar              | 30 |
| Rescate              | 30 |
| Deportivo            | 50 |
| Recreación           | 50 |
| Otro                 | 15 |
- Transporte personas discapacitadas  
Hielo  
Transporte carga
11. ¿Tiene o ha tenido motocicletas?
- |       |    |
|-------|----|
| a) Si | 70 |
| b) No | 30 |
12. En caso afirmativo. ¿Las usa o ha usado como diversión o como transporte?
- |               |       |
|---------------|-------|
| a) Transporte | 14.28 |
| b) Diversión  | 85.71 |
13. ¿Tiene o ha tenido motos de agua?
- |       |     |
|-------|-----|
| a) Si | 0   |
| b) No | 100 |
14. ¿Ha usado alguna vez una moto de agua?
- |       |    |
|-------|----|
| a) Si | 90 |
| b) No | 10 |
15. ¿Tiene o ha tenido patinetas?
- |       |    |
|-------|----|
| a) Si | 50 |
| b) No | 50 |
16. ¿Ha practicado deportes de alto riesgo?
- |       |    |
|-------|----|
| a) Si | 70 |
| b) No | 30 |
17. ¿Le gustan los deportes de alto riesgo?
- |       |    |
|-------|----|
| a) Si | 60 |
| b) No | 40 |
-

18.	¿Cuál es su edad?		
	a) Menos de 15		
	b) 15 a 20 años	20	
	c) 21 a 25 años	40	
	d) 26 a 30 años	17	
	e) 31 a 35 años	13	
	f) 36 a 40 años	10	
19.	Sexo	Masculino	80
		Femenino	20
20.	¿Cuál es su ocupación?		
		estudiante	60
		profesionista	40
21.	¿Cuál es su estado civil?		
	a) Soltero	80	
	b) Casado	20	
22.	¿En qué colonia vive?	La Herradura	30
		Coyoacan	20
		Lindavista	20
		Pedregal	10
		Satelite	10
		Roma, Conde	10
23.	¿Cuáles son los ingresos mensuales en su familia?		
	a) Menos de 1,000		
	b) De 1,000 a 3,000		
	c) De 3,000 a 6,000		
	d) De 6,000 a 9,000		
	e) De 9,000 a 12,000		
	f) De 12,000 a 15,000		
	g) De 15,000 a 20,000	20	
	h) De 20,000 a 30,000	20	
	i) De 30,000 en adelante	60	
24.	Cual es su grado máximo de estudios?		
	a) Primaria		
	b) Secundaria	10	
	c) Preparatoria	50	
	d) Carrera técnica o similar		
	e) Licenciatura / Ingeniería	40	
	f) Maestría		
	d) Doctorado		
	e) Otra (¿cuál?)		

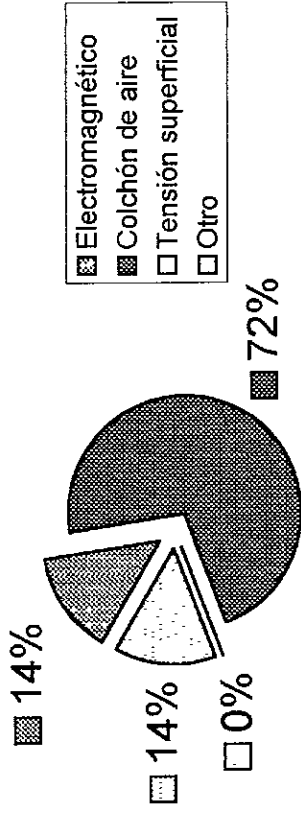


¿Sabe Ud. qué es un Hovercraft?



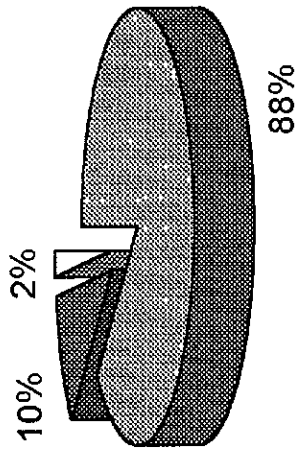
SI  NO

¿Conoce cuál es su principio de funcionamiento?



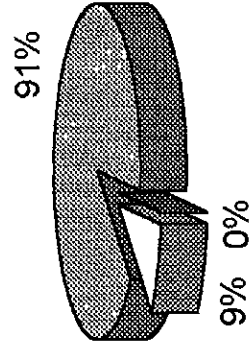
Electromagnético  
 Colchón de aire  
 Tensión superficial  
 Otro

¿Cree Ud. que sea un vehículo seguro?



a) SI  b) No  c) No lo sé

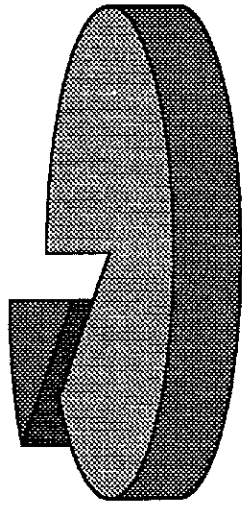
En caso negativo...¿Qué le faltaría para que fuese un vehículo seguro?



a) Sistema de frenado  b) Maniobrabilidad  c) Otros

¿Si le presentáramos un VES para un pasajero, se atrevería a usarlo?

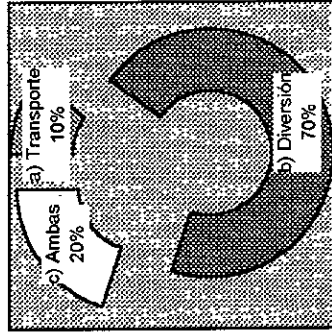
10%



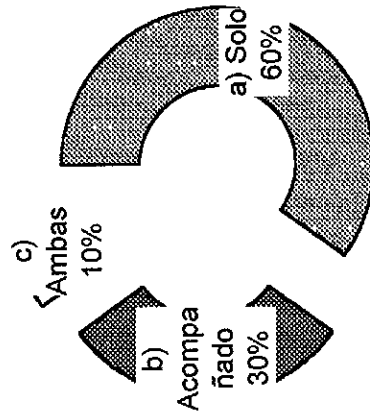
90%

a) Si  b) No

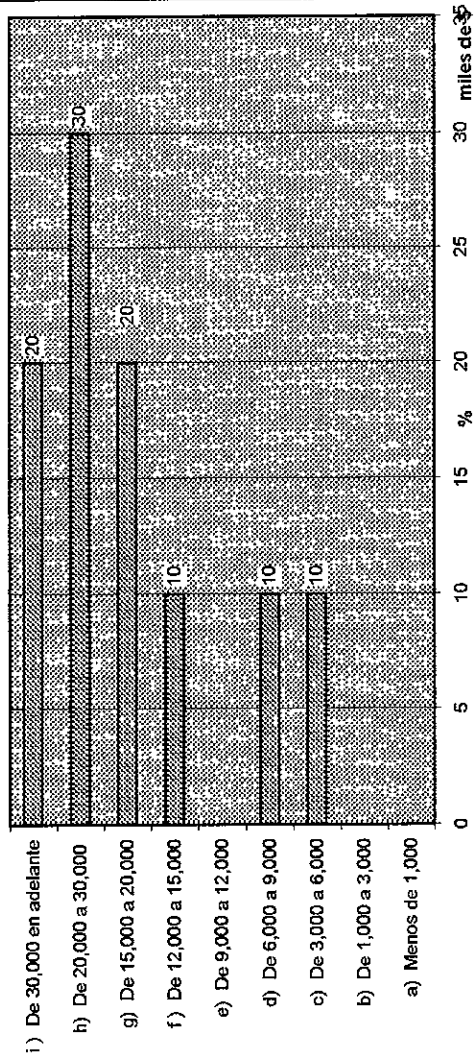
En caso afirmativo... ¿Lo usaría como transporte o diversión?



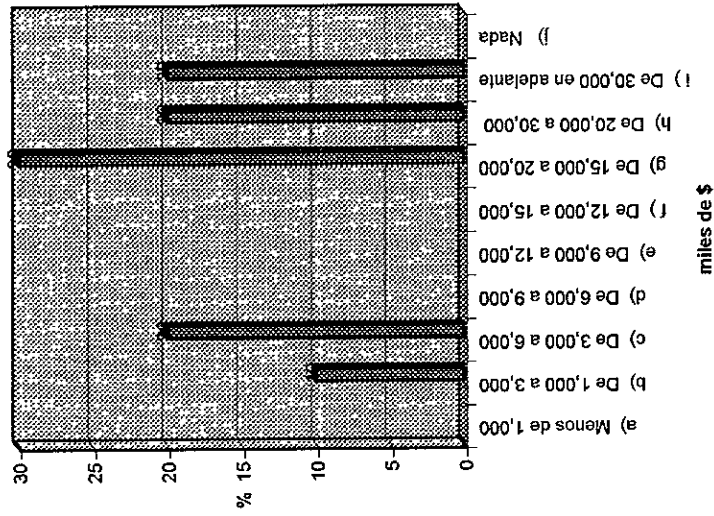
¿Cómo te sentirías más cómodo al usarlo, solo o acompañado?



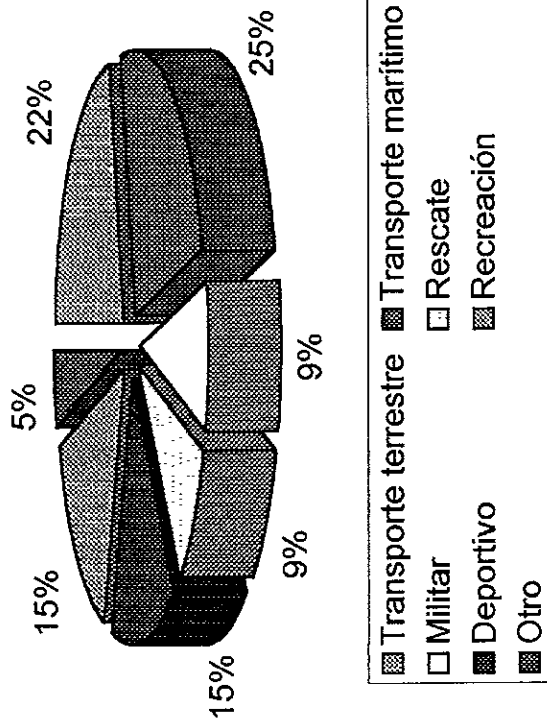
¿Cuánto cree Ud. que costaría un VES?



