

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



## DISEÑO DE UN PLATO PARA LA ALIMENTACIÓN DE UN NIÑO CON AMELIA CONGÉNITA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECATRÓNICO**

AUTOR

**ALAN GERSON GARCÍA CAMPOS**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA**



AGOSTO DE 2011

MÉXICO D.F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por impulsarme día con día, a mi hermano por ser un gran ejemplo a seguir, al Dr. Adrián Espinosa Bautista por su gran apoyo en este trabajo, a mis profesores por brindarme más que una buena preparación, y a todos los que hicieron posible que me convirtiera en quien ahora soy.

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	iii
<b>CAPÍTULO 1 Requerimientos y especificaciones de diseño</b>	1
1.1 Situación presente	1
1.2 Definición de la necesidad y alcances	3
1.3 Información del usuario	4
<b>CAPÍTULO 2 Antecedentes y estado del arte</b>	11
2.1 Se aborda el caso de Carlos	11
2.2 Benchmarking	12
2.3 Soluciones previas relacionadas con el problema	18
<b>CAPÍTULO 3 Soluciones propuestas</b>	31
3.1 Lluvia de ideas	32
3.2 Análisis de las ideas	39
3.3 Generación de conceptos para subsistemas	43
3.4 Sistema transportar	44
3.5 Sistema dosificar	49
3.6 Análisis de sistemas	54
<b>CAPÍTULO 4 Evolución del diseño</b>	61
4.1 Base del diseño	61
4.2 Primer diseño y sus sistemas	63

4.3	Discusión de los sistemas	70
4.4	Segundo diseño y sistemas modificados	72
4.5	Consideraciones para el control	83
<b>CAPÍTULO 5 Diseño a detalle</b>		<b>87</b>
5.1	Sistema dosificar	87
5.2	Sistema transportar	99
5.3	Mecanismos para desarme	109
5.4	Fuente de poder	112
5.5	Sistema de control	114
<b>CAPÍTULO 6 Análisis de resultados</b>		<b>123</b>
6.1	Análisis del diseño final	123
6.2	Propuesta para un segundo diseño	126
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>129</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>136</b>
A1	Planos	138
A2	Data Sheets	172
A3	Código fuente	184
A4	Marco teórico <i>amelia</i> y <i>meromelia</i> congenita	186

# INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la nomenclatura internacional se entiende como *amelia* congénita a la enfermedad caracterizada por la ausencia total de una extremidad o extremidades, y como *meromelia*<sup>[i]</sup> a la ausencia de parte de una extremidad o extremidades, en casos muy raros estas patologías se presentan en las cuatro extremidades. Conforme a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)<sup>[ii]</sup> del censo aplicado en el año 2010, 5'739'270 personas tienen algún tipo de limitación, de los cuales 5.5% tienen alguna discapacidad para atender el cuidado personal.

Existe poca tecnología generada para ayudar a personas con algún tipo de discapacidad, lo que vuelve a los productos de este tipo costos y de difícil adquisición, pues algunas veces se deben hacer pedidos a otros países o en otros casos no existe la tecnología necesaria para ayuda a este tipo de pacientes. Este es el caso de Carlos, un niño de 10 años el cual sufre este padecimiento, su madre acudió a la facultad de ingeniería de la UNAM para poder ayudarlo a resolver problemas que surgían para actividades cotidianas en las cuales no podía realizar de manera independiente como alimentarse. En el presente trabajo se buscó diseñar un sistema capaz de ayudar a un paciente de esta índole, por lo que el objetivo es **diseñar un dispositivo para ayudar a alimentar de manera autónoma a un niño con amelia congénita.**

A través de los diferentes capítulos que se presentarán a lo largo del cuerpo escrito se mostrarán todos los pasos en el proceso de diseño para poder lograr el diseño de éste dispositivo, partiendo en el primer capítulo desde el análisis del caso a resolver, las necesidades y requerimientos del usuario final, para después en el capítulo 2 seguir con

<sup>i</sup> Mayor información de estas enfermedades en el apéndice A.4 *Amelia* y meromelia congénita.

<sup>ii</sup> <http://www.inegi.org.mx/>. Consultada el 4 de Abril de 2011.

una investigación de los conceptos, productos y patentes generados respecto al tema de personas con dificultades en este ámbito. Posteriormente, se mostrará en el capítulo 3 el proceso de diseñar un producto desde la propuesta de ideas iniciales y la forma de seleccionar la óptima, así como la configuración de cada una de sus funciones principales.

En el capítulo 4, como una forma de optimizar el resultado, se hará un análisis de la primera propuesta de diseño para encontrar sus defectos, y de esta forma proponer un segundo diseño, que corrija estas fallas para asegurar un mejor resultado. Para que el diseño quede entendido en su totalidad, en el capítulo 5 se mostrará el diseño a detalle de cada componente, así como información acerca de la propuesta de manufactura de aquellos, con el fin de mostrar el resultado final del proceso de diseño.

En el capítulo 6 se realiza una última crítica del diseño propuesto, sus bondades y desventajas, los posibles complementos que se podrían añadir después de hacer pruebas físicas, con el prototipo resultado del sistema propuesto, algunas ideas a futuro para la siguiente generación de este diseño y la conclusión final del proyecto.

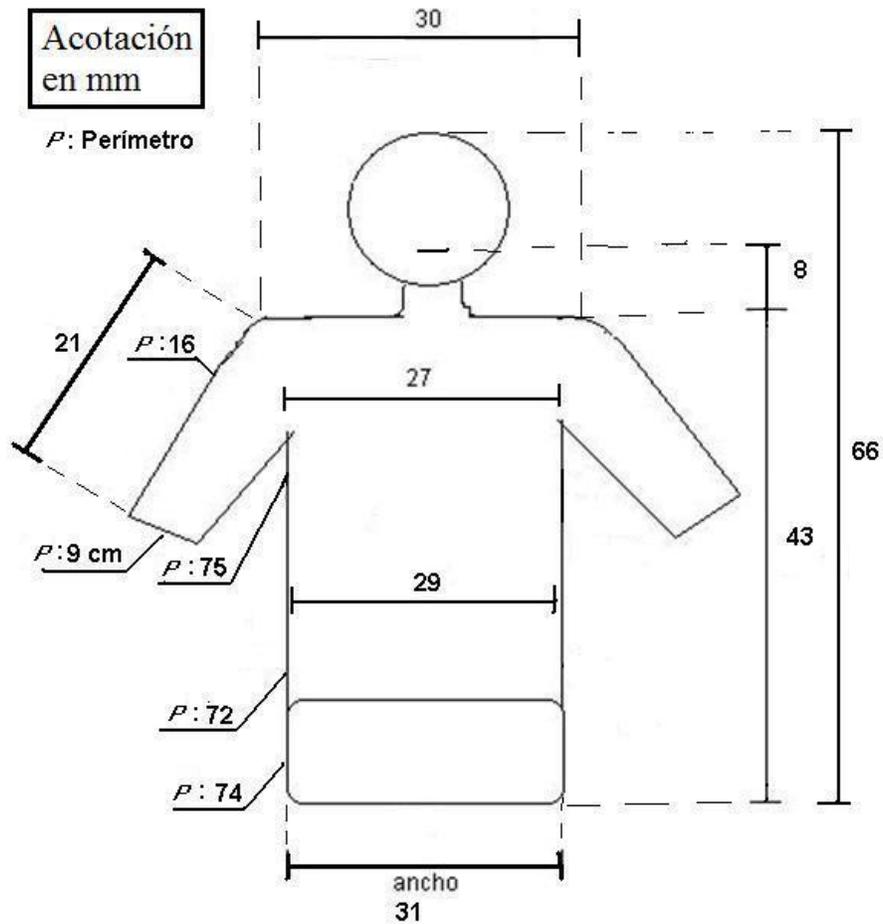
## CAPITULO 1

### Requerimientos y especificaciones de diseño

#### 1.1 Situación presente

Se realizará un diseño para ayudar a alimentar de manera autónoma a un niño con *amelia* congénita, siendo más específico, se abordará el caso de Carlos, un niño de 9 años de edad, que padece de *amelia* en sus extremidades inferiores y de *meromelia* en sus extremidades inferiores, teniendo una desarticulación transhumeral.

En el año 2010 se tomaron mediciones de su cuerpo, las cuales se muestran en la Figura 1.1.



**Figura 1.1** Medidas antropométricas del usuario (Carlos).

El caso de Carlos se presentó cuando su madre acudió a la UNAM para pedir ayuda, con el fin de resolver los problemas que se presentan en la vida cotidiana de Carlos, a manera de que pueda ser más independiente de los cuidados de terceros.

Los problemas que su madre solicitó resolver y en los cuales depende completamente de otra persona, fueron para las siguientes actividades:

- Manejar su silla de ruedas
- Escribir
- Vestirse
- Ir al sanitario
- Alimentarse.

Esta última tarea, la alimentación, es la que se resolverá en el presente proyecto.

## 1.2 Definición de la necesidad y alcances

Basándonos en la metodología propuesta por el autor Dieter<sup>[4]</sup>, como primer paso se debe definir cuál será la necesidad que se va a satisfacer, pues si ésta no está clara y presente durante todo el desarrollo del proyecto, puede que el resultado final no sea el deseado o el adecuado. De igual forma, se debe definir el objetivo del proyecto, pues será la medida para poder decir si se concretó o no satisfactoriamente. El conocer los límites de inicio y delimitar los alcances ayudará a saber las condiciones de inicio de las cuales se parte y el momento del proceso en el que se termina, pues no es necesario cubrir las tareas que no son requeridas por el usuario ni ir más allá de lo que se pide, pues puede resultar un gasto innecesario de tiempo y recursos, sin asegurar complacer al usuario.

### **Necesidad**

Se debe encontrar una forma de que Carlos se alimente de forma autónoma y de manera práctica.

### **Objetivo del proyecto**

Diseñar un prototipo de un dispositivo que permita a Carlos alimentarse de manera autónoma.

### **Límite de inicio**

Se parte desde que se le sirve la comida en el plato y se pone enfrente de él, en su lugar para comer.

### **Alcances**

Se parte de que se le sirve la comida en el plato y se pone enfrente de él.

El resultado final del dispositivo debe ser que Carlos haya podido ingerir por sí mismo la comida del plato.

La operación del sistema puede ser automática o semiautomática.

La comida debe ser comida sólida, sin líquido, y desmenuzada o menuda (como arroz, frijoles, picadillo, etc.).

### 1.3 Información del usuario

Para este caso, la obtención de información no podía partir de un cuestionario aplicado al usuario; sin embargo, la otra información con la que se contaba era el equivalente a una visita a la planta, que es el ir a visitarlo a su casa y observar su forma de comer actual, su espacio y su habilidad para manipular objetos.

De las observaciones realizadas en esta visita se obtuvieron los siguientes datos:

**Nombre:** Carlos

**Género:** Masculino

**Edad:** 9 años

**Peso:** 24 kg

**Nivel Socioeconómico:** Medio bajo.

**Discapacidad:** posee *amelia* congénita en piernas y *meromelia* congénita transhumeral en brazos.

**Medicamentos:** Ninguno

**Vivienda:** Casa propia parecida al tipo interés social.

#### Características de su vida cotidiana:

- Tiene muchas ocupaciones en el día (cursos, clases especiales, etc.), por lo que sale de su casa continuamente.
- Come en varios tipos de mesa, a pesar de tener una mesa para niños, no tiene un lugar fijo para comer.

#### Características de su hogar:

- Su cuarto se encuentra ubicado en a planta alta.
- Cuando se sienta para comer, la mesa le llega a una altura ligeramente superior al plano transversal horizontal.

- Su mesa tiene una altura de 51 cm, es cuadrada y tiene 60 cm por lado.
- Su mesa cuenta con 4, sillas cuyas alturas son de 30 cm.

**Habilidades con las que cuenta el usuario:**

- Puede tomar un plato (sujetándolo de los extremos con sus brazos), acercarlo a su boca e inclinarlo para beber algún líquido que éste contenga.
- Tiene un alcance con sus brazos de 20 cm para tomar cosas.
- Los platos grandes y redondos le estorban para comer, pues lo tiene que sujetar por los extremos laterales y aquellos pueden pasar su mentón, un ejemplo de estos platos son aquellos que tienen una forma de cono truncado y mide 23 cm de diámetro superior, 9 cm de diámetro inferior (base del plato) y 4 cm de altura.
- Un contenedor que le agrada, por la facilidad con la que lo domina, tiene una forma parecida a un cuadrado redondeado, cuyas medidas son 13 cm por lado (tomándolo como cuadrado) en la parte superior, 7 cm por lado en la parte inferior y una altura de 6 cm.
- Es capaz de levantar 1 kg sin problema.
- Es capaz de manejar una laptop, navegar por internet y jugar en ella un videojuego sencillo.
- Es diestro.
- Posee gran sensibilidad en los brazos.
- Se le pidió que usara un contenedor con agarraderas a fin de que pudiera usarlas como apoyo para levantar el traste e intentara tomar de su interior. Sin embargo, por la forma de sujetar los platos, le es más fácil presionarlos e inclinarlos, pues con las agarraderas tiene que empujar el contenedor con la boca para inclinarlos.
- Sus brazos son muy sensibles a la temperatura que las palmas de la manos lo son normalmente, por lo que si los objetos que sujeta se encuentran fríos o calientes, le pueden molestar.

A partir de estas observaciones, se pudieron establecer los siguientes requerimientos con su ponderación de prioridad, la cual está basada en las necesidades identificadas durante la visita, los puntos dados a esta jerarquización toman los valores de 9 (muy importante), 3 (importante) y 1 (poco importante); y se muestran dentro de un paréntesis a la izquierda de cada requerimiento:

- (9) Práctico de usar
- (9) Manipulable por el usuario
- (1) Llamativo para niños
- (3) No debe ser resbaloso
- (3) La parte para sujetar debe tener temperatura agradable
- (3) Debe ser portátil
- (9) Debe ser higiénico
- (3) Debe poderse lavar
- (1) Fácil de dar mantenimiento
- (3) No debe gastar mucha energía
- (3) No debe ser estorbo
- (9) Debe ser seguro.

Una vez establecidos estos requerimientos con su respectiva ponderación, se pueden obtener las especificaciones de diseño utilizando la matriz QFD para el producto. Esto es de suma importancia, pues cualquier dispositivo que se diseñe, compre u obtenga debe de cumplir con estos requerimientos de diseño para poder satisfacer las necesidades del usuario.

### **Matriz QFD**

A continuación se mostrará la matriz QFD (*Quality Function Deployment*, “Despliegue de la Función de Calidad”) en la Tabla 1.2, para mostrar los principales parámetros a los que hay que prestarle atención, pues serán los que mejor satisfagan las necesidades del usuario. Esto ayuda en gran medida a no distraerse resolviendo otros problemas o perfeccionando ciertos detalles que al finalizar el diseño no resuelvan las necesidades que realmente tiene el usuario.

Para elaborar esta matriz se seguirá la metodología que propone el autor Dieter<sup>[4]</sup>, en la cual se colocarán los requerimientos del cliente en el extremo izquierdo, agrupados por su función para un mejor entendimiento de la propia matriz, enfrente y hasta el extremo derecho se indicará su prioridad absoluta y relativa.

En la parte superior se colocarán las especificaciones que puedan resolver alguno de los requerimientos, debajo de cada una se indicará si se desea que este parámetro aumente o disminuya, así como la unidad en la que se puede medir; es muy importante buscar que sean parámetros que puedan medirse, ya que esta parte es la que transforma requerimientos subjetivos en especificaciones técnicas de diseño.

Se pondrá una puntuación de 0, 1, 3 y 9 dependiendo qué tan bien las especificaciones propuestas cumplen con cada uno de los requerimientos solicitados. Una vez obtenida esta puntuación, por especificación se realizará la suma de cada uno de los valores obtenidos dentro de la matriz, por la prioridad relativa del requerimiento que califica, así se podrán combinar la utilidad de la especificación por la importancia del requerimiento.

Las especificaciones que muestren un mayor puntaje serán las que se tomen como prioridad y las de menor serán consideradas pero en menor medida. Para indicar los resultados en la matriz, se utilizará el código de colores mostrado en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Código de colores para la Tabla 2.

	Alta prioridad
	Media prioridad
	Baja prioridad

Tabla 1.2 Matriz QFD.

Objetivo	
-	Disminuir
+	Aumentar
S	Suficiente

Ponderaciones	
1	Poco importante
3	Importante
9	Muy importante

	Requerimientos del cliente	Objetivo	Dimensiones											Prioridad absoluta	Prioridad relativa	
		Unidad	-	-	+	-	S	+	-	-	+	-	-			
			cm	kg	cm <sup>3</sup>	W/m <sup>2</sup> K	W	%	#	#	#	#	min			
Operación	Práctico de usar		3	1	9	1			9			9		9	9	0.161
	Manipulable por el usuario		9	9		3									9	0.161
	Debe ser portátil		9	9	1										3	0.054
	Debe poderse lavar							9	3						3	0.054
	No debe ser estorboso		9		1										3	0.054
Diseño interno	Debe ser higiénico							9							9	0.161
	Fácil de dar mantenimiento								9	9					1	0.018
	No debe gastar mucha energía						9						9	3	0.054	
	Debe ser seguro					3	9					9		9	0.161	
Diseño externo	Llamativo para niños			1		9							9	1	0.018	
	No debe ser resbaloso			3										3	0.054	
	La parte a sujetar debe tener temperatura agradable					9								3	0.054	
Calificación absoluta		17.80	2.89	2.27	1.55	1.77	1.93	1.93	1.77	0.16	1.45	1.61	0.48	56	1	
%		100.00	16.25	12.74	8.73	9.93	10.83	10.83	9.93	0.90	8.12	9.03	2.71			

En esta parte de la matriz QFD, se analizará el nivel de relación que tiene cada una de las especificaciones propuestas y así establecer una idea de las ventajas o problemas que se presentarán.

**Tabla 1.3** Segunda parte matriz QFD.

Dimensiones	Peso del dispositivo	Capacidad plato	Transferencia térmica de superficie	Potencia de los actuadores	Articulaciones y mecanismos cubiertos	Cantidad de piezas a desarmar para lavar	Piezas manufacturadas	Seguros de protección	Pasos para usar	Tiempo de funcionamiento
		-	X	-	S	-				Dimensiones
			X							Peso del dispositivo
								-		Capacidad plato
							S			Transferencia térmica de superficie
										Potencia de los actuadores
					X	-	Y			Articulaciones y mecanismos cubiertos
						S	X	-		Cantidad de piezas a desarmar para lavar
										Piezas manufacturadas
								-		Seguros de protección
										Pasos para usar
										Tiempo de funcionamiento

Nivel de Relación	
Y	Fuerte y positivo
I	Positivo
-	Negativo
X	Fuerte negativo
S	Relacionado

Una vez desarrollada esta matriz se puede apreciar en la Tabla 1.4 las especificaciones técnicas que debe cumplir el dispositivo.

**Tabla 1.4** Especificaciones técnicas.

	Objetivo	Unidad	Porcentaje de prioridad
Dimensiones	-	cm	16.25
Peso del dispositivo	-	kg	12.74
Capacidad plato	+	cm <sup>3</sup>	8.73
Transferencia térmica de superficie	-	W/m*K	9.93
Potencia de los actuadores	S	W	10.83
Articulaciones y mecanismos cubiertos	+	%	10.83
Cantidad de piezas a desarmar para lavar	-	#	9.93
Piezas manufacturadas	-	#	0.90
Seguros de protección	+	#	8.12
Pasos para usar	-	#	9.03
Tiempo de funcionamiento	-	min	2.71
		Total	100

Estos valores serán de gran utilidad más adelante cuando se tenga que tomar alguna decisión de diseño, sobre todo al emplear la herramienta de la matriz de decisión.

## CAPÍTULO 2

### Antecedentes y estado del arte

#### 2.1 Se aborda el caso de Carlos

En el caso del problema de la alimentación, que es el que se resolverá en el presente trabajo, ya se habían pensado con anterioridad algunas soluciones a este problema, las cuales habían sugerido ideas puramente mecánicas, como mecanismos de cuatro barras y otros parecidos, con el fin de simular una articulación extra para su brazo y así poder manipular una cuchara. Sin embargo, estos resultaban ser grandes, de difícil manipulación y poco prácticos; por lo que se pensó en una solución que incluyera dispositivos electrónicos con el fin de disminuir dimensiones.

Otro aspecto importante que se debe de tomar en cuenta es la psicología del usuario, pues como es mencionada en una tesis consultada para este trabajo <sup>[8]</sup>, *El usuario discapacitado*, como diseñador hay que preguntarse el sentimiento que afronta el usuario al emplear la ayuda técnica que le ofrecemos, si llega a sentir ansiedad, conformidad, orgullo o satisfacción, pues al diseñar se debe de mantener en cuenta las emociones humanas y darse cuenta de lo que esperan del producto. La autora de esta tesis también menciona que se deben de tener en cuenta los datos tecnológicos, la organización de sus componentes, la relación producto/usuario, la manera en que será aceptado, percibido y comprendido; pues no es suficiente que un producto funcione, sino que también debe de encajar en las habilidades y mente de la persona que lo utiliza.

## 2.2 Benchmarking

Como una de las herramientas que se deben de usar al iniciar cualquier proceso de diseño, mejora de producto o aspectos afines, se tiene al *benchmarking*, el cual consiste en la búsqueda de información relacionada con el proyecto, sobre todo aquella que pueda ser la competencia directa o indirecta, pues sólo así se tendrá la idea de qué tan avanzados se encuentran los productos o servicios en el mercado y de esta forma, evitar repetir los las ideas de los competidores pensando que se es creativo, o de la misma manera, buscar una solución más creativa a las existentes en el mercado.

Para este caso en específico se utilizará esta herramienta para la búsqueda de dispositivos que ayuden, faciliten o cumplan con la tarea de la alimentación de personas con discapacidades físicas para su alimentación, problemas para alimentarse de manera autónoma o alguna otra situación que le cause conflicto para la adaptabilidad en su ambiente.

Este paso, aunque parezca meramente informativo o como un paso más en el proceso de diseño, es de suma importancia, pues se podría encontrar con que ya existe algo al alcance del usuario que satisfaga sus necesidades, lo que volvería inútil el dedicar tiempo y esfuerzo en diseñar algo parecido, pues sería más simple ayudar a conseguir dicho dispositivo. Por el contrario, se puede encontrar que no haya dispositivos que cumplan específicamente con la función deseada, pero puedan proporcionar valiosas ideas para el diseño de un dispositivo especializado.

Al efectuar una investigación en diferentes buscadores y portales electrónicos de productos para facilitar la alimentación, se encontraron los siguientes:



**Figura 2.1** Cubiertos con mangos ergonómicos.

El conjunto de cubiertos de la Figura 2.1 son resistentes y se pueden lavar en lavavajillas. Existen dos tipos:

A) Estándar (cubiertos sobre el plato)

Poseen un mango ergonómico recto que facilita su sujeción. Todos tienen una longitud de 114 mm y sus pesos son:

Cuchillo 42 g

Tenedor 38 g.

Cuchara 44 g.

B) Angulares (cubiertos sobre la mesa)

Disponen de un mango contorneado y arqueado, con lo que se consigue el efecto angular de manera elegante. Son de gran utilidad para personas con dificultades de movimiento en la muñeca o en los dedos. El cuchillo tiene el mango recto y la hoja forma un ángulo recto. Con ello se consigue mejorar la capacidad de corte sin mucho esfuerzo, ni movimiento de la muñeca. Todos tienen una longitud de 114 mm y sus pesos son:

Cuchillo 78 g

Tenedor izquierdo o derecho 48 g

Cuchara izquierda o derecha 54 g.



**Figura 2.2** Cubiertos con curvatura en el extremo.

Los cubiertos de la Figura 2.2 poseen un ángulo cercano a los 90° en el extremo, justo en la parte que hace contacto con la comida, con mangos rectos y ergonómicos para cualquier mano con la que sean empleados. Están diseñados para personas con debilidad o rango reducido de movimientos en las extremidades superiores, pues esta curvatura ayuda a sustituir el movimiento que se podría hacer con la muñeca de la mano.



**Figura 2.3** Vaso alimentador.

El vaso mostrado en la Figura 2.3 está diseñado como una alternativa a la jeringa de alimentación, sobre todo en personas con capacidad para alimentarse por sí solas. Consiste en un vaso cerrado, el cual tiene una tapa superior para ser llenado con el alimento, y una pajilla en la parte inferior que emerge hacia un costado. Este dispositivo, aunque permite que la persona se alimente de manera autónoma sin necesidad de utilizar las manos, sólo está contemplado para alimentos líquidos, pues los alimentos sólidos suelen atascarse en este tipo de sistemas por absorción.



**Figura 2.4** Taza ergonómica.

La taza mostrada en la Figura 2.4 se encuentra contorneada para que ayude a un cómodo agarre, ya sea con una o dos manos, pues existen personas que no cuentan con la suficiente fuerza para la sujeción de la tasa con una sola mano, o que necesitan sujetarla con ambas manos para direccionarla adecuadamente sin que haya problemas de

derramamiento. Cuenta con un diseño de doble pared que tiene la función de aislar las manos del calor y del frío, manteniendo la temperatura en el interior de la taza.



**Figura 2.5** Copa flexible.

La copa de plástico mostrada en la Figura 2.5 está manufacturada con un plástico que le permite deformarse bajo la presión de la mano, lo cual permite al usuario beber con poca o ninguna flexión del hombro, la muñeca o extensión cabeza / cuello, pues al cambiar momentáneamente su forma bajo la influencia del usuario, ésta facilita su acceso para el consumo de alimentos.



**Figura 2.6** Plato para personas con problemas de coordinación.

La Figura 2.6 muestra un plato que cuenta con una pared interna alta y en la base una ventosa, diseñado para personas con control muscular limitado y problemas de coordinación. Al fijarse sobre la mesa gracias a la ventosa de su base, no hay problema de que el plato se deslice sobre la mesa al ejercer un esfuerzo demasiado elevado sobre sus paredes, las paredes altas ayudan a que la persona pueda empujar la comida con la cuchara hasta que el tope de la pared las fuerce a entrar a la concavidad de la cuchara, y de este modo suplir la falta de habilidad para realizar el movimiento de palanca con la cuchara sobre los alimentos.



**Figura 2.7** Tazón con base antideslizante.

El tazón que aparece en la Figura 2.7 es parecido al plato para personas con problemas de coordinación, pero en lugar de tener una ventosa en su base, posee un material que le ayuda a evitar deslizarse, esto también es con la finalidad de que las personas que no poseen la suficiente agilidad para tomar la comida con la cuchara en el sistema de “pala”, puedan ayudarse de las paredes del plato para utilizar la cuchara, es por esto que el plato debe evitar resbalarse.

### **Conclusión del *Benchmarking***

Se encontraron bastantes productos a la venta en tiendas especializadas para personas con capacidades limitadas, que pertenecen a la tercera edad o con daños psicomotrices, pero casi todos son variaciones de los que se mostraron con anterioridad. Durante esta investigación se encontraron dos constantes, una de ellas es que todos los artefactos facilitan el uso de la cuchara, lo cual en nuestro caso es sumamente difícil de lograr

porque Carlos no cuenta con manos para sostenerla y darle los grados de libertad para su adecuado funcionamiento. La segunda constante que se encontró, son dispositivos en los que se requiere de un ayudante para alimentar casi en la boca al usuario, pues no existe un sistema comercial que permita la alimentación autónoma a personas con problemas como los que se trató en este trabajo.

### 2.3 Soluciones previas relacionadas con el problema

Como parte de la investigación previa y para analizar las diferentes ideas generadas para la solución de problemas parecidos al que se tiene que resolver, se buscó información sobre patentes producidas para ayudar a la alimentación de personas con capacidades limitadas, pues aunque la herramienta del *benchmarking* ayudó a encontrar productos comerciales, había la posibilidad de que existieran diseños que pudieran ser de utilidad y que por alguna razón no existieran comercialmente o fueran muy difíciles de encontrar.