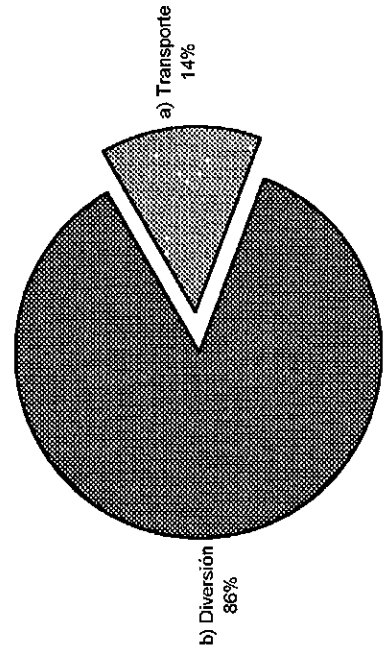
¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar por ello?



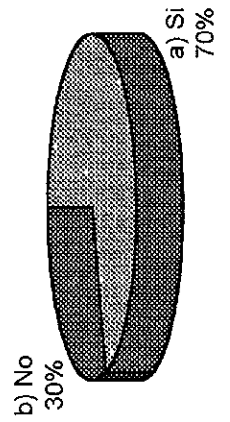
¿Qué otros usos tiene un VES?



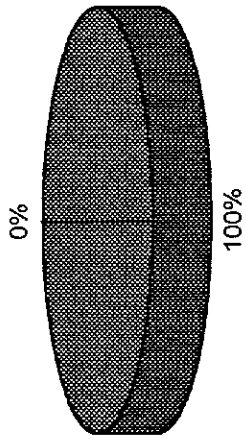
En caso afirmativo. ¿Las usa o ha usado como diversión o como transporte?



¿Tiene o ha tenido motocicletas?

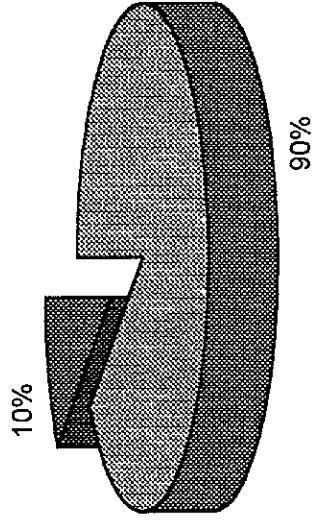


¿Tiene o ha tenido motos de agua?



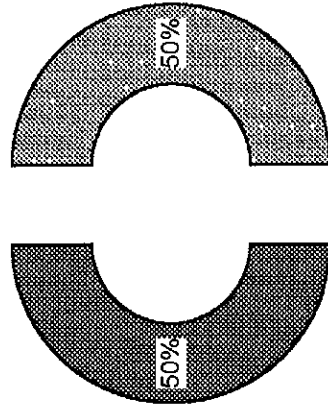
a) Si  b) No

¿Ha usado alguna vez una moto de agua?



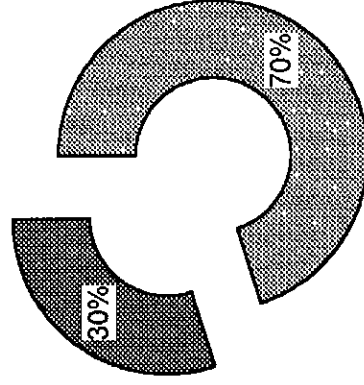
a) Si  b) No

¿Tiene o ha tenido patinetas?



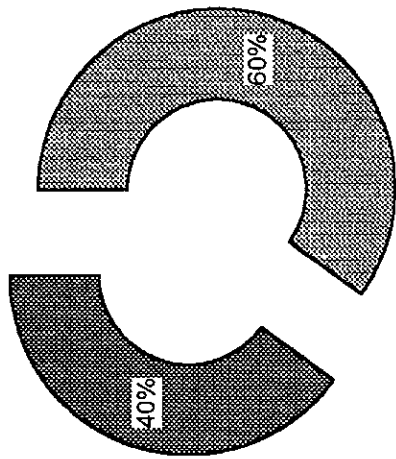
a) Si  b) No

¿Ha practicado deportes de alto riesgo?



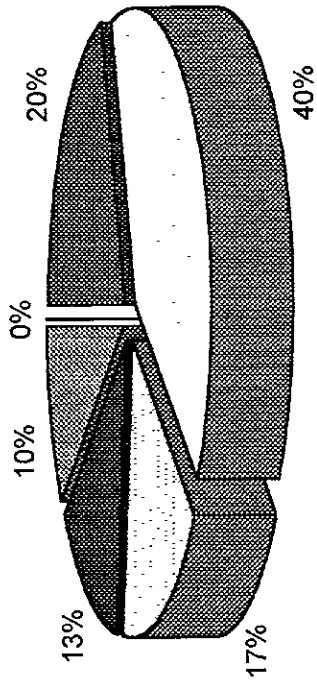
a) Si  b) No

¿Le gustan los deportes de alto riesgo?



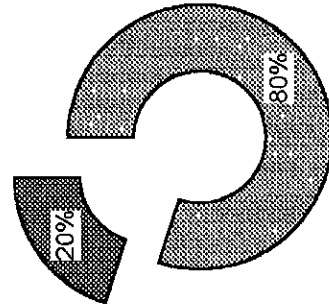
a) Si  b) No

¿Cuál es su edad?



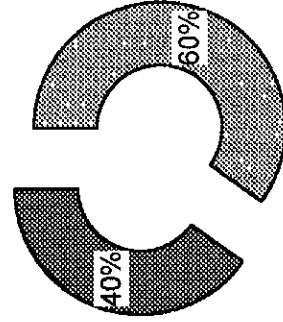
a) Menos de 15 años  b) 15 a 20 años  c) 21 a 25 años  
 d) 26 a 30 años  e) 31 a 35 años  f) 36 a 40 años

Sexo



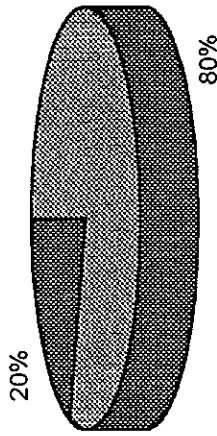
Masculino  Femenino

¿Cuál es su ocupación?



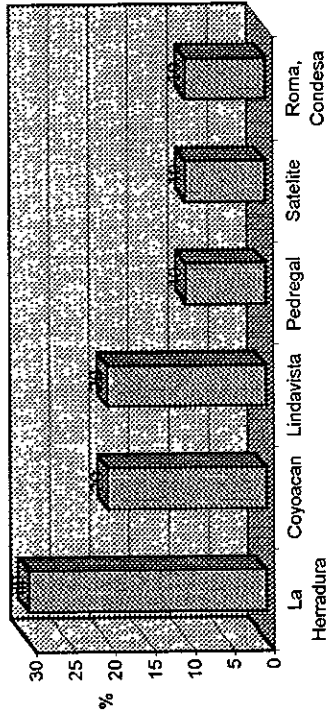
estudiante  profesionalista

¿Cuál es su estado civil?

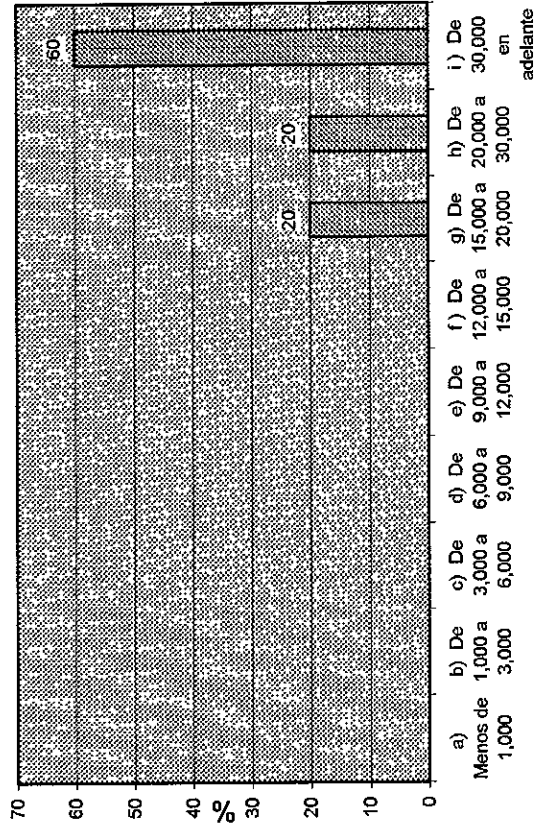


a) Soltero  b) Casado

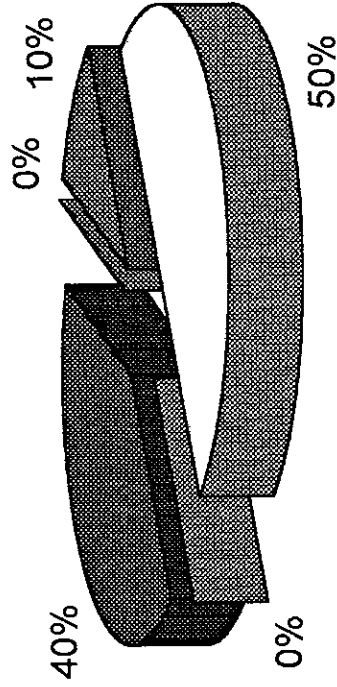
¿En qué colonia vive?



¿Cuáles son los ingresos mensuales en su familia?



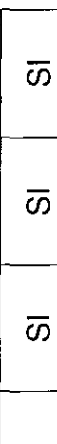
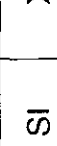
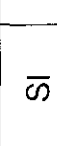
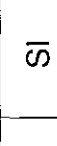


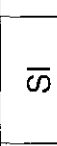
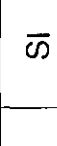


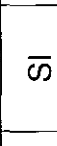




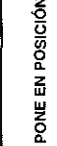
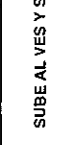

¿Cuál es su grado máximo de estudios?



a) Primaria  b) Secundaria  
 c) Preparatoria  d) Carrera técnica o similar  
 e) Licenciatura / Ingeniería  f) Maestría  
 g) Doctorado  h) Otra (¿cuál?)

# APÉNDICE A-3

## CARTA MORFOLÓGICA

FUNCIÓN	DIBUJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1		X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	
2		X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
3		X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
4		X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI
5		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
6		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
7		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
8		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
9		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
10		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
11		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
12		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
13		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
14		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
15		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
16		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
17		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
18		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
19		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
20		X	X	X	X	X	X	X	X	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI





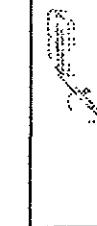
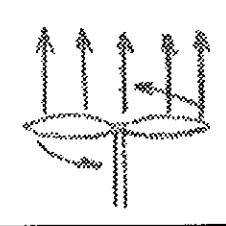


# APÉNDICE A.4

TABLA FUNCIÓN

Vs.

ESPECIFICACIÓN

**Funciones que se descartan por no cumplir con especificaciones**

FUNCION		MOTIVOS	
c) Inyectar aire a presión	6		Baja eficiencia en operación.
	7		Baja eficiencia en operación.
	8		No es cómodo para el usuario. No cumple con especificaciones
e) Dar propulsión al	13		Incumple con semejanza a una patineta.
	18		No es seguro, falta de velocidad en los movimientos, difícil de operar.
g) Frenado	23		Ineficiencia en operación

# APÉNDICE A-5

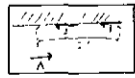


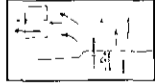
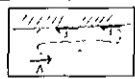
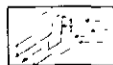
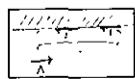
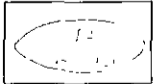
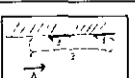

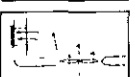
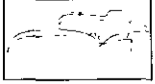
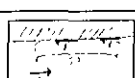
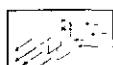
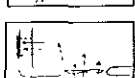
## DIAGRAMA DE ÁRBOL

# PERFICIE

OPCIÓN		FUNCIÓN						
1	2							
3	4							
5	6							
7	8							
9	10							
11	12							
13	14							
15	16							
17	18							
19	20							
21	22							
23	24							
25	26							
27	28							
29	30							
		FRENAR VEHICULO	CONTROLAR VEHICULO (MANIOBRABILIDAD)	DAR RESPUESTA AL PROPULSION AL VEHICULO	CONTENER AIRE	INYECTAR AIRE A PRESION	ACTIVAR MOTOR	SUBIR AL VEHICULO Y PONER EN POSICION.

# VEHICULO DE EFECTO SU

64							
63							
62							
61							
60							
59							
58							
57							
56							
55							
54							
53							
52							
51							
50							
49							
48							
47							
46							
45							
44							
43							
42							
41							
40							
39							
38							
37							
36							
35							
34							
33							
32							
31							

72						
71						
70						
69						
68						
67						
66						
65						



# APÉNDICE A-6

## MATRÍZ DE DECISIÓN

**MATRIZ DE DECISION ENTRE TIPOS DE FALDONES**

Parámetro		Bolsa		Segmentada		Tipo "Jupe"	
Costo	-80	Bajo	10	Alto	100	Bajo	10
		-800		-8000		-800	
Dificultad de fabricación	-90	Baja	10	Alta	100	Media	50
		-900		-9000		-4500	
Arrastre en agua calmada	-70	Igual	50	Igual	50	Igual	50
		-3500		-3500		-3500	
Arrastre en agua agitada	-10	Alto	100	Bajo	10	Muy alto	110
		-1000		-100		-1100	
Arrastre en lodo	-20	Alto	100	Bajo	10	Bajo	10
		-2000		-200		-200	
Arrastre en pasto	-60	Alto	100	Bajo	10	Medio Alto	80
		-6000		-600		-4800	
Arrastre en hielo	-60	Igual	50	Igual	50	Igual	50
		-3000		-3000		-3000	
Arrastre en nieve lisa	-50	Medio	50	Bajo	10	Bajo	10
		-2500		-500		-500	
Arrastre en nieve rugosa	-30	Alto	100	Bajo	10	Medio	50
		-3000		-300		-1500	
Facilidad de reparación	60	Difícil	10	Fácil	100	Difícil	10
		600		6000		600	
Vida	90	Buena	100	Moderada	50	Buena	100
		9000		4500		9000	
Durabilidad	90	Buena	100	Pobre	10	Moderada	50
		9000		900		4500	
Estabilidad	90	Buena	100	Pobre	10	Excelente	100
		9000		900		9000	
Habilidad de virar	60	Poca	10	Excelente	110	Ninguna	0
		600		6600		0	
Polvo y spray	40	Pobre	10	Buena	100	Pobre	10
		400		4000		400	
Disponibilidad de colores	10	Limitada	10	Ilimitada	100	Limitada	10
		100		1000		100	
Facilidad de ensamble	50	Moderada	50	Fácil	100	Moderada difícil	30
		2500		5000		1500	
Peso de la falda	-70	Bajo	10	Moderado	50	Bajo	10
		-700		-3500		-700	
Alta velocidad	70	Buena	100	Moderado	50	Moderado	50
		7000		3500		3500	
Apariencia	70	Moderada	50	Buena	100	Moderada	50
		3500		7000		3500	
Rebote	-50	Pobre	10	Buena	100	Buena	100
		-500		-5000		-5000	
Desempeño cuando está dañada	70	Moderado	50	Buena	100	Pobre	10
		3500		7000		700	
Potencial de desarrollo	70	Buena	100	Buena	100	Buena	100
		7000		7000		7000	
Capacidad para librar obstáculos	70	Pobre	10	Buena	100	Pobre	10
		700		7000		700	
Complejidad	-70	Baja	10	Alta	100	Moderada	50
		-700		-7000		-3500	

<b>TOTAL</b>		<b>28300</b>		<b>19700</b>		<b>11400</b>	
--------------	--	--------------	--	--------------	--	--------------	--



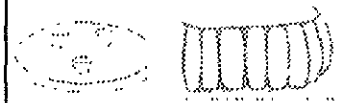


# APÉNDICE A.7

## SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN

## SELECCIÓN DE CONFIGURACIONES

A) De 72 opciones que se tienen, se eliminan las opciones que implican un faldón de tipo "jupe" y "segmentada" pues después de hacer un análisis ponderado de los parámetros Vs. beneficio, es evidente que supera por un amplio rango en este tipo de VES el faldón tipo "bolsa". Se quedan 24 opciones.



B) En la función de dar propulsión al VES, en la referente a impulsarlo con el pie del usuario, aún cuando cumple con especificaciones, puede ser difícil para el usuario utilizarlo. Quedan 12 opciones.



C) Con respecto a la manera de activar el motor, se descarta la opción de arrancador de pedal. Esto se debe a que el tipo de motor que se propone se va a usar, es un motor que no permite este tipo de arranque. Quedan 8 opciones.






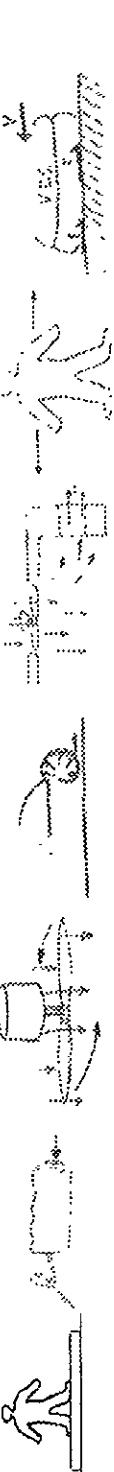
D) Referente al tipo de arranque, así mismo se descarta la que es de tipo manual, pues en el "Estudio e Identificación del cliente potencial", se nos indica que el precio del VES, justifica un aditamento de "lujo" para este aparato. Quedando 4 opciones.



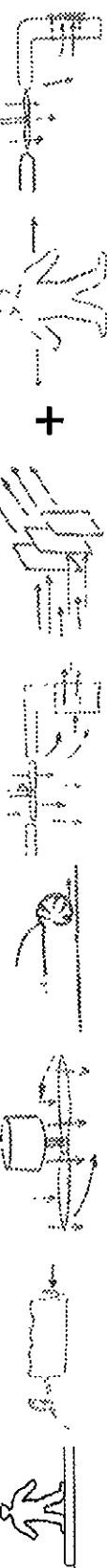
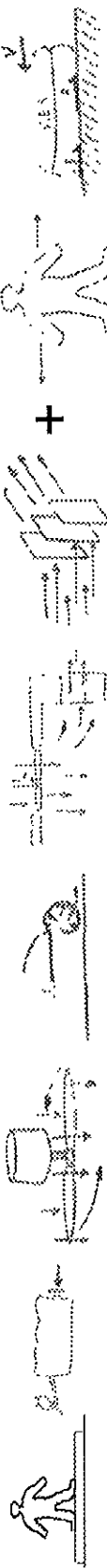
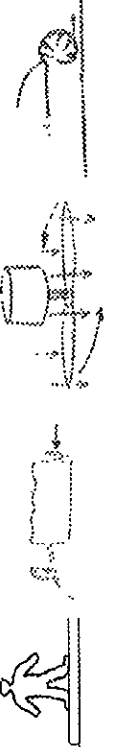
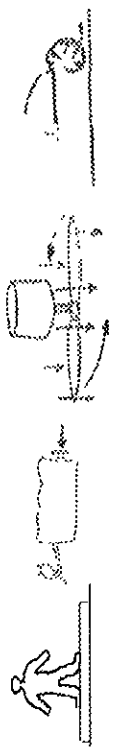
## CONFIGURACIONES FINALES

1							
2							
3							
4							

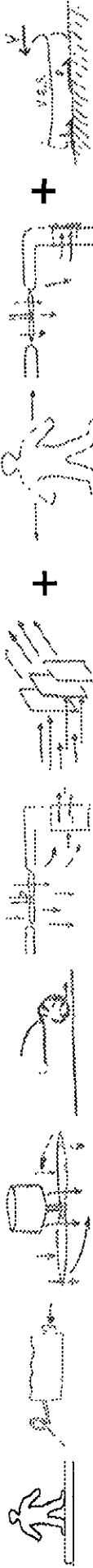

## CONFIGURACIONES FINALES

1	
2	
3	
4	

A) En cuanto a la maniobrabilidad del vehículo, se pueden combinar ambas opciones, pues son compatibles entre si, haciendo del resultado, una más eficiente. Quedan 2 opciones.