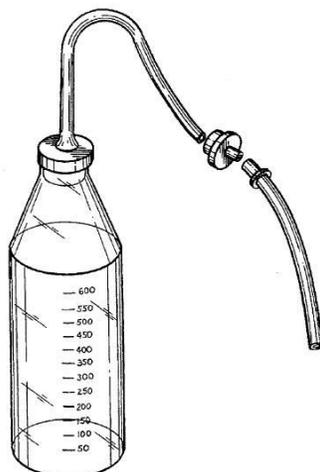
Se encontraron diferentes dispositivos patentados, algunos muy simples y otros de mayor complejidad, que resolvían el problema de diferentes maneras y bajo diferentes condiciones; había algunos que eran accesorios para las sillas de ruedas y otros que proponían cambiar el entorno (como la forma y tipo de muebles en la cocina), para el mejor acceso y uso por parte del usuario. Para fines prácticos se describirán las patentes encontradas que se relacionan directamente con el tema.

**Nombre:** *Bottle for feeding handicapped persons (Bote para alimentar personas discapacitadas)*

**Autor:** James M. Reid

**Fecha de registro:** 29 de abril de 1997

La patente mostrada en la Figura 2.8 no presenta una descripción en el archivo encontrado, lo que deja varias interrogantes como su funcionamiento adecuado y el tipo de personas al que va dirigido, es decir, la limitación física del usuario, y los requerimientos del tipo de comida para el que se diseñó.



**Figura 2.8** Botella para alimentar personas con limitaciones físicas.

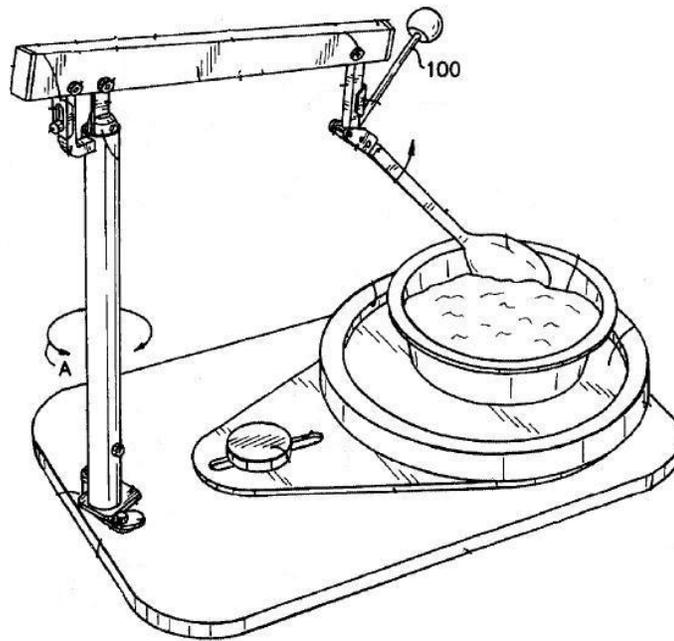
El tipo de funcionamiento parece ser como el de una pajilla flexible insertada en una botella, no indica si puede contener algún tipo de sólido o es solo para líquidos, si tuviera que inclinarse el contenedor o se puede quedar estático.

**Nombre:** *Self-feeder for the handicapped (Auto-alimentador para discapacitados)*

**Autor:** John E. Bennett y Willis C. Bradley

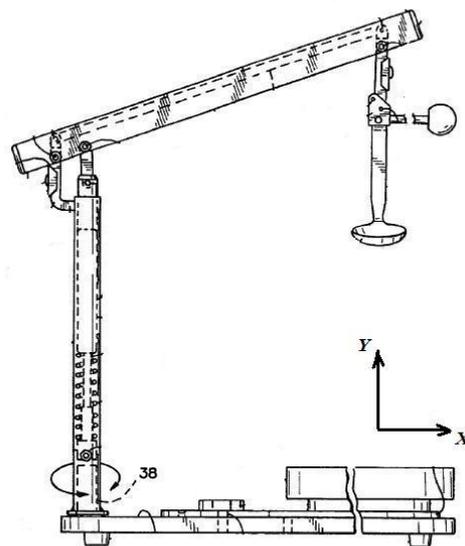
**Fecha de registro:** 16 de Marzo de 2004

Este invento está dirigido a personas que pueden manipular los cubiertos, para lo cual se pretende usar una base con una especie de brazo para manipular una cuchara que se encuentra fija en este brazo; de esta manera se busca que la persona pueda manipular la cuchara de manera fácil para guiarla del plato, donde se abastece con la comida, a una posición a la altura de la boca del usuario.



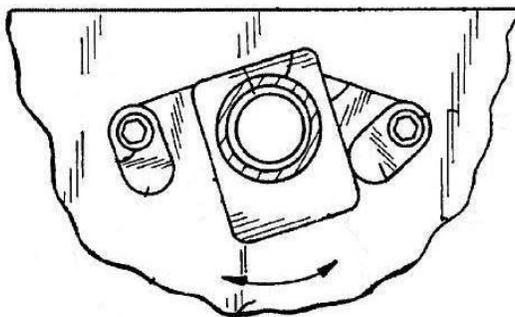
**Figura 2.9** Auto alimentador para personas con capacidades diferentes.

Como se puede observar en la Figura 2.9, se cuenta con una palanca (marcada con el número 100) para poder manipular la cuchara, pues se puede mover verticalmente además de poderse girar a lo largo de su eje axial y así poder llevarla hasta el recipiente con la comida para después levantarla a la altura de la boca del usuario.



**Figura 2.10** Vista frontal del auto alimentador.

El eje del brazo de la Figura 2.10 (marcado con el número 38) y en la Figura 2.11, se puede girar sobre el eje Y, para que la cuchara pueda pasar de una posición encima del plato, a una más cerca a la boca del usuario, ayudando de esta manera a que el usuario pueda alimentarse.



**Figura 2.11** Vista superior del eje del brazo del auto alimentador.

Este prototipo se pensó principalmente para personas que cuentan con sus extremidades, pero debido a alguna enfermedad o daño motriz, no tienen el control necesario en su mano para manipular adecuadamente una cuchara; pues como se explicó se necesita de las extremidades del cuerpo para manipular el artefacto.

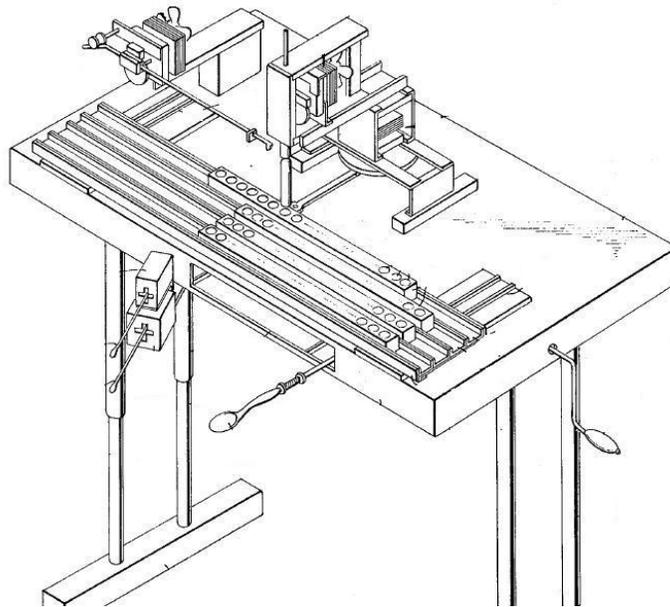
Este sistema no está diseñado para ser portátil, ya que en conjunto es voluminoso y difícil de transportar, además de requerir gran espacio por su base.

**Nombre:** *Feeding apparatus for physically handicapped persons (Aparato alimentador para personas con discapacidades físicas).*

**Autor:** Garland S. Sydnor

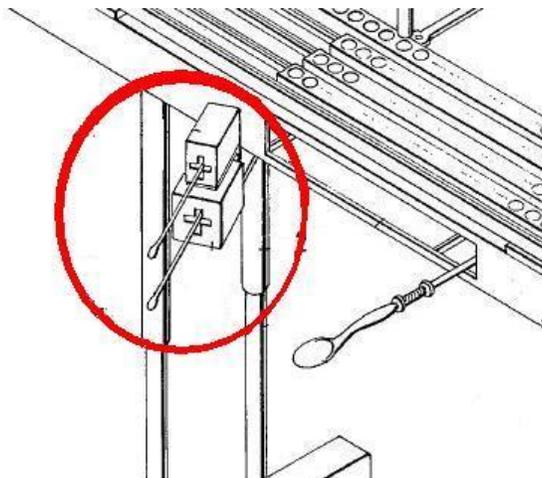
**Fecha de registro:** 23 de octubre de 1974

Este prototipo consiste en una mesa que contiene diferentes mecanismos los cuales sirven para almacenar la comida, llena una cuchara con ésta, mueve dicha cuchara a una posición accesible para que la comida sea consumida por el usuario y finalmente regresarla a su posición original para ser recargada para el siguiente ciclo. El aparato se muestra en la Figura 2.12.



**Figura 2.12** Aparato de alimentación para personas con limitaciones físicas.

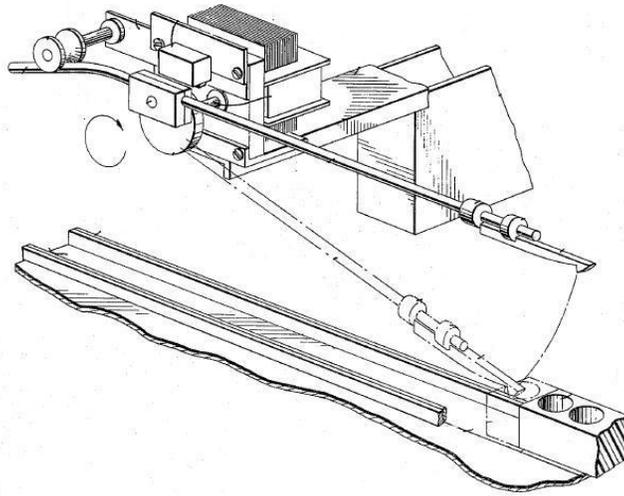
Cuenta con dos interruptores para activarse, ya que está diseñado para personas que no pueden usar las manos, aquellos se pueden activar con la mejilla o la barbilla; los interruptores se pueden apreciar en la Figura 2.13.



**Figura 2.13** Acercamiento a los interruptores del aparato de alimentación.

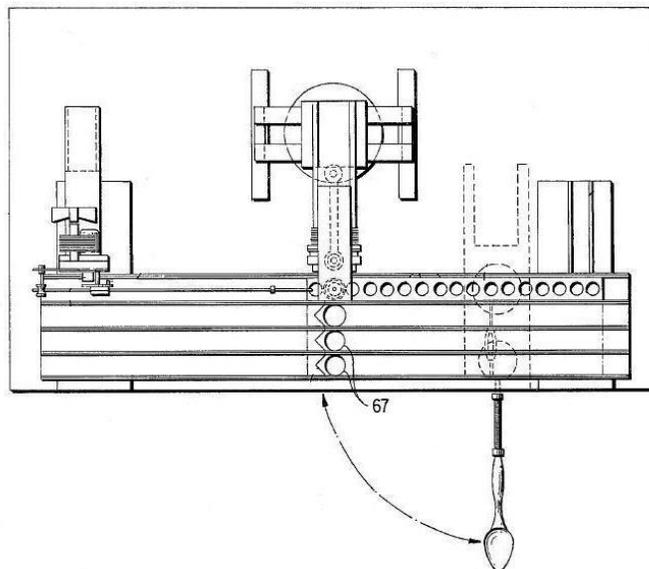
La comida tiene que ser almacenada previamente en el dispositivo, al ponerla en unos orificios cilíndricos que se encuentran en las barras correderas de la mesa, de esta forma

el dispositivo recorrerá las barras para que cada orificio sea una recarga a la cuchara, como se observa en la Figura 2.14.



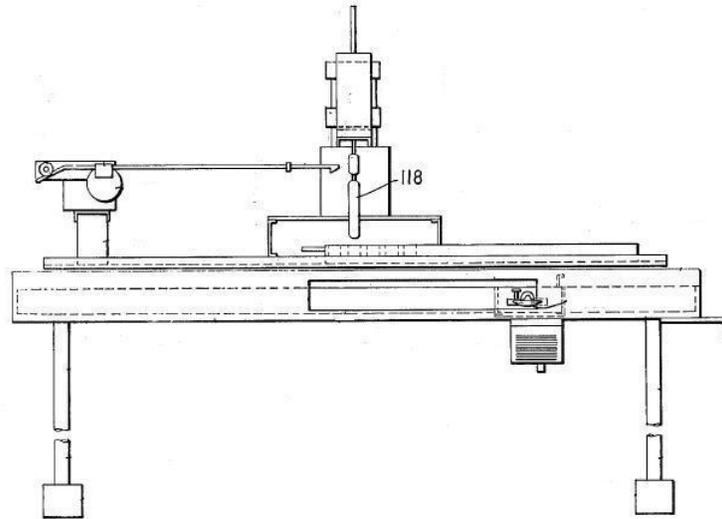
*Figura 2.14 Acercamiento al sistema de movimiento de las barras.*

En la mesa hay un orificio marcado con el número 67 en la Figura 2.15, que permite el paso de la comida de la barra a la cuchara, pues al recorrerse la barra, el orificio de ésta se alinea con el de la mesa para que la comida pueda ser liberada. La cuchara se coloca en la posición de recarga y gira para acercarse a una posición adecuada para que el usuario pueda consumir la comida; este proceso lo realiza de manera cíclica y con el control del usuario por medio de uno de los interruptores antes mencionados; este movimiento se puede apreciar en la Figura 2.15.