1A		+	
2A		+	

B) Referente al frenado, ambas opciones son compatibles entre sí, al juntarlas nos da una respuesta más rápida y más segura. Quedando así la configuración final.

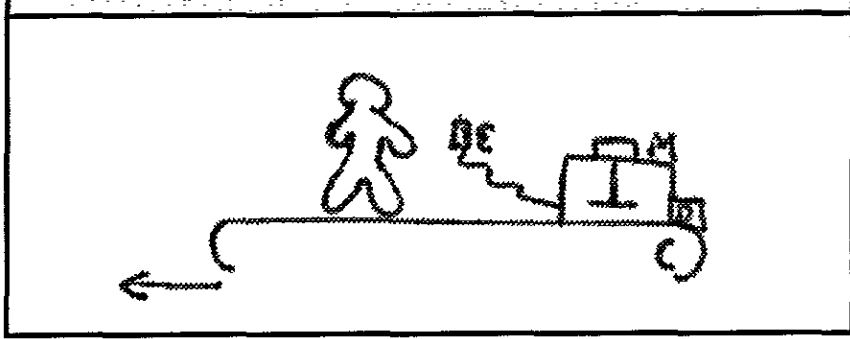
1B		+	
----	---	---	---

**NOTA:** En el modelo que se presenta para éste proyecto, se consideran las paletas de dirección como un accesorio.

**CONFIGURACIONES APROXIMADAS DE LA OPCION SELECCIONADA**


<b>ELECCION FINAL</b>	
-----------------------	--

**CONFIGURACION A DETALLE DE LA ELECCION FINAL**

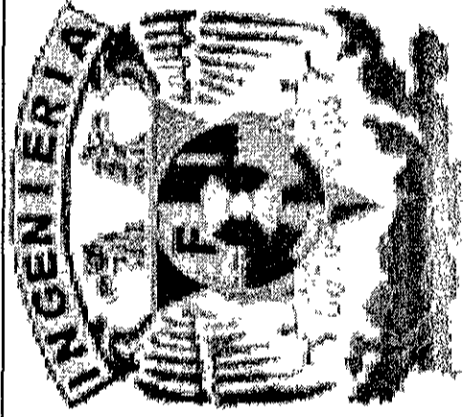
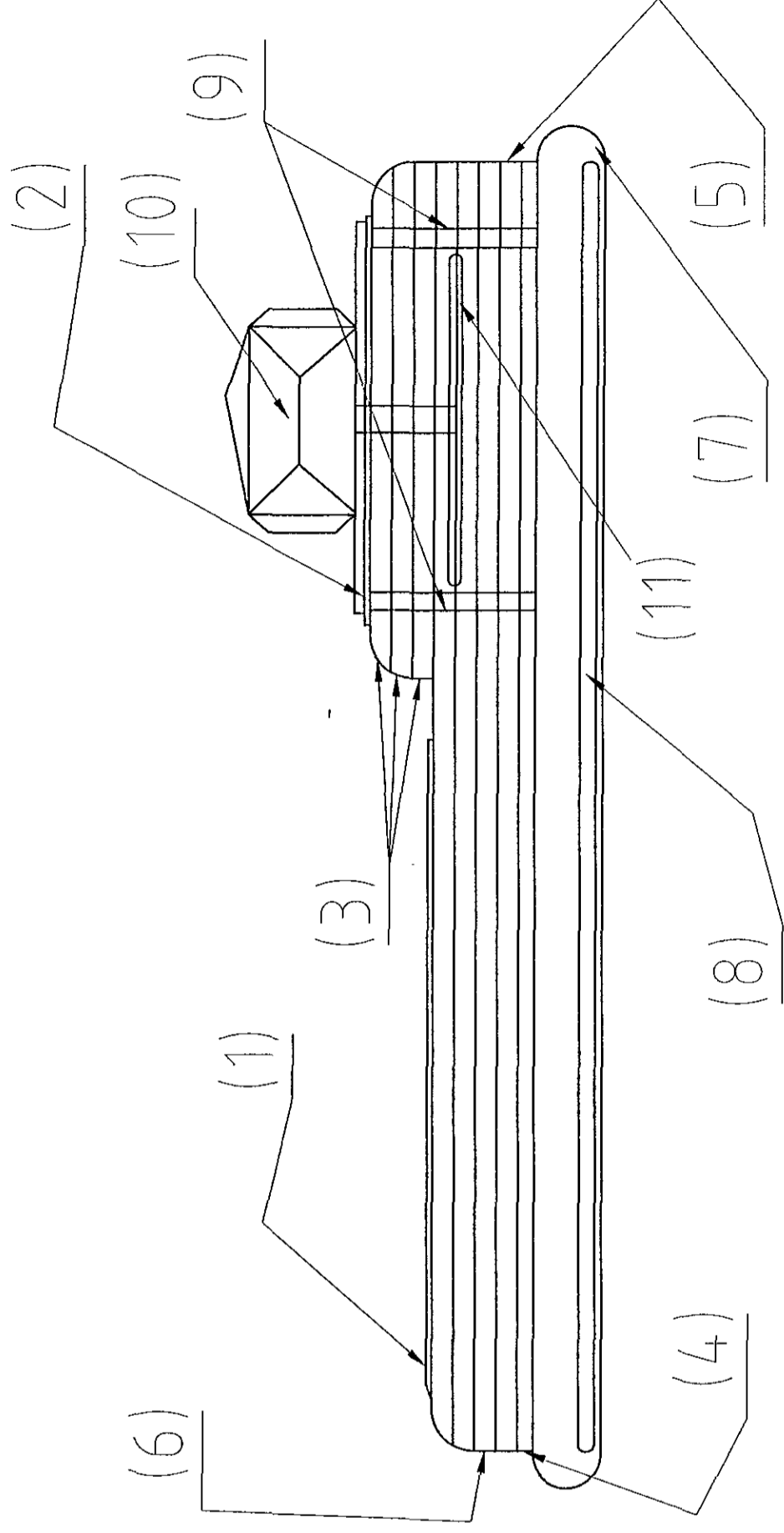




# APÉNDICE A-8

## PLANOS

(#)	DESCRIPCIÓN
(1)	CUBIERTA DE MADERA/PLANO 10
(2)	CUBIERTA DE ALUMINIO/PLANO 9
(3)	DUCTO PRINCIPAL POLIESTIRENO/PLANO 5
(4)	BASE DE MADERA/PLANO 2
(5)	1a. y 2da. CAPAS POLIESTIRENO/PLANO 3
(6)	3a. y 4ta. CAPAS POLIESTIRENO/PLANO 4
(7)	FALDON DE HULE
(8)	ESTRUCTURA P.V.C./PLANO 8
(9)	ESPÁRRAGOS DE SUJECIÓN
(10)	MOTOR
(11)	HÉLICE



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
 JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
 HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES  
 S/A

HOJA No. VES/003/004

ESCALA S/E

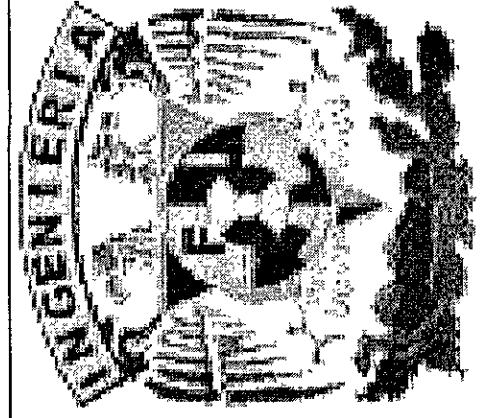
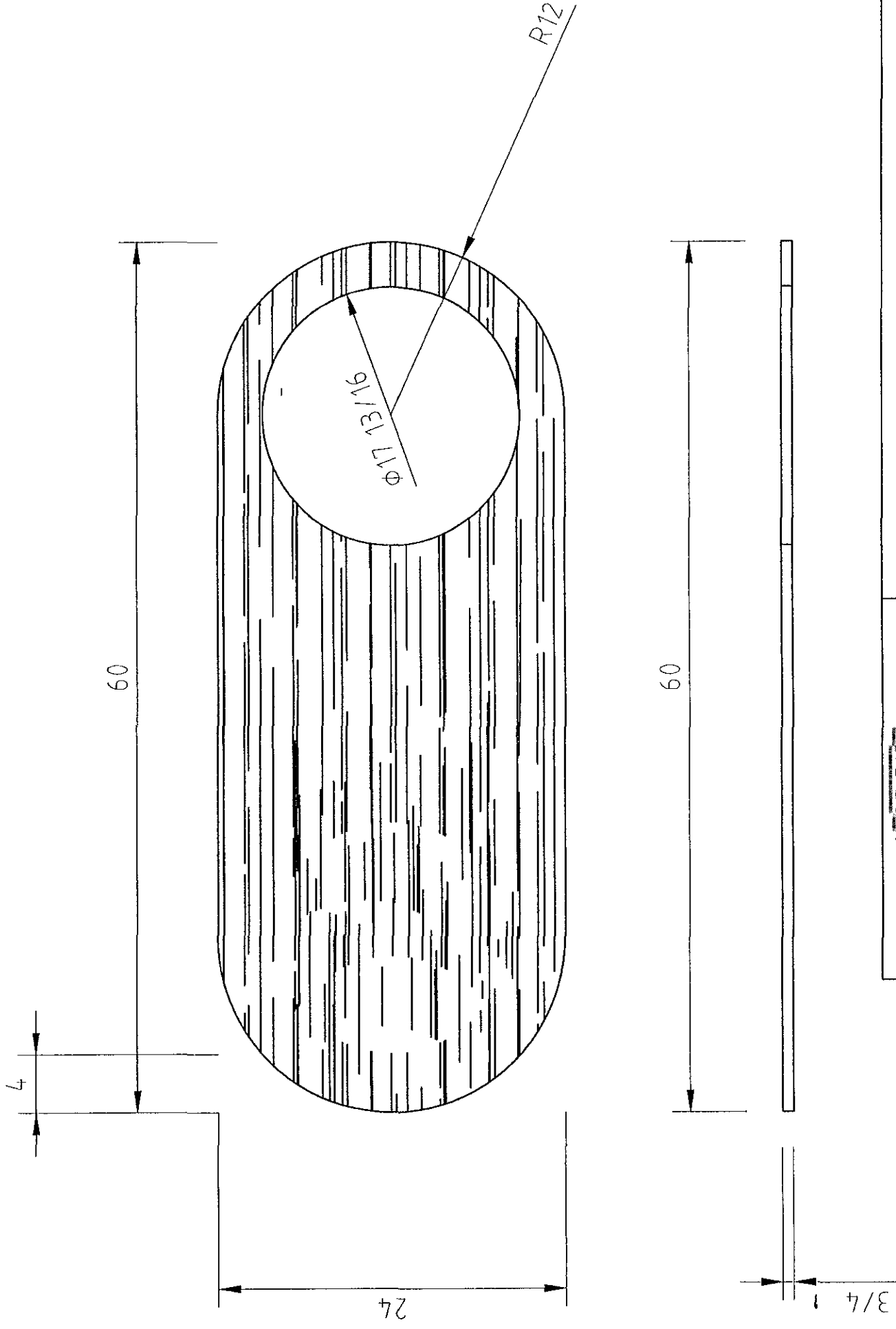
F.I. U.N.A.M.