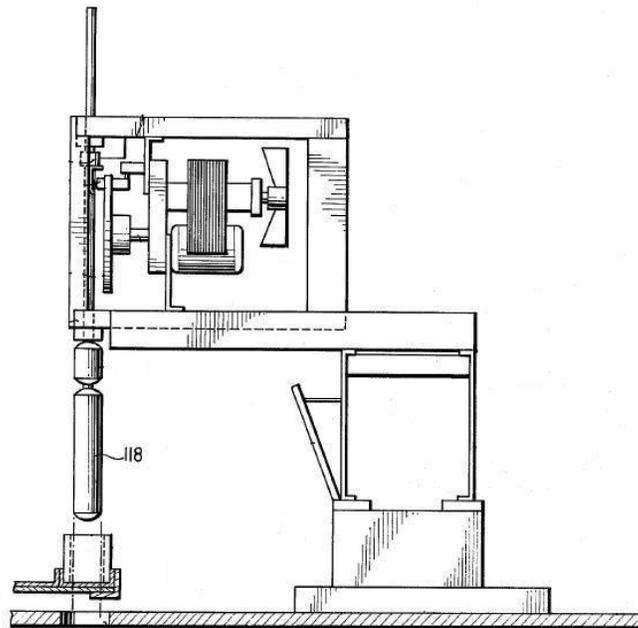


*Figura 2.15 Vista superior del aparato de alimentación.*

Para asegurarse que la comida caiga del orificio cilíndrico a la cuchara, se cuenta con un émbolo (marcado con el número 118) que empuja la comida del orificio verticalmente. Este émbolo cae por gravedad, para asegurarse que no haya ningún daño en caso de que los orificios no se encuentren bien alineados, y es subido por medio de un motor. El funcionamiento de este émbolo también es controlado por el usuario por medio de uno de los interruptores; la forma en cómo el émbolo empuja la comida y el sistema que lo controla se pueden observar en las Figuras 2.16 y 2.17 respectivamente.



**Figura 2.16** Vista frontal al émbolo que empuja la comida.



**Figura 2.17** Acercamiento al sistema del émbolo.

El autor no menciona alguna especificación sobre el tipo de comida para la que se encuentra diseñado, pero parece ser que es sólo para sólidos y pastas, pues no se contemplan líquidos al no tener ningún empaque para evitar el escurrimiento de estos.

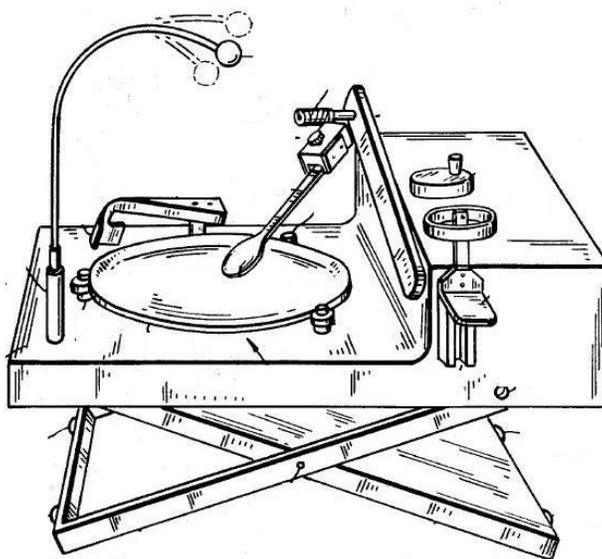
Este invento no está contemplado para ser portátil debido a su tamaño y forma, por lo que parece pensado para alguien que come siempre en el mismo lugar, lo cual es frecuente para la mayoría de las personas, pero se vuelve poco práctico para algún usuario que tenga que comer fuera de su casa debido a actividades escolares, de rehabilitación, médicas y otras del mismo estilo y de gran frecuencia.

**Nombre:** *Self-feeding device for handicapped persons (Dispositivo auto-alimentador para personas discapacitadas)*

**Autor:** William H. Morewood

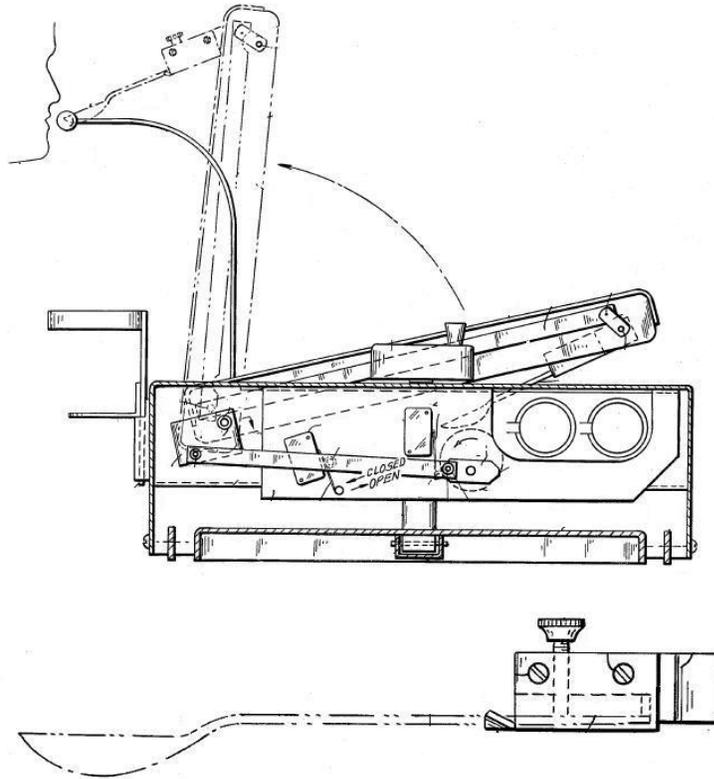
**Fecha de registro:** 7 de julio de 1981

Este diseño también está basado en una mesa, en la cual se coloca un plato con comida, éste será rotado con unos rodillos para asegurar que la comida sea consumida por completo; por otro lado, se coloca una cuchara en un brazo, la cual se encuentra al nivel del plato y que se levantará para llegar a una posición accesible al usuario. Para que la cuchara sea llenada, cuenta con un brazo extra que jala la comida hacia la cuchara.



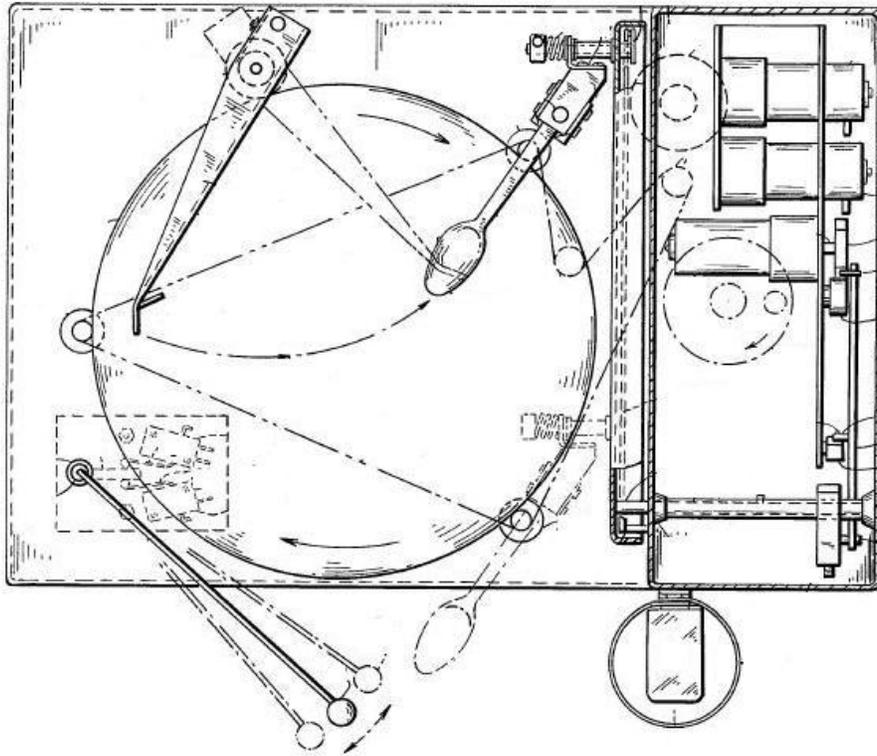
**Figura 2.18** *Dispositivo de auto alimentación para personas incapacitadas.*

Uno de los componentes principales de esta mesa es el brazo, el cuál es el que sostiene una cuchara común y la mueve para que vaya desde el plato hasta una posición cercana a la boca del usuario, este se puede apreciar en la Figura 2.19.



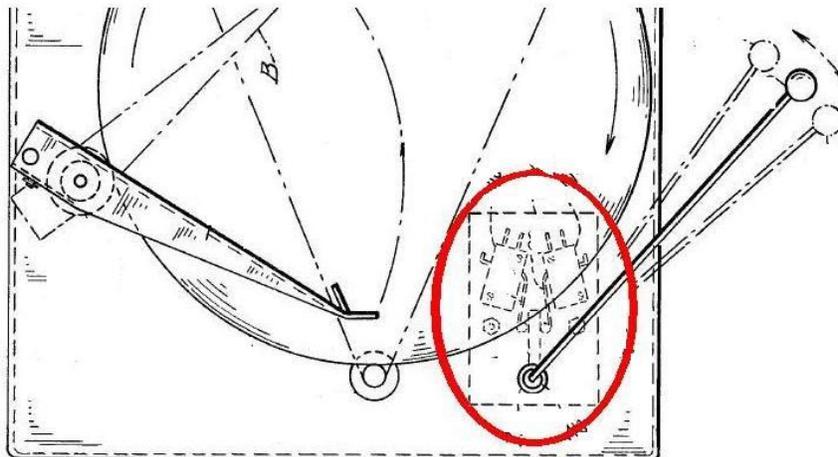
**Figura 2.19** Acercamiento al brazo de alimentación y al sistema de sujeción de cubiertos.

Para poder llenarla de comida se utiliza otro brazo, el cual jala la comida del plato a la cuchara al girar sobre su eje hasta llegar a su objetivo, para después regresar a su posición original. Para asegurar que este brazo tome comida de todo el plato y no sólo de la parte que está cerca de él, el plato es girado por medio de unos rodillos, de esta manera la parte que queda sin comida por acción del barrido del brazo se aleja, y al girar se le acerca otra parte que se encuentra con comida; esta acción se puede entender mejor al observar la Figura 2.20.

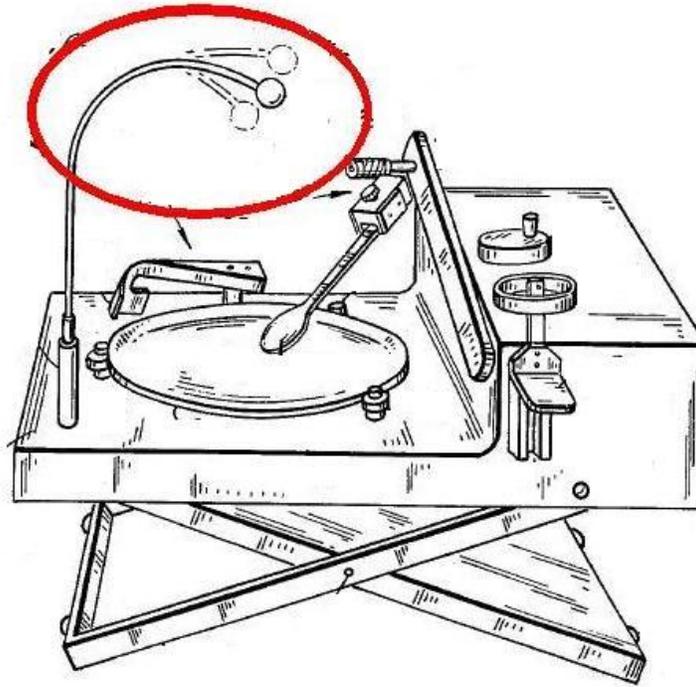


**Figura 2.20** Vista superior del dispositivo de auto alimentación.

Para activar las funciones del plato antes mencionadas, se cuenta con un interruptor a la altura de la cabeza del usuario, el cual se puede manipular con la cabeza, para mover en sentido horario o anti-horario y así activar dos interruptores internos diferentes, que se muestran en la Figura 2.21.



**Figura 2.21** Vista superior de los interruptores internos del dispositivo.



**Figura 2.22** Acercamiento al interruptor externo para controlar el dispositivo.

Este dispositivo está diseñado para personas que no pueden usar ni sus manos ni sus pies, por lo que la operación es directamente con la cabeza, ya sea tomando el interruptor mostrado en la Figura 2.22 con la boca, o empujándolo con la cabeza.

Los alimentos deben ser sólidos y semi-sólidos (como pastas), pues el control de líquidos requiere mayor precisión ya que se derraman con gran facilidad, además de que la cuchara no conserva una posición horizontal todo el tiempo.

A pesar de que está diseñado como una mesa, no alcanza gran altura por lo que tiene que estar sobre otra mesa o sobre la cama, si es que el usuario se encuentra acostado, aunque cuenta con dos apoyos para poder variar la altura. A pesar de ser una buena solución para las condiciones de los usuarios que se tomaron en cuenta, este artefacto no puede ser portátil, lo cual representa una seria desventaja con respecto a las necesidades de Carlos, cuyo caso es el objeto de estudio.

### **Conclusiones de la investigación realizada**

Terminada esta investigación, se puede concluir de que no existe un dispositivo que se encuentre diseñado para cumplir con la tarea que se pretende resolver, la cual es la alimentación de manera autónoma de un niño que, a causa de una enfermedad de *amelia* y *meromelia* congénitas, no cuenta con extremidades inferiores y sólo con la mitad de las extremidades superiores, por lo que se tendrá que diseñar un nuevo dispositivo

encargado de esto; apoyándonos en el panorama de las diferentes ideas generadas para la solución de este tipo de problemas, lo cual ayudará en gran manera a tomar mejores decisiones al momento de diseñar dicho dispositivo.

Para completar la investigación se realizó una búsqueda en la biblioteca digital de la UNAM así como en la base de datos de tesis que alberga esta misma institución, sobre temas relacionados con la alimentación de personas con capacidades limitadas y algún tipo de ayuda técnica que se les haya brindado, y aunque se encontraron diferentes trabajos para este tipo de usuarios, ninguna se enfocaba a la alimentación, pues solo se habían dedicado al desplazamiento en sillas de ruedas y al uso de prótesis de piernas y brazos.

## CAPÍTULO 3

### **Soluciones propuestas**

En los capítulos anteriores se aplicó una metodología de diseño para desarrollar el prototipo, en el primer capítulo se analizaron las necesidades y requerimientos del usuario, en el segundo capítulo se realizó una investigación sobre los productos comerciales existentes y algunas patentes que pudiesen estar relacionadas con el problema, ahora para continuar con esta metodología, se darán varias propuestas de diseño basadas en diferentes conceptos y maneras de resolver el problema, después se hará una discusión de las ventajas y desventajas de cada una de las ideas propuestas, para poder analizar cada una de forma más detallada y determinar la factibilidad, qué tan práctico podría resultar y qué tan funcional sería; como siguiente paso se tomará la decisión de qué idea desarrollar con una matriz de decisión, la cual ayuda a tomar decisiones de la manera más objetiva, pues trata de valorar con un sistema de puntuación las ventajas y desventajas antes discutidas.

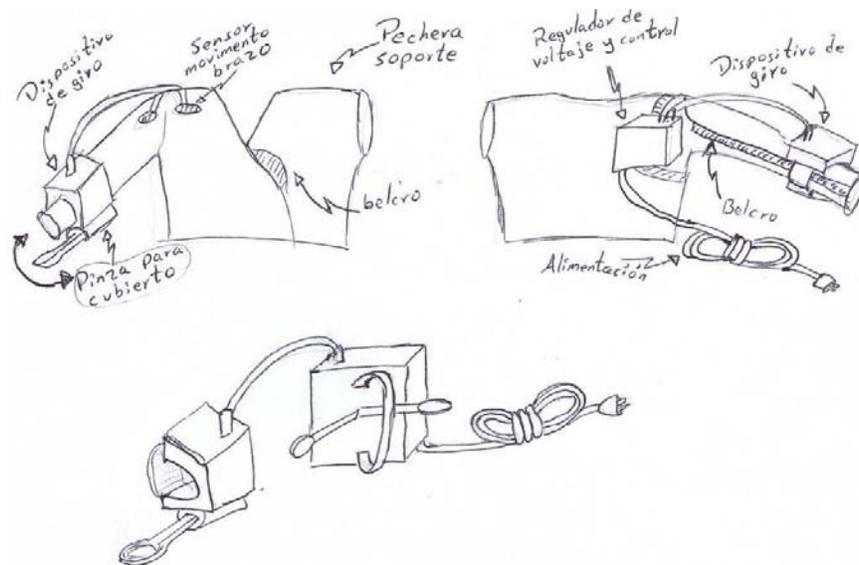
De igual forma, para la idea seleccionada se repetirá el mismo procedimiento para cada uno de los subsistemas derivados de esta, de forma que cada decisión que se tome para el diseño de este nuevo dispositivo tenga las bases más objetivas posibles, además de poder dar una justificación de por qué se eligieron ciertos conceptos sobre otros; este punto es muy importante pues en caso de querer desarrollar la idea como una segunda generación del prototipo, o bien bajo diferentes condiciones, se podrá tomar este registro como referencia de las ventajas y desventajas de cada concepto seleccionado.

### 3.1 Lluvia de ideas

Esta etapa es una de las más importantes en ser registrada, pues cuando alguien externo al proyecto pregunte el por qué del concepto usado para la solución del problema, por qué no se realizó de otra forma o busque resolver el problema bajo diferentes condiciones; pueda acceder a esta parte y entender las decisiones tomadas o acceder a una idea que se adapte mejor a sus condiciones de uso.

A continuación se presentaran las ideas generadas para la solución del problema con la descripción de concepto donde se dirá en que está basada la idea principal y la descripción funcional donde se menciona como trabaja el dispositivo mostrado.

#### Cuchara inteligente



**Figura 3.1** Modelo de la cuchara inteligente.

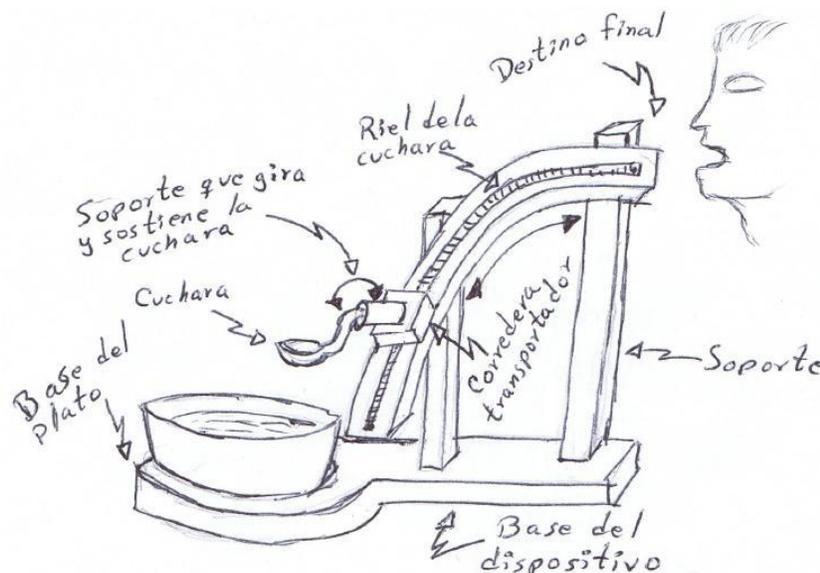
- *Descripción del concepto*

Para el diseño de este dispositivo mostrado en la Figura 3.1, se pensó en una forma de que una persona que no contara con el antebrazo pudiera utilizar una cuchara, pues el sujetarla directamente al brazo no permite los suficientes grados de libertad para llevarla hasta la boca o para acercarla al plato; también se pensó que el dispositivo fuera lo más ligero y pequeño que se pudiera, pues el tener un gran peso o un cuerpo estorbo en el brazo puede ser cansado, difícil para usar o provocar desequilibrio en un usuario que tampoco cuente con ambas piernas.

- *Descripción funcional*

Este dispositivo cuenta con dos partes, la primera consiste en un mecanismo que se sujeta al brazo del usuario, tiene enganchada una cuchara la cual está acoplada a un actuador que le permite girar aproximadamente 90° de manera controlada, según la señal de un sensor. La otra es una especie de mochila, pues va colocada en la espalda agarrada del hombro; ésta posee la fuente de poder y el control (la electrónica que permite el procesamiento de las señales y que manda la respuesta requerida) del dispositivo. Su funcionamiento consiste en que si el usuario tiene la cuchara en el extremo del brazo, la use para tomar la comida y que al articular el hombro para acercar la cuchara a su boca, se detecte el movimiento y el actuador gire la cuchara gradualmente para llevarla hasta la boca. De esta forma el dispositivo puede proporcionar un grado más de libertad al usuario para la manipulación de la cuchara.

### Cuchara automática



**Figura 3.2** Boceto del dispositivo cuchara automática.

- *Descripción del concepto*

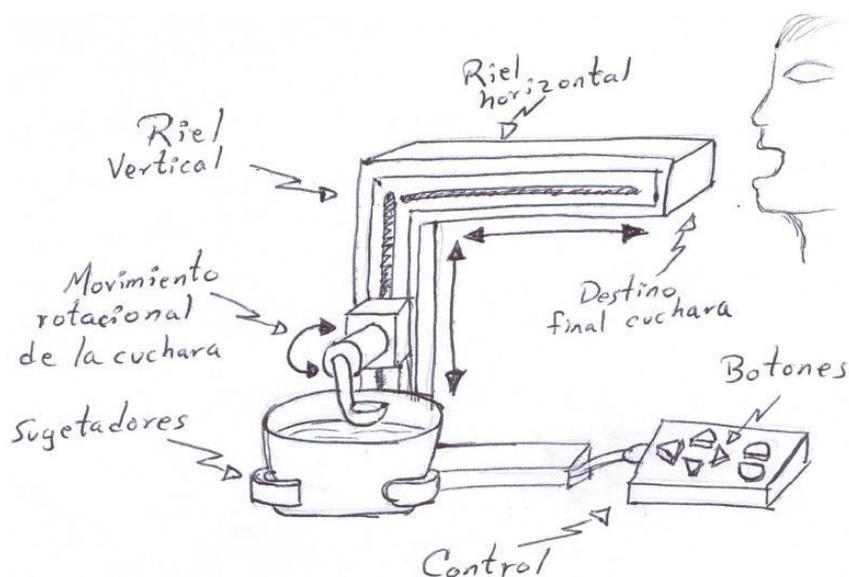
Este dispositivo de la Figura 3.2, está basado en la forma como se alimenta actualmente el usuario del caso de estudio (Carlos), pues es alimentado por su madre directamente en la boca. Al hacer la investigación previa se encontró que en casi todos los casos, ésta es la solución que se le da a las personas con problemas para la manipulación de la cuchara, se les suele alimentar directamente en la boca, ya sea un familiar o una enfermera; como esta actividad requiere paciencia y tiempo, puede llegar a traer contratiempos por parte

de la persona que alimenta así como por quien es alimentado, ya que las actividades diarias pueden dificultar que se cumpla un horario fijo para la actividad.

- *Descripción funcional*

El dispositivo cuenta con una base donde se debe de colocar el plato con la comida, de esta forma se puede usar una gran variedad de platos y siempre se asegura que esté en la posición correcta. La base también tiene una guía sobre la cual se desplazará una cuchara de manera automática, yendo desde el extremo inferior de la guía, el cual estará posicionado para que la cuchara pueda entrar en el plato, hacia el extremo superior de la guía, a una altura suficiente para que el usuario pueda ingerir la comida de la cuchara. La cuchara deberá desplazarse a una velocidad adecuada para que no tire la comida en el trayecto, pero tendrá un control para regular el tiempo entre los trayectos de la cuchara y que el usuario pueda comer a su ritmo.

### Cuchara con control



**Figura 3.3** Imagen del dispositivo cuchara con control.

- *Descripción del concepto*

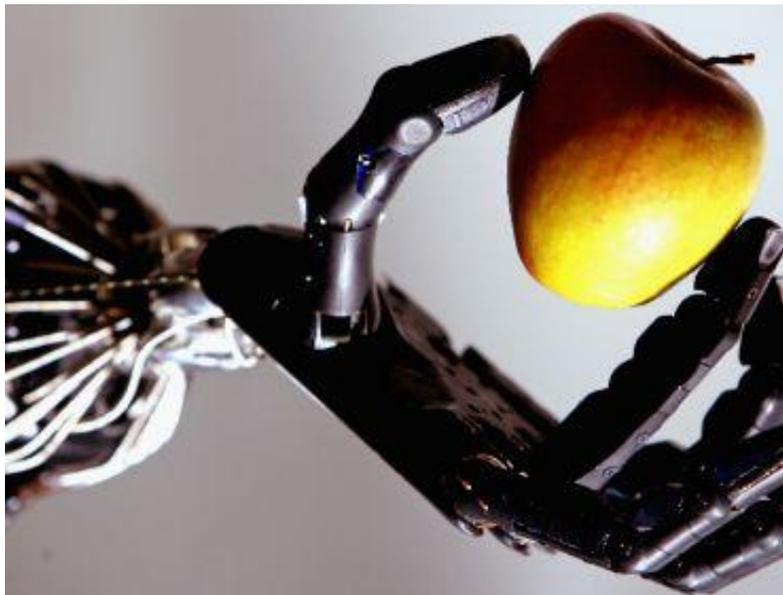
La idea de la Figura 3.3 es muy parecida a la anterior, pues está basada en el mismo concepto de una persona que le da de comer a la otra directamente con la cuchara en la boca, pero con la variación que en ésta se le pretende dar un poco más de control al usuario en el ritmo de alimentación, pues podría resultar molesto para alguien tener que alimentarse al ritmo constante e ininterrumpido de una máquina. De esta forma se busca

que haya una mayor interacción con el usuario a manera de hacerlo más práctico, atractivo para su uso y que implique un grado de habilidad acorde al usuario, pues psicológicamente el usuario se sentiría menos dependiente.

- *Descripción funcional*

Al igual que en el caso anterior, se cuenta con una base (en este caso sería mucho más pequeña) para colocar el plato en la posición adecuada; el plato puede ser con el que se alimente normalmente, cuyas dimensiones no lo imposibiliten para ser colocado de manera adecuada; la base tendría unas agarraderas para detener el plato. En este caso la guía de la cuchara estaría compuesta por dos partes rectas para hacer su recorrido, una vertical y una horizontal, además la cuchara tendría un actuador para darle un giro y que de esta manera se pudiera asegurar que efectivamente se ha tomado comida con la cuchara. El recorrido de la cuchara sobre las guías y el giro de la cuchara estarían controlados por un dispositivo parecido a un control de videojuegos o de un televisor, en el cual al presionar cada botón se haría cierto movimiento en la dirección deseada.

### ***Prótesis robótica***



**Figura 3.4** Referencia a una prótesis robótica, mano Shadow de la compañía inglesa ROBOTS SHADOW.

- *Descripción del concepto*

Esta es una solución bastante común cuando se menciona que el problema radica en la falta de una de las extremidades del cuerpo, pues si de manera artificial, como es el caso de una prótesis robótica, cubrimos esa carencia, el usuario no tendría problemas con esta

y otras actividades cotidianas en su vida diaria. Personas que se encontraban terminando la carrera de ingeniería a las que se les comentó del problema a resolver, sugirieron el diseño de una prótesis robótica como la solución más obvia, aunque por experiencia y relación con proyectos dedicados al desarrollo de éstas, se sabe que una prótesis robótica es un gran reto de diseño y manufactura que ha sido tema de investigación de grupos de trabajo en ingeniería; pero como en esta etapa del diseño (lluvia de ideas) se debe estar abierto a todas las ideas posibles se decidió incluirla, para después ser analizada junto a las demás y determinar cuál es la mejor solución.

- *Descripción funcional*

El funcionamiento de una prótesis robótica es muy complejo por lo que solo se mencionarán las funciones que se desea que cumplan, que son la adaptación para substituir la carencia de antebrazo y mano de un niño de 9 años, la destreza suficiente de los componentes que simulan la mano, como para poder manipular una cuchara de manera adecuada, y por último, un control práctico para que el usuario pueda manipular la prótesis de manera sencilla.