PLANO 001

REVISIÓN 2

13/ENE/2000

BASE MADERA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSE MANUEL BAHAMONDE PELAEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES

HOJA No. MAD/001/002

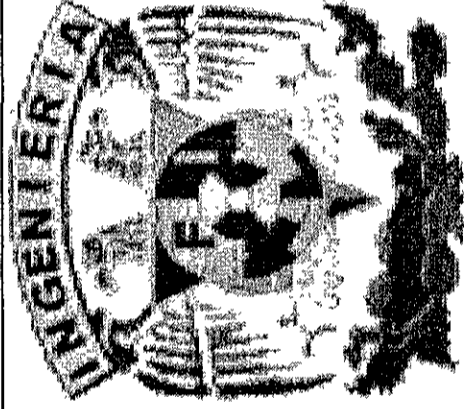
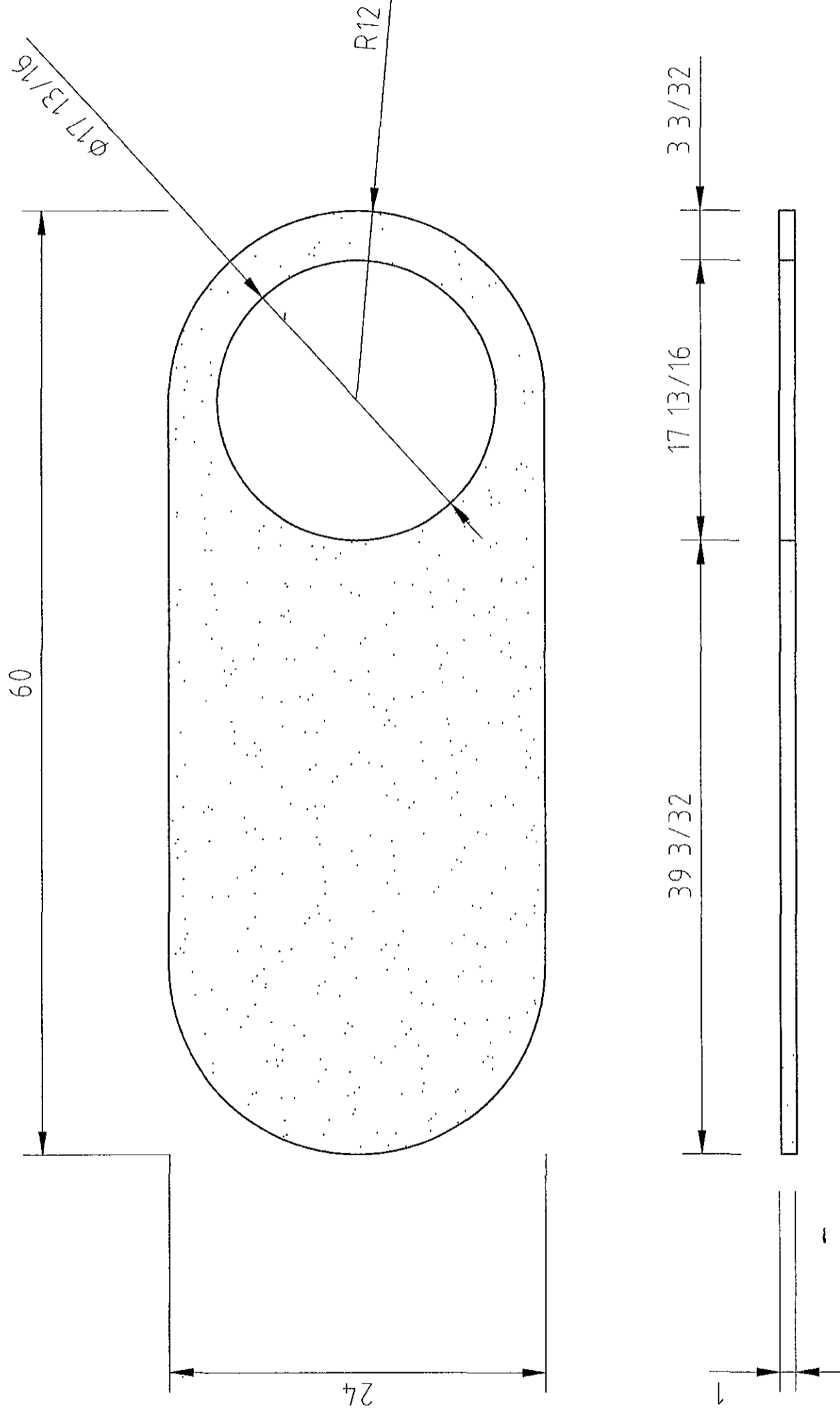
in.

ESCALA S/E | F.I. U.N.A.M. | PLANO 002

REVISIÓN 2

1a. y 2a. PLACAS DE POLIESTIRENO

13 /ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSE MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES  
in.

HOJA No.

ESP/001/002

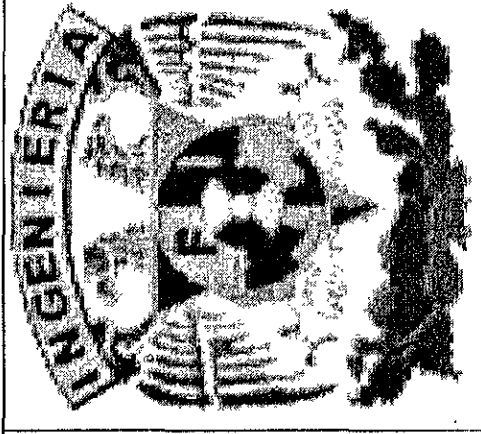
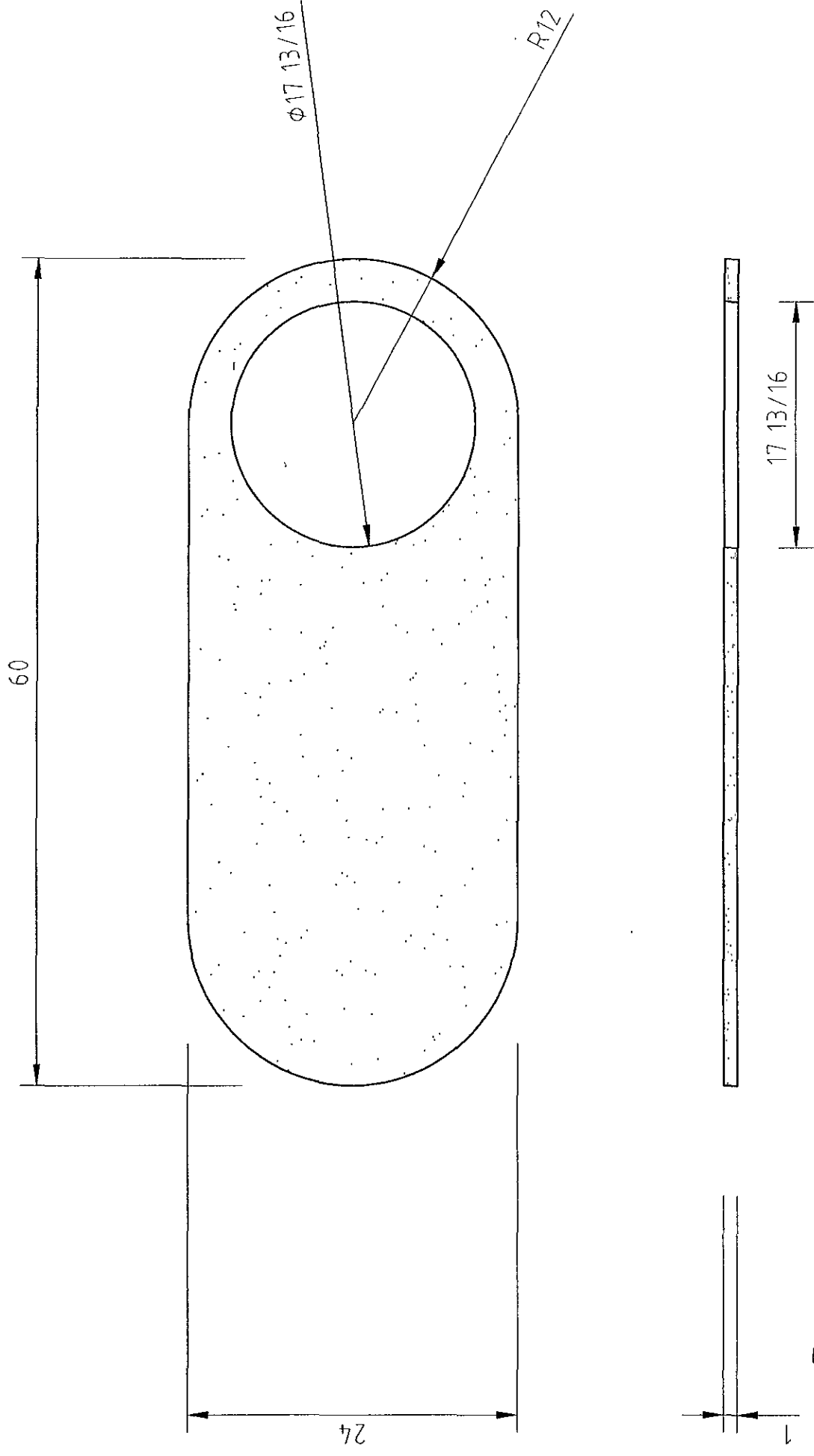
ESCALA S/E | F.I. U.N.A.M. | PLANO 003



REVISIÓN 2

3a. y 4a. PLACAS DE POLIESTIRENO

13/ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES  
IN.