### Plato Inteligente



**Figura 3.5** Boceto del funcionamiento del plato inteligente.

- *Descripción del concepto*

Este concepto representa un cambio del paradigma considerado en todas las soluciones anteriores, que es el uso de los cubiertos para alimentarse (principalmente la cuchara). Los cubiertos son uno de los mejores inventos del hombre, pues han sido usados desde tiempos remotos sin sufrir grandes cambios hasta la actualidad sino solo de materiales, de acabado superficial y de estética; esto es debido a que son bastante simples, cumplen con la función requerida y se adaptan bastante bien a la mano del hombre.

Aunque los cubiertos no han sido la única solución que el hombre ha dado al problema de la alimentación, en Asia se acostumbra el empleo de palillos con los cuales se busca emular un sistema de pinzas para tomar la comida, también los juntan para poder usarlos como base para comida que puede hacerse grumos o apilarse, sin caerse por los huecos que quedan en los palillos (como es el caso del arroz cocido), y una forma más de emplearlos es para empujar la comida desde el fondo hacia la orilla, cuando la comida es tan pequeña y poca que no puede sostenerse sobre los palillos.

Esta última forma de empleo de los palillos fue la que generó el concepto de este dispositivo, pues si el dispositivo empuja la comida desde el fondo del plato hacia la orilla, ésta puede ser ingerida sin necesidad de usar una cuchara, además entre las habilidades del usuario considerado, se encuentra el poder llevar un plato hasta la boca para beber algún líquido que pudiese contener. Entonces, el dispositivo consiste en un plato que empuje, de forma controlada, la comida por él hasta la orilla del plato.

- *Descripción funcional*

Este dispositivo deberá tener externamente la apariencia de un plato normal al cual se le introducirá el alimento a ser ingerido; el plato contará en su interior con un dispositivo que se encargue de llevar toda la comida hacia el exterior, y para asegurar que no saldrá toda la comida de golpe sino de manera controlada para ser masticada adecuadamente, contará con un sistema de dosificación.

### **3.2 Análisis de las ideas**

Para hacer un análisis de ideas lo más objetivo posible, se listarán los pros y contras de cada dispositivo, para después contraponerlos en una matriz de decisión; una vez que se obtenga el resultado del dispositivo que mejor resuelve el problema, se hará una breve discusión de éste.

**Tabla 3.1** Ventajas y desventajas entre las ideas planteadas.

Ventajas	Desventajas
<b>Cuchara Inteligente</b>	
Es pequeño	Se requiere destreza para su manipulación (seis grados de libertad, nuestro usuario cuenta con dos)
Es portátil	
Es parecido a la forma de comer habitual	Se requiere un gran control para no tirar comida
<b>Cuchara automática</b>	
No requiere esfuerzo por parte del usuario	Se necesitan sensores de control
No requiere de habilidad	No lo puede controlar el usuario
	Necesita sincronizarse el usuario con el dispositivo
	Se requiere un gran control para no tirar comida
	Los ciclos de trabajo son lentos
	No es portátil
<b>Cuchara con control</b>	
No requiere de un algoritmo complicado	Se necesita destreza por parte del usuario
No requiere de sensores	Los ciclos de trabajo son lentos
Puede ser controlada por el usuario	Se puede derramar la comida en el trayecto
	Requiere concentración por parte del usuario
	No es portátil
<b>Prótesis robótica</b>	
Parecido a un brazo	Requiere gran esfuerzo de diseño en cada aspecto (materiales, control, mecánica, manufactura, etc)
Cubre otras necesidades de la vida cotidiana	Solución muy sobrada para el problema planteado
Es portátil	El diseño de estos dispositivos suele tardar varios años con grupos de ingenieros trabajando en ello
Alto grado de control por parte del usuario	El costo será muy elevado
<b>Plato inteligente</b>	
Cambia el paradigma de la forma de comer	Requiere sensores de control
Se adapta a las habilidades que posee el usuario	Presenta dificultades al tener partes móviles y articulaciones en contacto con la comida
La complejidad de uso es mínima	Debe tener material grado alimenticio
El grado de destreza requerido es mínimo	Puede requerir esfuerzo por parte del usuario
Puede ser controlado fácilmente por el usuario	
Es portátil	

### Matriz de decisión

Evaluación basada en una matriz de decisiones en base al autor [Dieter]<sup>[4]</sup>.

Con base en los requerimientos establecidos para este trabajo, y la selección de la cuchara inteligente como dato base, cada modelo se va a comparar contra este dato y se decidirá, para cada uno de los criterios, si es mejor o peor que la alternativa base. Después de esto,

se suman los puntos de cada criterio por alternativa (puntos obtenidos en la parte de información del cliente), utilizando un signo positivo cuando se superó al dato base y signo negativo cuando no la superó. La alternativa con la puntuación más alta será la mejor de todas; en caso de que todas las puntuaciones sean negativas quiere decir que la mejor es la alternativa que se usó como base.

**Tabla 3.2** Matriz de decisión.

Criterio	Importancia	Alternativas				
		Cuchara inteligente	Cuchara automática	Cuchara con control	Plato inteligente	Prótesis robótica
Práctico	20	dato	-	-	+	-
Manipulable	12		-	+	+	-
Llamativo	3		+	+	-	+
Temperatura agradable	7		S	S	S	S
Portátil	12		-	-	+	+
Higiénico	11		+	+	+	+
Fácil de limpiar	9		-	-	+	+
Poco mantenimiento	3		-	-	-	-
Eficiente	7		-	-	+	-
Seguro	16		-	-	+	+
	<b>Total +</b>	-	2	3	7	5
	<b>Total -</b>	-	7	6	2	4
	<b>Subtotal</b>	-	-5	-3	5	1
	<b>Peso total</b>	-	-65	-41	81	9

- Peor que el dato base  
 + Mejor que el dato base  
 S Igual que el dato base

El resultado de la matriz de decisión indica que la mejor opción es el plato inteligente, pues supera a las demás en las prioridades de diseño (es decir, la combinación de la cantidad de criterios y la importancia de cada uno de estos), por lo que el siguiente paso en el proceso de diseño será trabajar con este concepto para generar todas las ideas para el adecuado funcionamiento de este dispositivo.

### Discusión del resultado obtenido

Este resultado, que fue elegido de una manera bastante objetiva, se puede apreciar como uno de los más viables, ya que se basa en un concepto interesante e innovador en la solución de este tipo de problemas, pues ya no se pretende seguir con el empleo de los cubiertos sino aprovechar las propias habilidades con las que ya cuenta nuestro usuario.

Este último punto es bastante crítico, pues aunque se requieren varios grados de libertad para la correcta manipulación de los cubiertos y un entrenamiento o práctica en su uso (a los niños pequeños les cuesta mucho trabajo su uso por falta de coordinación en sus manos y es después de usarlos diariamente que se obtiene destreza en su empleo), la cuchara está diseñada para la mano del hombre, la cual es una de las carencias en el problema considerado. Varias de las soluciones presentadas con anterioridad buscaban una forma de que el usuario se alimentara de manera como lo hacen personas sin discapacidades y se adaptara al empleo de los cubiertos, cuando lo que se debería buscar es un dispositivo que se adaptara a las capacidades con las que cuenta el usuario.

Conviene mencionar que los otros conceptos generados también tienen varios elementos a su favor, y quizás podrían ser retomados para otros casos, pues cumplen con la función requerida y son propuestas que no se han encontrado en el mercado ni en el registro de patentes consultado.

### 3.3 Generación de conceptos para subsistemas

Para generar los conceptos en que se dividirá el dispositivo se usará el modelo de caja negra, donde se mostrarán únicamente las entradas y salidas, para después abordar las etapas que se deben desarrollar para que se cumpla con el objetivo trazado. Estos modelos se pueden apreciar en las Figuras 3.6 y 3.7.

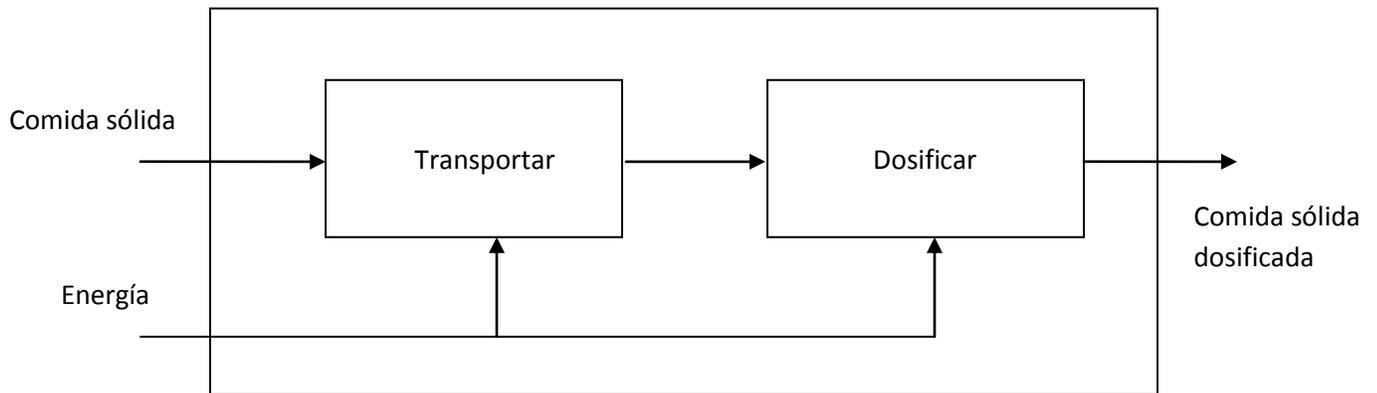
#### Modelo de caja negra



Figura 3.6 Modelo de caja negra.

#### Funciones:

- Almacenamiento
- Transporte de comida
- Dosificación



**Figura 3.7** Conjunto de sistemas.

### Descripción de las funciones

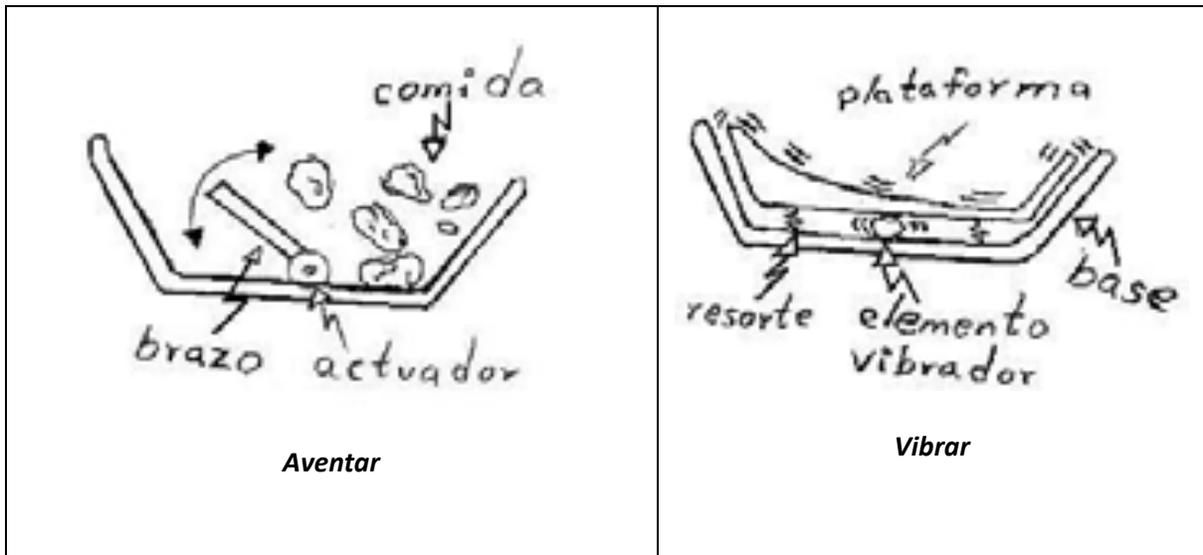
- **Transportar:** Lleva los sólidos (la comida) del almacenaje a la dosificación.
- **Dosificar:** Asegura que la comida salga en porciones discretas.

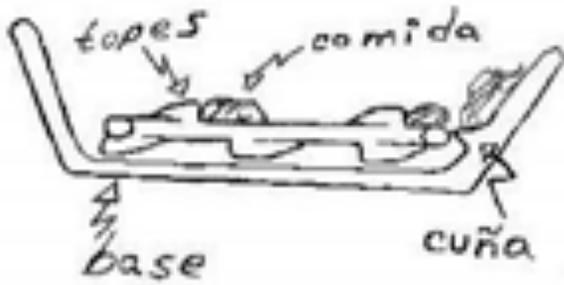
### 3.4 Subsistema transportar

A continuación se mostrarán las diferentes ideas generadas para resolver la función de transportar, la cual es la encargada de evitar que la comida se quede pegada al fondo y llevarla hacia el subsistema dosificar. Se menciona primeramente el nombre de la idea y una breve descripción, y se muestran posteriormente las imágenes que ejemplifican estas ideas.

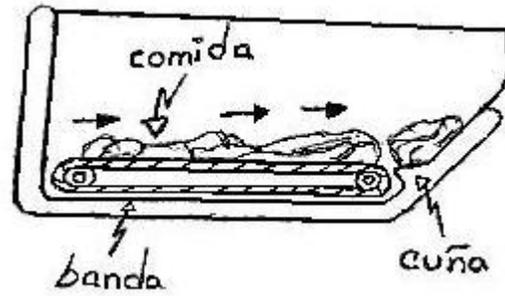
- Aventar. Una placa que se encuentre sobre la base del plato para aventar la comida que tenga encima.
- Vibrar. Una especie de rampa con una inclinación hacia donde se debe dirigir la comida; esta rampa vibrará lo que causará el desplazamiento progresivo de la comida.