HOJA No.

ESP/002-4/002

ESCALA S/E

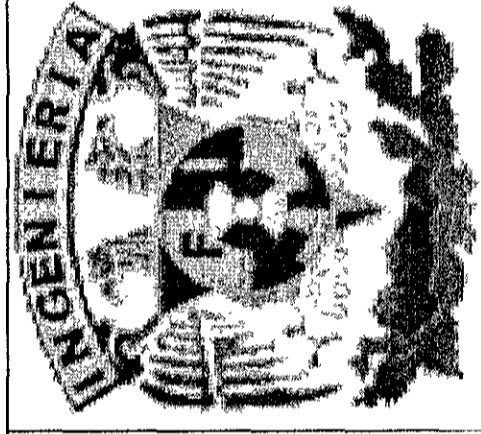
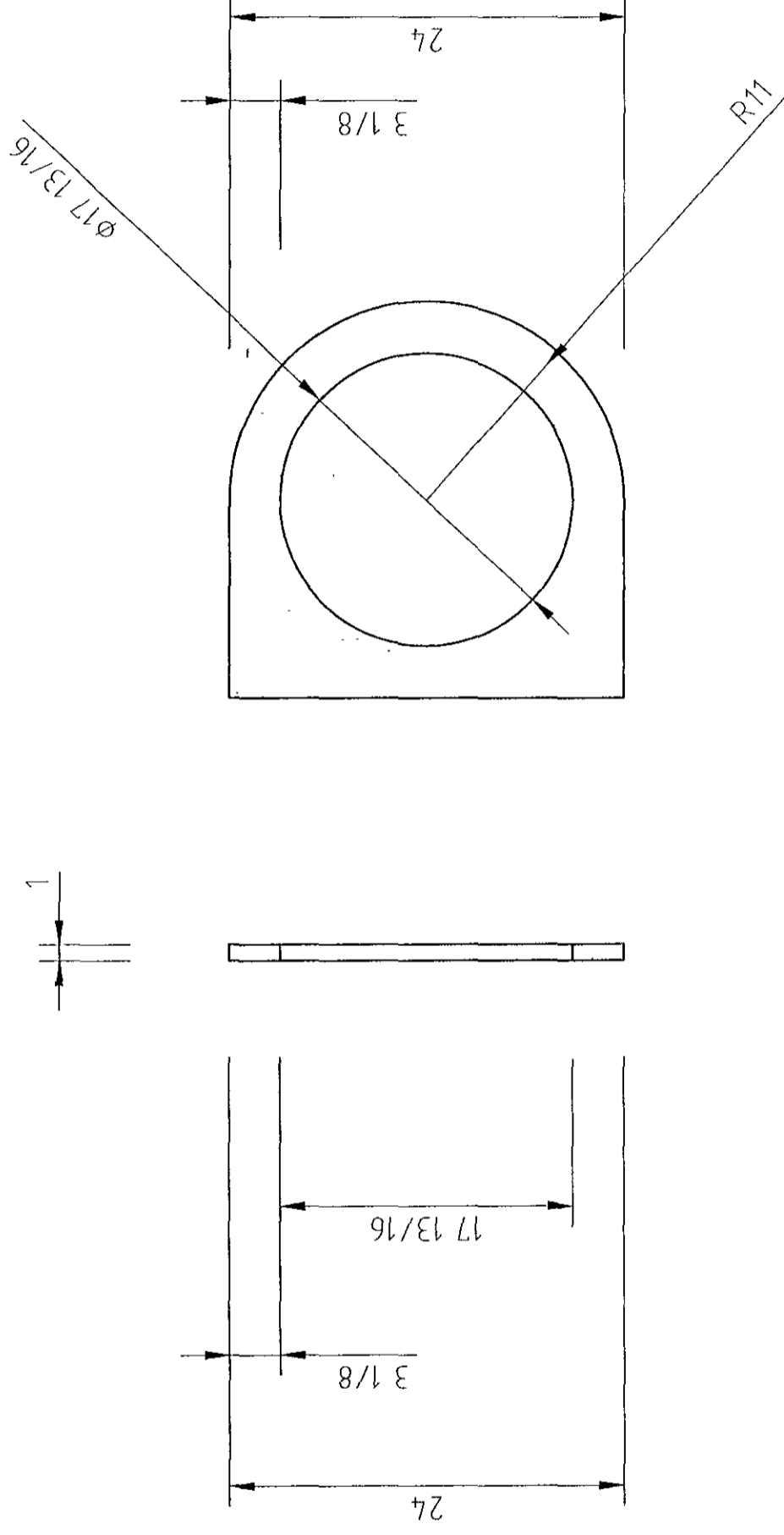
F.I. U.N.A.M.

PLANO 004

REVISIÓN 3

DUCTO PRINCIPAL DE POLIESTIRENO

15/ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES

in.

HOJA No.

DUC/001/003

ESCALA S/E

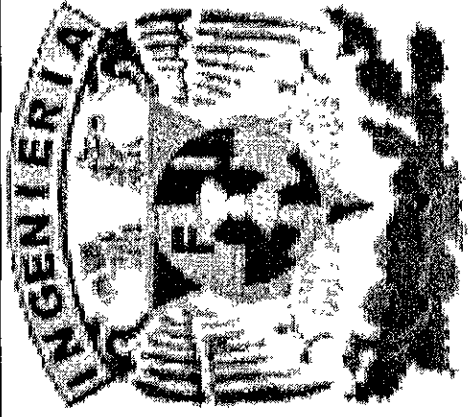
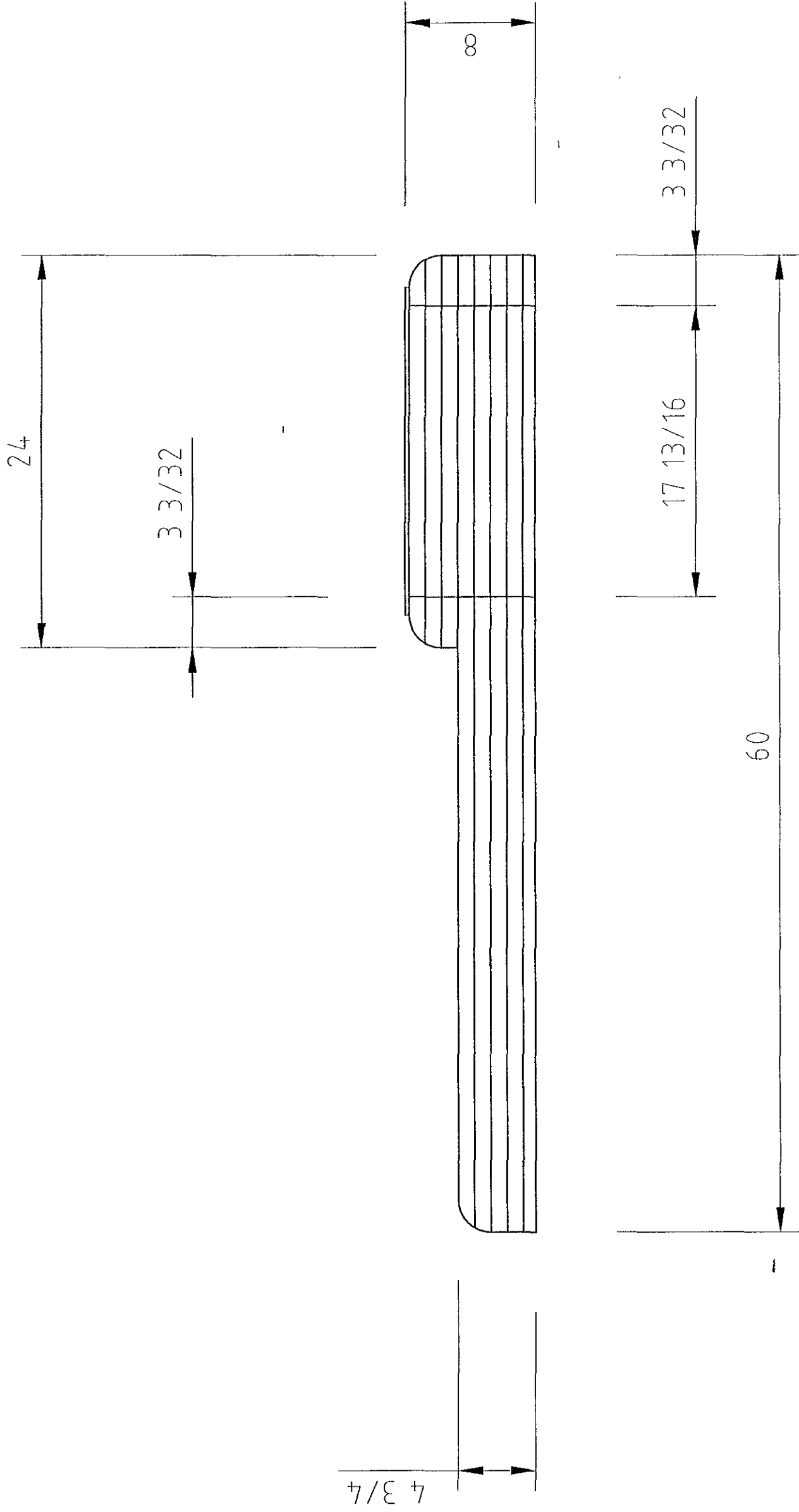
F.I. U.N.A.M.

PLANO 005

REVISIÓN 3

CORTE LATERAL COMPLETO

20/ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES

IN.

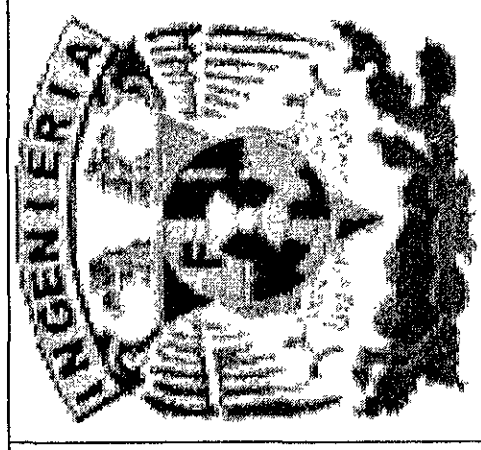
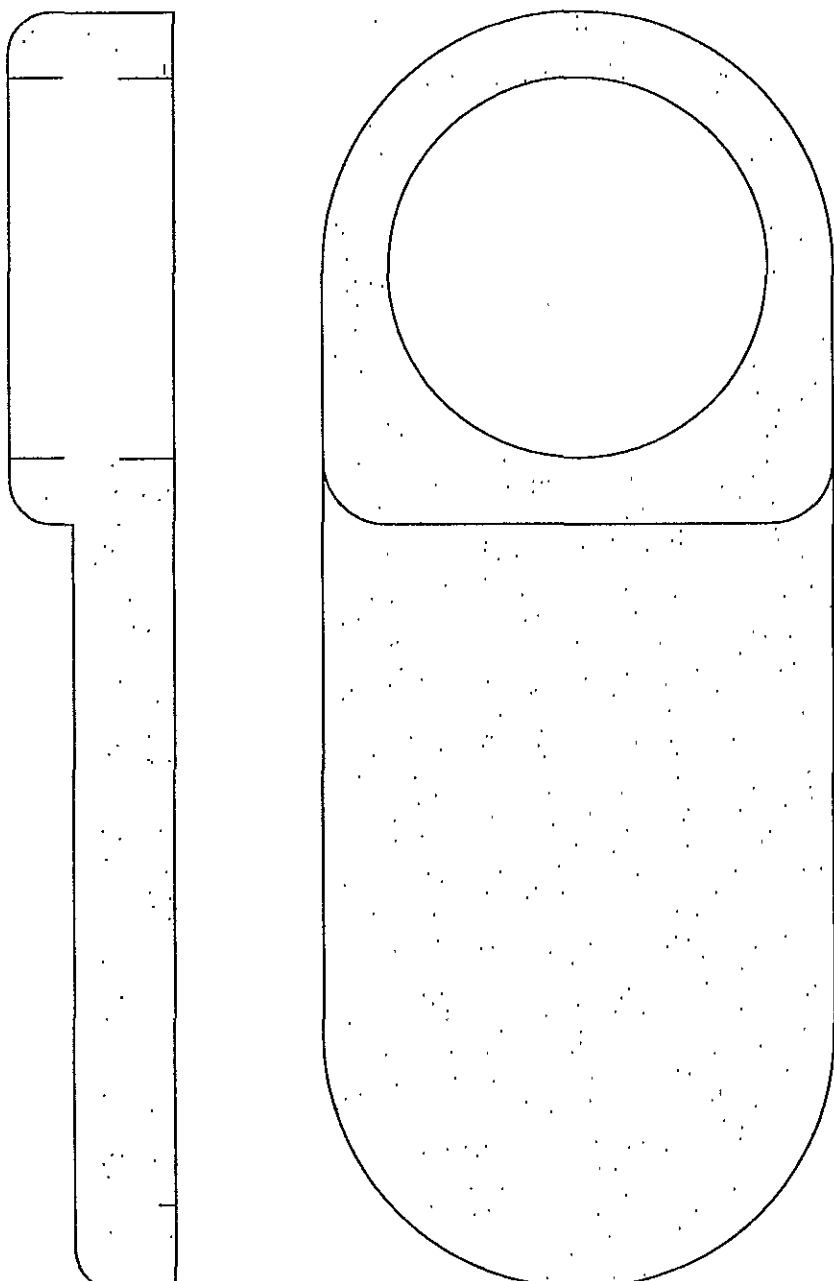
HOJA No.

VES/001/003

ESCALA S/E

F.I. U.N.A.M.

PLANO 006



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

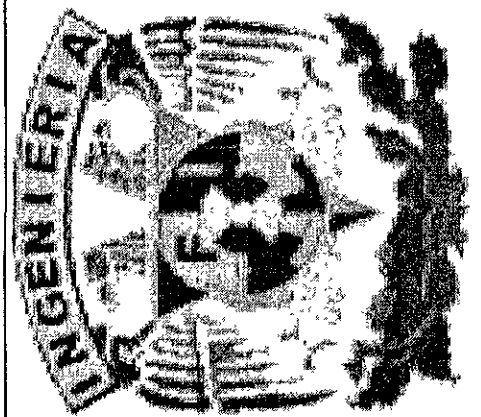
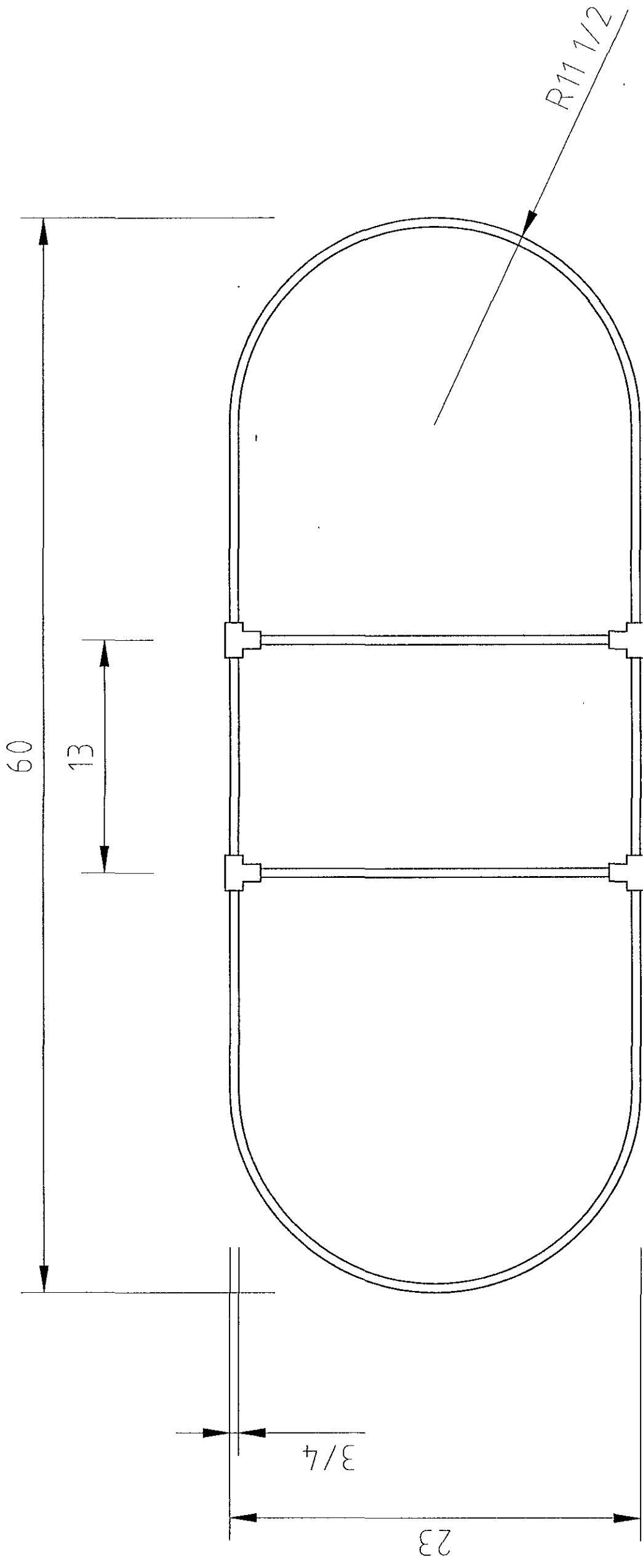
ACOTACIONES S/A HOJA No. VES/002/003

ESCALA S/E E.I. U.N.A.M. PLANO 007

REVISIÓN 2

ESTRUCTURA P.V.C.

13/ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES  
in.

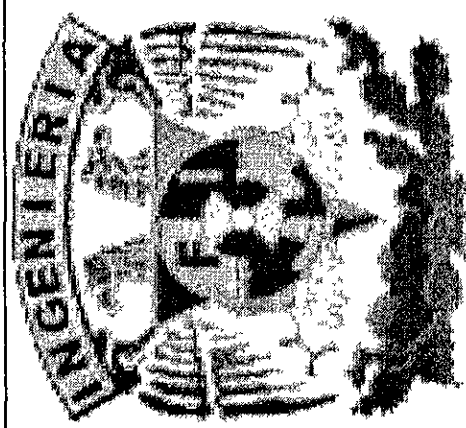
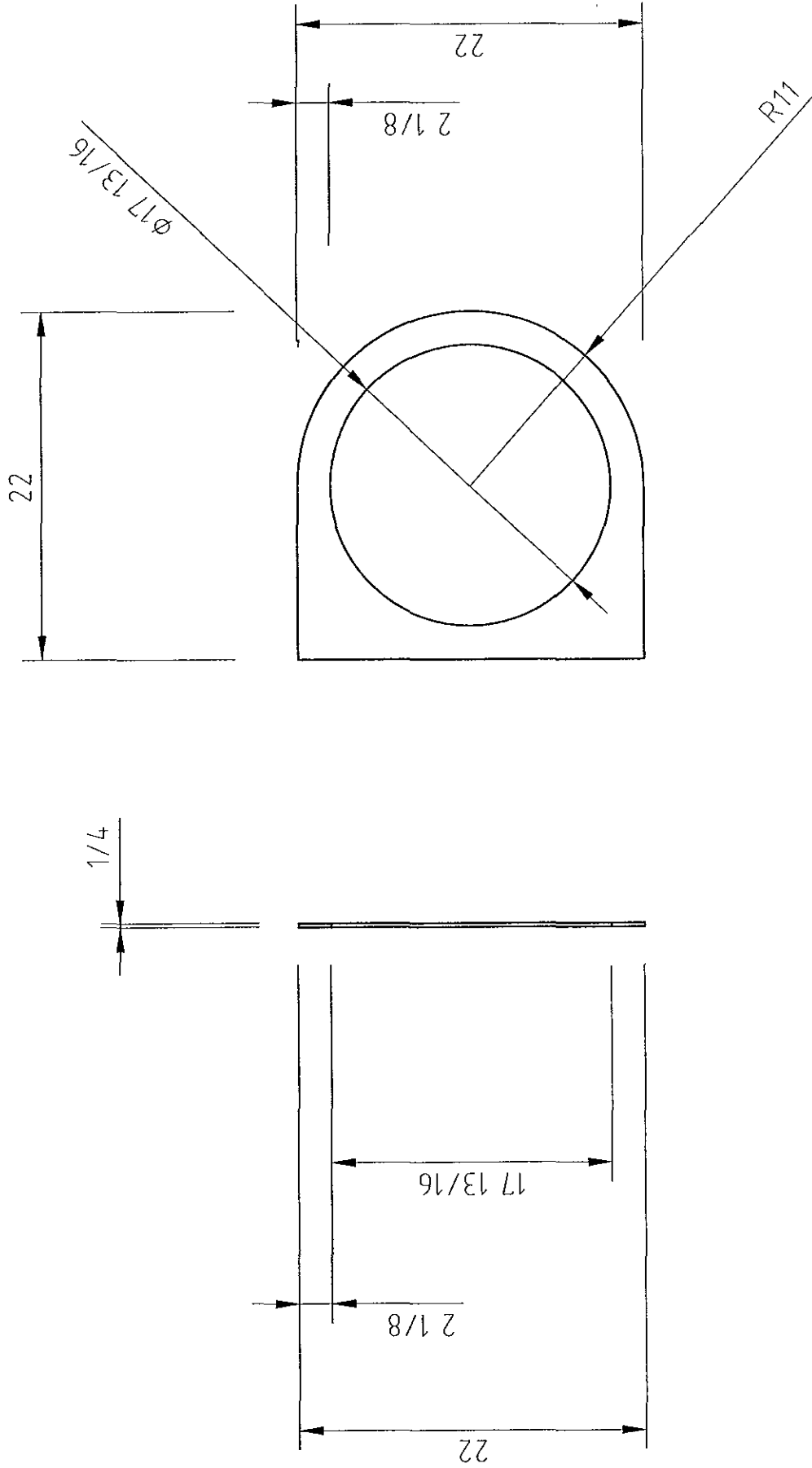
HOJA No. PVC/001/002