- Placa de oleaje. Un conjunto de pequeñas placas que suben, se desplacen por la base del plato barriendo su superficie, y se escondan al final de su carrera.
- Banda. Una banda que arrastre la comida que se encuentra sobre ella hacia el frente.
- Tornillo sinfín. Un tornillo sinfín que cubra todo el interior del plato, y que al girar transporte la comida hacia el frente.
- Placa de empuje. Una placa sujeta por una especie de pistón, que barra con la comida desde el fondo hasta el final de la carrera.
- Molino. Unos cepillos o aspas que empujen de manera continua la comida hacia adelante.
- Bandas. Parecido al sistema de banda, pero que cuente con otras dos en sus paredes laterales, para asegurar que se lleve el 100% de la comida.

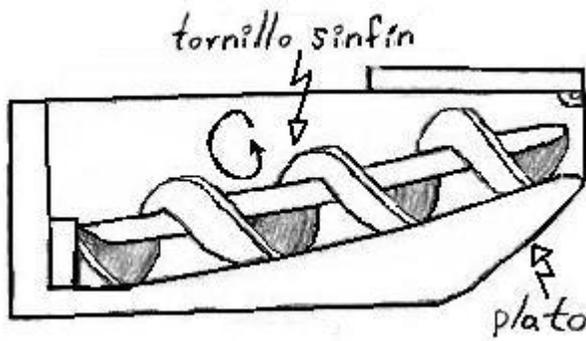




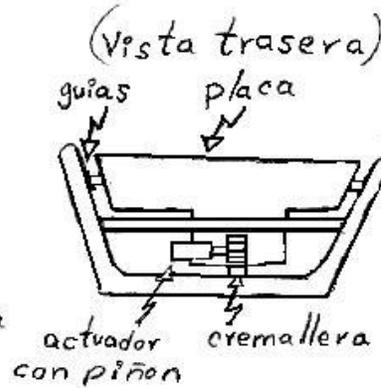
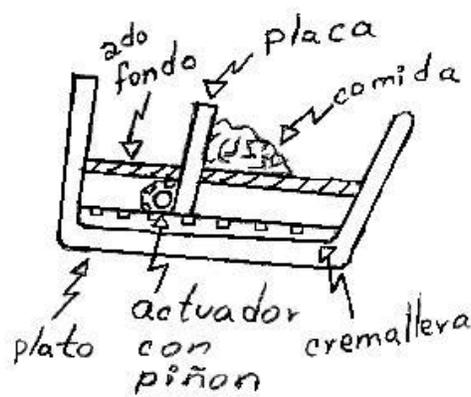
Placa de oleaje



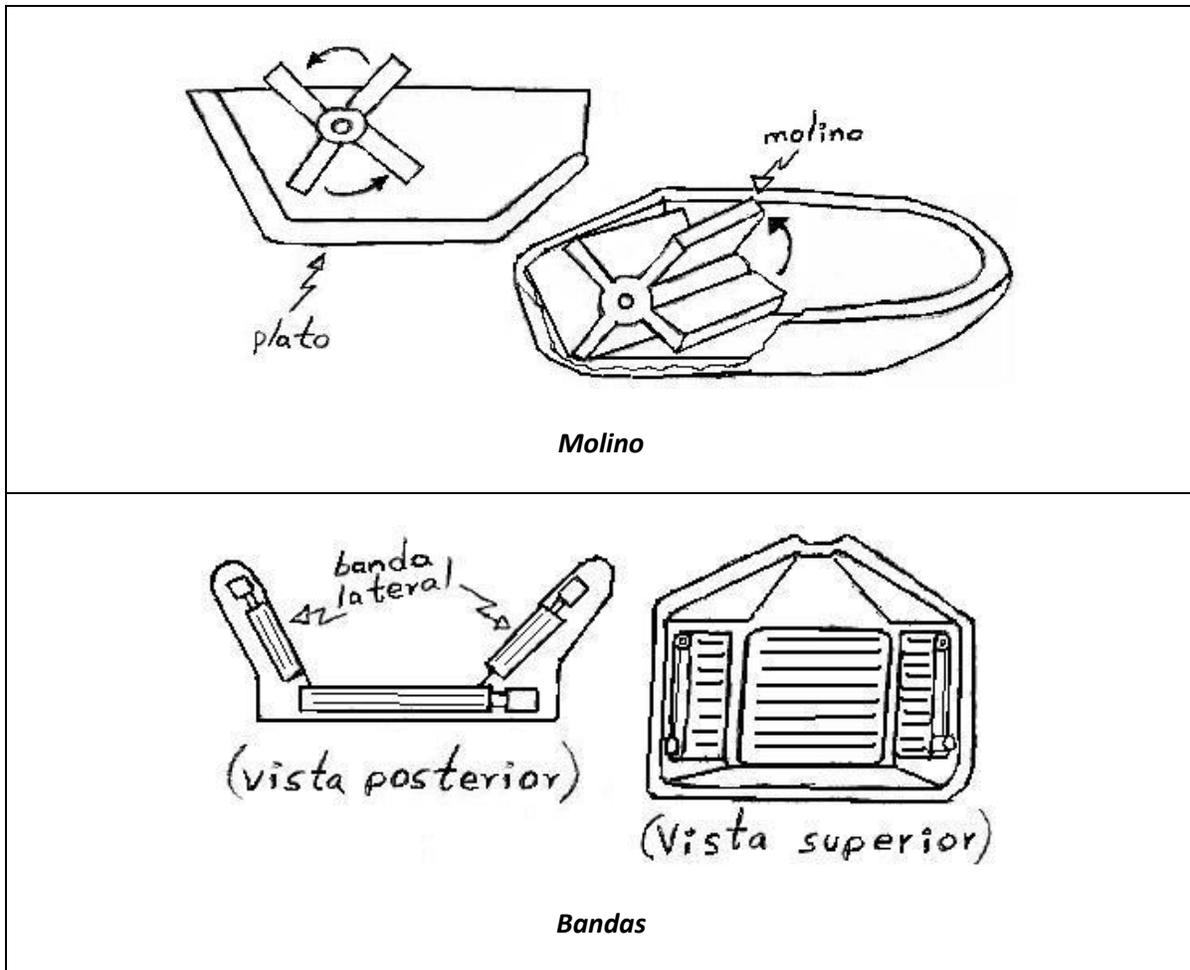
Banda



Tornillo sin fin



Placa de empuje



*Figura 3.6.1* Conceptos propuestos para resolver el sistema transportar.

### **Ventajas y desventajas**

A continuación se procederá a mencionar los pros y contras encontrados en cada mecanismo ideado para el subsistema transportar.

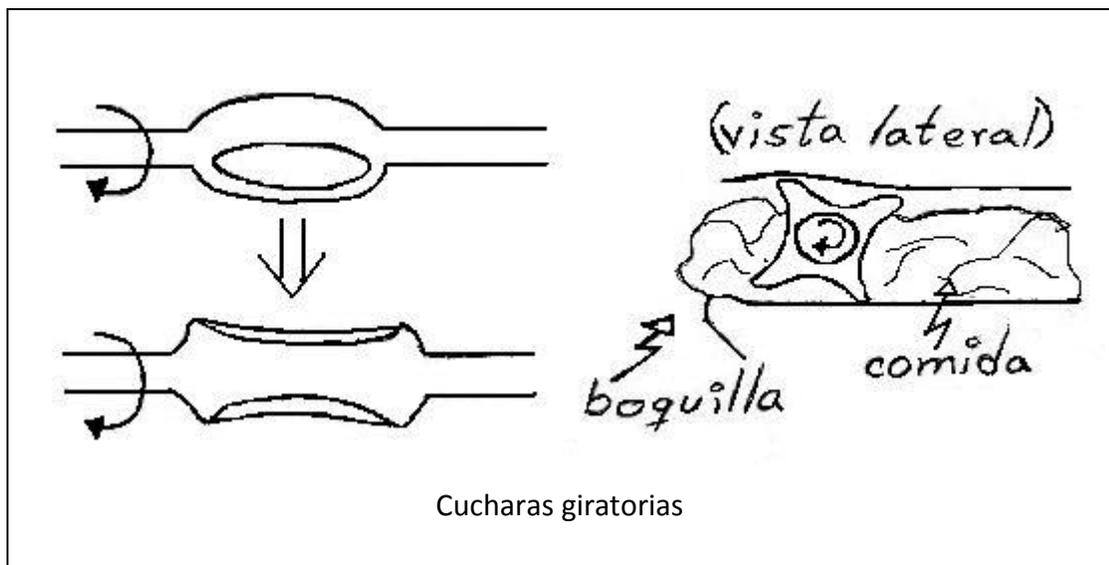
**Tabla 3.3** Ventajas y desventajas de las propuestas del subsistema transportar.

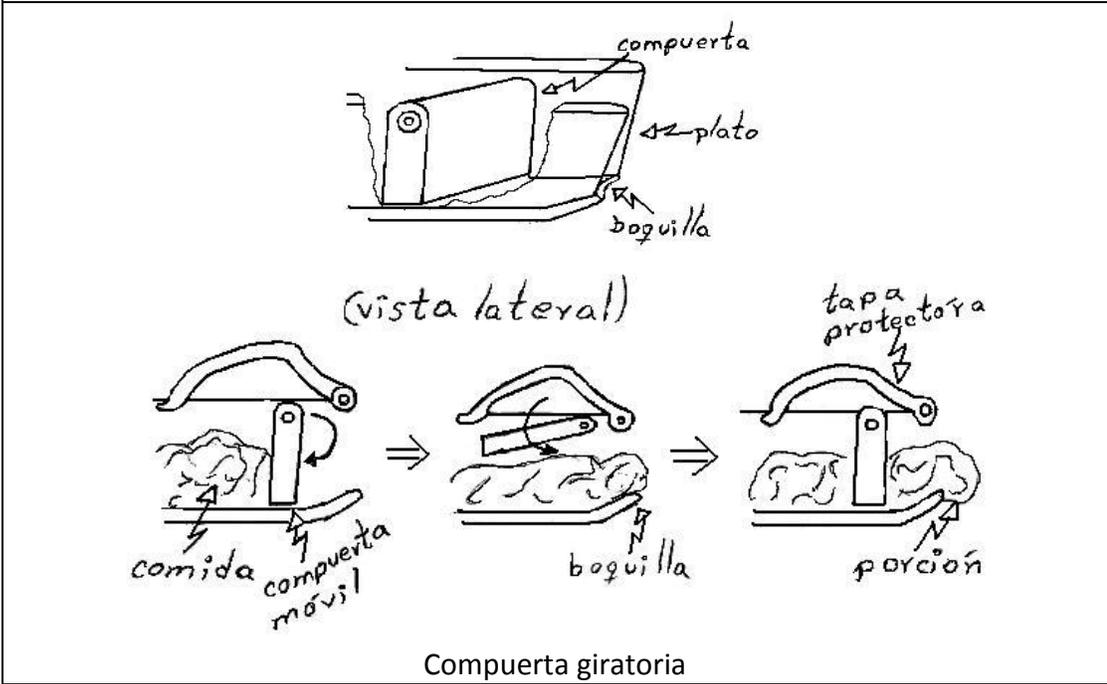
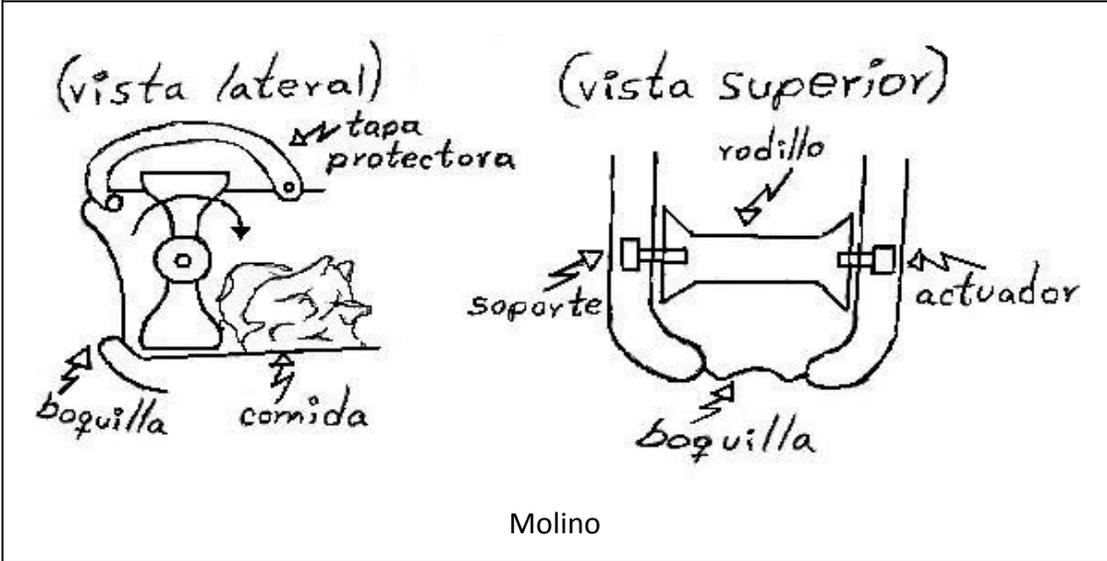
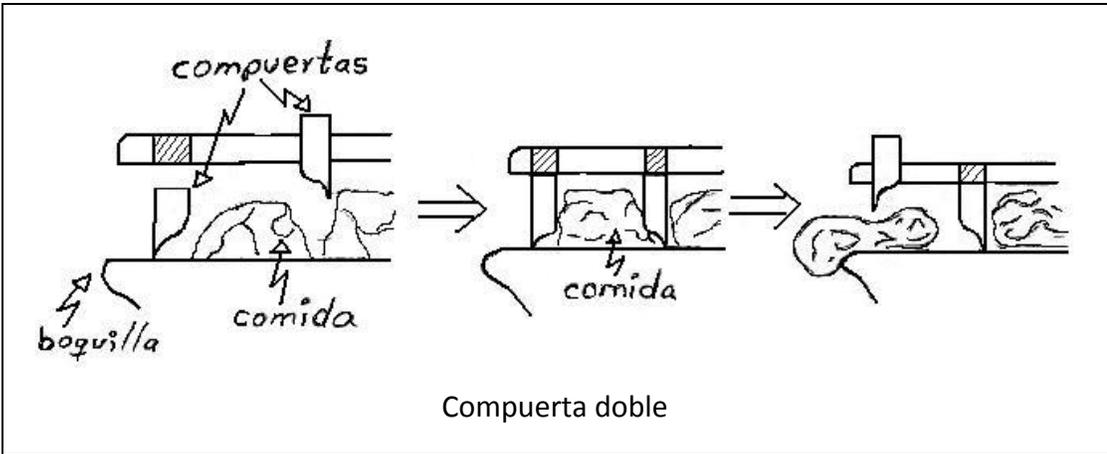
Ventajas	Desventajas
<b>Aventar</b>	
Manda rápido la comida del fondo hasta el frente	No toda la comida llegue al final del plato Podría sacar la comida fuera del plato
<b>Vibrar</b>	
La comida avanza progresivamente	No toda la comida llegue al final del plato La vibración puede transmitirse al usuario volviéndose molesto de manipular
<b>Placa de oleaje</b>	
Empuja la comida desde el fondo y sin aplastarla	Es muy difícil de implementar Al final del recorrido puede quedar atrapada la comida
<b>Banda</b>	
Es lo más cercano a un plato normal	Existen muchas articulaciones donde se puede atorar la comida
No aplasta la comida	Ocupa gran espacio para implementarse
<b>Tornillo sinfín</b>	
Su articulación tiene poco contacto con la comida	La comida puede atorarse en la parte inicial
Es una sola pieza	Se debe desmontar totalmente La comida puede quedar pegada en las paredes
<b>Placa de empuje</b>	
Asegura que toda la comida llega al final	Puede aplastar la comida Solución muy sobrada para el problema planteado
<b>Molino</b>	
Es fácil de implementar	No empuja el 100% de la comida
Su articulación tiene poco contacto con la comida	Deja poco espacio para la comida
Puede servir para dosificar	
<b>Bandas</b>	
Toda la comida es llevada al frente	Es difícil de implementar tres bandas Presenta dificultades al tener partes móviles y articulaciones en contacto con la comida