ESCALA S/E | F.I. U.N.A.M. | PLANO 008

REVISIÓN 2

CUBIERTA DE ALUMINIO

13/ENE/2000



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS  
HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES

in.

HOJA No.

ALU/001/002

ESCALA

F.I. U.N.A.M.

PLANO

009

REVISIÓN 1

CUBIERTA DE MADERA

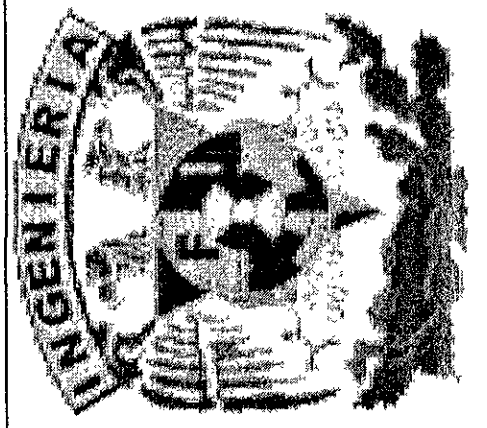
10/DIC/1999

1/4

30 7/8

19 3/4

R9 7/8



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN V.E.S.

JOSÉ MANUEL BAHAMONDE PELÁEZ  
JORGE ERNESTO BOLEAGA ORNELAS

HORACIO PEÑA TRISTÁN

ACOTACIONES

in.

HOJA No. CMD/001/001

ESCALA S/E | F.I. U.N.A.M. | PLANO 010

# APÉNDICE A-9

TABLA PROCESO  
DE FABRICACIÓN  
DEL PROTOTIPO.



**Apéndice A-9. Tabla Proceso de Fabricación del Prototipo.**

Nombre de la Pieza	Cantidad	Plano de referencia y dimensiones	Material	Operación	Máquina / Equipo	Pasos de la operación				
Base de madera	1	Plano 1	Madera de pino 3 /4" espesor 60" x 24"	Corte de curvas exteriores	Sierra Cinta	Marcar semicírculos exteriores				
					Lijadora	Cortar curvas exteriores				
					Taladro de mano – broca de 1/8"	Terminado / lijado de curvas exteriores				
					Caladora	Marcar círculo interior				
Cubierta de Aluminio	1	Plano 13	Placa de aluminio 1/4" 24" x 24"	Corte de círculo interior para ducto	Taladro de mano con dispositivo circular para lijar	Perforar madera para permitir uso de caladora.				
					Sierra Cinta	Corte de círculo interior.				
				Corte de semicírculo exterior.	Lijadora	Terminado / lijado de círculo interior.				
					Sierra Cinta	Marcar semicírculo exterior.				
				Corte de círculo interior para ducto.	Lijadora	Cortar semicírculo exterior.				
					Taladro de mano – broca de 1/8"	Terminado de perimetro exterior.				
					Caladora	Marcar círculo interior				
					Taladro de mano con dispositivo circular para lijar	Perforar para permitir uso de caladora.				
				Barrenos para sujeción de motor.					Caladora	Corte de círculo interior.
									Taladro de banco – broca.	Terminado / lijado de círculo interior.
						Marcado de posición de barrenos.				
						Perforación de barrenos.				

Pieza	Cantidad	Plano de referencia y dimensiones	Material	Operación	Máquina / Equipo	Pasos de la operación
Cubierta de madera	1	Plano 8	Triplay 1/4" 20" x 31"	Corte de semicírculo exterior.	Sierra cinta	Marcado de semicírculo
				Terminado de cubierta de madera	Lijadora	Corte de semicírculo exterior
Ducto principal	2	Plano 4	Placa de poliestireno extruido de 1" de espesor. 24 x 24 in.	Corte de semicírculo	Sierra cinta	Terminado / lijado de semicírculo exterior.
				Corte de círculo interior	Lija de agua	Hechura de chaflán.
					Navaja - exacto	Marcado de semicírculo
					Lija de agua	Corte de semicírculo
Capa de poliestireno	4	Plano 3	Placa de poliestireno extruido de 1" de espesor. 60 x 24 in.	Corte de semicírculos exteriores.	Sierra cinta	Terminado de contorno.
					Lija de agua	Marcado de círculo interior para ducto.
				Corte de círculo interior para ducto.	Navaja - exacto	Corte de círculo interior.
					Lija de agua	Terminado de ducto.
						Marcado de semicírculos exteriores.
						Corte de semicírculos
Faldón de hule	1	Sin	Hule (cámara de llanta)	Obtención de tiras de hule de 7 in. de ancho.	Navaja - exacto	Terminado de contorno
					Lija de agua	Marcado de círculo interior para ducto.
				Unión de segmentos - tiras.		Corte de círculo interior.
				Unión de segmentos para obtener el perímetro del vehículo.		
						Sellado de faldón.

Pieza	Cantidad	Plano de referencia y dimensiones	Material	Operación	Máquina / Equipo	Pasos de la operación
Estructura de PVC	1	Plano 7	Tubo PVC de 3 / 4 in de diámetro. Uniones T de PVC	Doblado de curvas exteriores.	Tina metálica con agua caliente. Patrón de curvatura Guantes	Calentar el tubo de PVC Doblar el tubo a la curvatura deseada.
				Corte de tubos rectos.	Sierra cinta	Marcar distancia de largueros y distanciadores. Corte de largueros y distanciadores.
				Armado de estructura	Pegamento de PVC	Armado de estructura comprobando correcto ensamble. Pegado de partes.

## BIBLIOGRAFÍA.

---

- [1] Doce mil grandes, Enciclopedia Biográfica Universal, Editorial Promexa.  
Vol. II 1992.
- [2] Baumister III, Theodore; Avalon, Eugene. Marks Manual del Ingeniero Mecánico 9ª edición, Editorial  
Mc Graw Hill, México.
- [3] Riley Robert Q. Pegasus, an hovercraft you can build, Popular Mechanics.  
USA, 1983.
- [4] Hollins, Bill; Pugh, Stewart; Successful Product Design, ed. Bulterworths, 1990.
- [5] Cross, Nigel; Engineering design methods, strategies for product design. 2<sup>nd</sup>  
edition, 1994.

### **Bibliografía en Internet.**

- [I] [www.hovercraft.com/terrain.html](http://www.hovercraft.com/terrain.html)
- [II] [www.innots.co.uk/~pault/hcgb.htm](http://www.innots.co.uk/~pault/hcgb.htm)
- [III] [www.hovercraft.com/how.html](http://www.hovercraft.com/how.html)
- [IV] [www.hovercraft.com/why.html](http://www.hovercraft.com/why.html)
- [V] [www.wwnet.net/~music/hovercraft.htm](http://www.wwnet.net/~music/hovercraft.htm)
- [VI] [www.vtweb.com/hovercraft/](http://www.vtweb.com/hovercraft/)
- [VII] [www.members.aol.com/murhover/page7](http://www.members.aol.com/murhover/page7)
- [VIII] [www.sportsmonweb.com/](http://www.sportsmonweb.com/)
- [IX] [www.mcfw.com/hover.htm](http://www.mcfw.com/hover.htm)
- [X] [www.hovertechnics.com](http://www.hovertechnics.com)
- [XI] [members.xoom.com/cmpotter/](http://members.xoom.com/cmpotter/)
- [XII] Video documental Extreme Machines, Discovery Channel.

[XIII] Foro de discusión alt.rec.hovercraft, (El histórico, se puede consultar en [www.dejanews.com](http://www.dejanews.com))

[XIV] [www.hoverclubofamerica.org/lift.html](http://www.hoverclubofamerica.org/lift.html)

[XV] [www.hoverclubofamerica.org/shape.html](http://www.hoverclubofamerica.org/shape.html)

[XVI] [www.hoverclubofamerica.org/fmduct.htm](http://www.hoverclubofamerica.org/fmduct.htm)

[XVII] [www.hovercraft.com/driving.html](http://www.hovercraft.com/driving.html)

[XVIII] [www.multi-wing.com/](http://www.multi-wing.com/)

[XIX] [www.multi-wing.com/idx-product.htm](http://www.multi-wing.com/idx-product.htm)