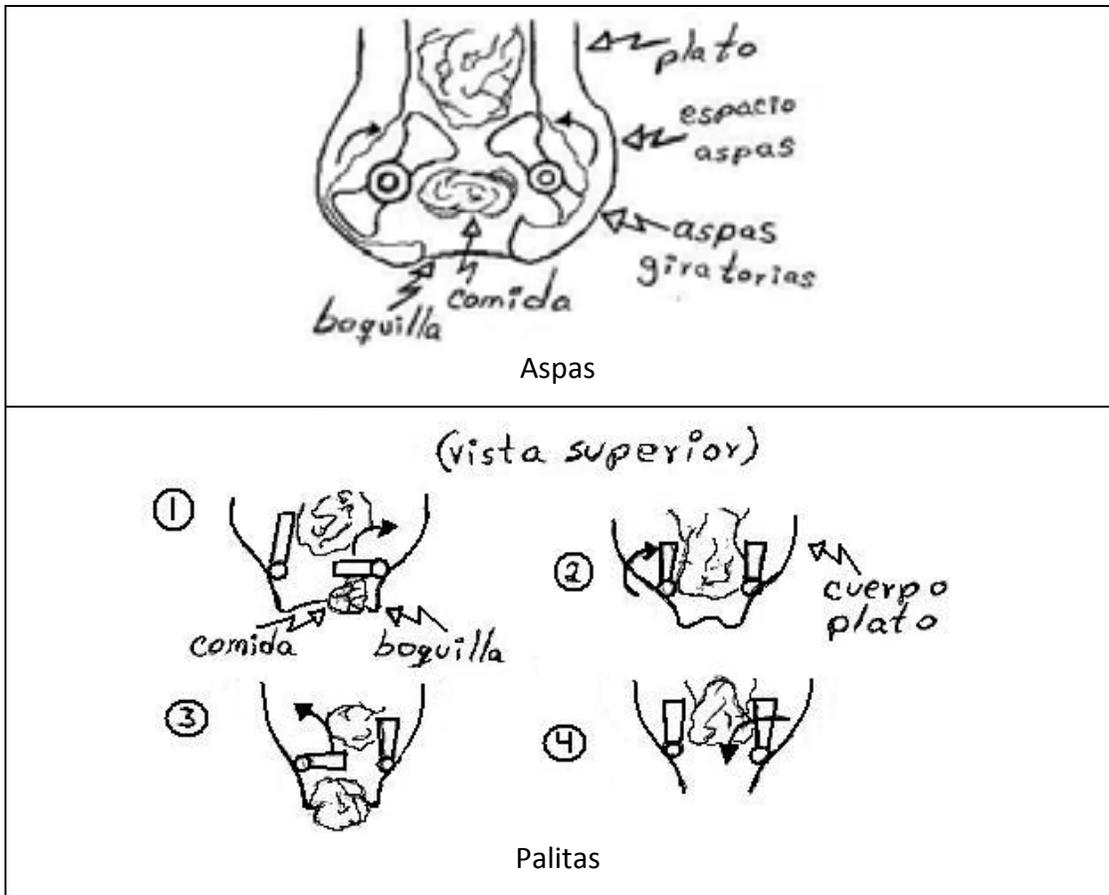
### 3.5 Subsistema dosificar

De la misma manera que en el subsistema anterior, se mostrarán las diferentes ideas generadas para resolver la función de dosificar, la cual es la encargada de evitar que la comida salga de golpe, sino en porciones adecuadas.

- Cucharas giratorias. Un rodillo central cuyo centro tiene concavidades parecidas a una cuchara, separa la comida en porciones.
- Compuerta doble. Dos compuertas que abren y cierran (suben y bajan) alternadamente para dejar que se llene un espacio, y después permitir la salida de la comida de dicho espacio.
- Molino. Una aspa en posición vertical que gira para lleva ciertas porciones de comida hacia su destino.
- Compuerta giratoria. Una placa que gira 90° (de posición horizontal a posición vertical) para jalar y después detener la comida.
- Aspas. Dos aspas en posición horizontal que giran de manera sincronizada para crear el hueco que conducirá la comida a su destino.
- Palitas. Dos placas que giran 90° alternadamente, para conducir la comida a su destino.







**Figura 3.8** Conceptos propuestos para resolver el subsistema transportar.

## Ventajas y desventajas

**Tabla 3.4** Ventajas y desventajas de las propuestas del subsistema dosificar.

Ventajas	Desventajas
<b>Cucharas giratorias</b>	
Jalan la comida Solo se necesitan 1 actuador	Liberan poco volumen No separan bien las porciones No empujan la comida La comida puede quedar pegada en las paredes
<b>Compuerta doble</b>	
Separan bien las porciones Liberan un buen volumen No aplastan la comida	Requieren dos actuadores No empujan la comida
<b>Molino</b>	
No aplasta la comida Jala la comida y la empuja Solo requiere un solo actuador	Hay huecos donde se puede atorar la comida No separa bien las porciones
<b>Compuerta giratoria</b>	
Empuja la comida Solo requiere un actuador Se tiene un control adecuado en la frecuencia de las porciones	Puede aplastar la comida o empujarla de regreso Requiere un control avanzado para el movimiento
<b>Palitas</b>	
Jalan la comida y la empujan No aplastan la comida	Pueden aplastar la comida Liberan la comida en dos direcciones Requieren dos actuadores Requieren un control avanzado para el movimiento No separan bien las porciones
<b>Aspas</b>	
Jalan la comida y la empujan Separan las porciones Pueden controlar el volumen de las porciones	Pueden no liberar toda la comida Requieren dos actuadores Liberan poco volumen No separan bien las porciones Tienen huecos donde puede atorarse la comida Requieren gran espacio

### 3.6 Análisis de subsistemas

#### Matriz morfológica

Usando la herramienta matriz morfológica, se obtienen las diversas configuraciones que pueden existir combinando las diversas opciones de solución obtenidas, otorgándoles un nombre para su fácil identificación y mejor visualización de cómo podría ser el resultado final.

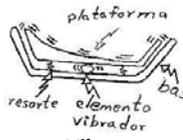
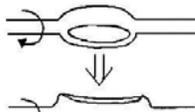
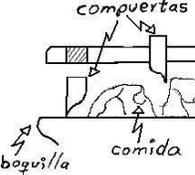
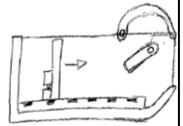
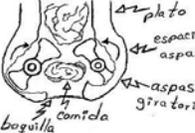
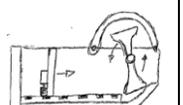
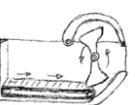
<p><b>Transportar</b></p> <p><b>Dosificar</b></p>	 <p><b>Aventar</b></p>	 <p><b>Vibrar</b></p>	 <p><b>Placa de oleaje</b></p>	 <p><b>Placa de empuje</b></p>	 <p><b>Bandas</b></p>
 <p><b>Cucharas giratorias</b></p>	CU - 1	CU - 2	CU - 3	CU - 4	CU - 5
 <p><b>Compuerta giratoria</b></p>	CG - 1	CG - 2	CG - 3	CG - 4	CG - 5
<p>(vista superior)</p>  <p><b>Palitas</b></p>	COM-1	COM-2	COM-3		
 <p><b>Aspas</b></p>	AS - 1	AS - 2	AS - 3		

Figura 3.9 Matriz morfológica.

Para ahorrar espacio y que sea más fácil de entender, sólo se dibujaron algunas de las configuraciones.

### Matriz de decisión

De manera similar a como se eligió el tipo de dispositivo a diseñar, se analizarán las diferentes opciones con las que se cuentan para cada uno de los subsistemas, utilizando de nueva cuenta la matriz de decisión, aunque en este caso se considerará una forma diferente a la usada anteriormente.

Se debe mencionar, que siendo esta etapa la base del diseño a detalle, y que se elegirán los mecanismos con los que se va a trabajar, se utilizarán las especificaciones técnicas obtenidas de la matriz QFD, que se mostró al final del subcapítulo 1.4 Información del usuario.

Para esta matriz, cada concepto se calificará con un valor del 1 al 4, siendo 1 la peor puntuación y 4 la mejor, para cada requerimiento del cliente (información obtenida de la matriz QFD). Después estos valores se multiplicarán por la importancia del factor de peso de cada requerimiento, y al final se hará la suma de los puntos que consiguió cada concepto, siendo la mejor opción aquél que tenga la puntuación más alta.

Para ambos casos:

**Tabla 3.1** Código de colores para las matrices de decisión de las funciones.

Calificación	1 al 4
Segunda opción	
Mejor calificado	

**Tabla 3.2** Matriz de decisión función transportar.

	Tendencia deseada	Factor de peso %	Aventar	Vibración	Oleaje	Banda	Tornillo sinfin	Placa de empuje	Molino	Aventar	Vibración	Oleaje	Banda	Tornillo sinfin	Placa de empuje	Molino
Debe tene medidas apropiadas	+	16.25	2	3	2	2	2	3	2	32.5	48.7	32.5	32.5	32.5	48.7	32.5
El dispositivo es ligero	-	12.74	3	3	2	3	2	3	2	38.2	38.2	25.5	38.2	25.5	38.2	25.5
Transferencia térmica en sup. de contacto	+	8.73	4	4	4	4	4	4	4	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9
Buena capacidad en el plato	+	9.93	1	1	2	3	2	4	2	9.93	9.93	19.9	29.8	19.9	39.7	19.9
Potencia en los actuadores	-	10.83	1	1	3	3	3	2	3	10.8	10.8	32.5	32.5	32.5	21.7	32.5
Articulaciones y mecanismos cubiertos	+	10.83	1	1	2	2	4	1	3	10.8	10.8	21.7	21.7	43.3	10.8	32.5
Cantidad de piezas a desarmar para lavar	-	9.93	2	2	1	1	4	2	4	19.9	19.9	9.93	9.93	39.7	19.9	39.7
Piezas manufacturadas	-	0.90	2	1	1	2	2	1	2	1.81	0.9	0.9	1.81	1.81	0.9	1.81
Seguros de protección	-	8.12	3	2	3	4	2	2	2	24.4	16.2	24.4	32.5	16.2	16.2	16.2
Número de pasos para usarse	-	9.03	3	2	3	4	4	2	3	27.1	18.1	27.1	36.1	36.1	18.1	27.1
Tiempo de funcionamiento	-	2.71	1	1	3	3	3	3	3	2.71	2.71	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12
Valor útil total		100.00								213	211	237	278	291	257	271

**Tabla 3.3** Matriz de desición función dosificar.

	Tendencia deseada	Factor de peso %	Cuchara	Compuertas	Compuerta giratoria	Molino	Aspas	Palitas	Tornillo sinfin	Cuchara	Compuertas	Compuerta giratoria	Molino	Aspas	Palitas	Tornillo sinfin
Debe tene medidas apropiadas	+	16.25	2	1	3	1	1	2	3	32	16	49	16	16	32	49
El peso del dispositivo es ligero	-	12.74	3	3	3	2	2	3	2	38	38	38	25	25	38	25
Transferencia térmica en sup. de contacto	+	8.73	4	4	4	4	4	4	4	35	35	35	35	35	35	35
Tamaño de porción adecuado	+	9.93	1	3	3	2	3	3	2	9.9	30	30	20	30	30	20
Potencia en los actuadores	-	10.83	3	3	3	3	2	2	3	32	32	32	32	22	22	32
Articulaciones y mecanismos cubiertos	+	10.83	3	1	3	3	2	2	4	32	11	32	32	22	22	43
Cantidad de piezas a desarmar para lavar	-	9.93	4	1	3	3	1	2	3	40	9.9	30	30	9.9	20	30
Piezas manufacturadas	-	0.90	1	2	2	1	1	2	2	0.9	1.8	1.8	0.9	0.9	1.8	1.8
Seguros de protección	-	8.12	3	1	3	2	2	3	3	24	8.1	24	16	16	24	24
Número de pasos para usarse	-	9.03	2	3	3	3	3	3	3	18	27	27	27	27	27	27
Tiempo de funcionamiento	-	2.71	1	2	3	2	2	3	3	2.7	5.4	8.1	5.4	5.4	8.1	8.1
Valor útil total		100.00								266	215	308	241	209	260	296

## Resultados obtenidos de la matriz de decisión

Función transporta comida:

- 1 Tornillo sinfín
- 2 Banda

Función dosificar:

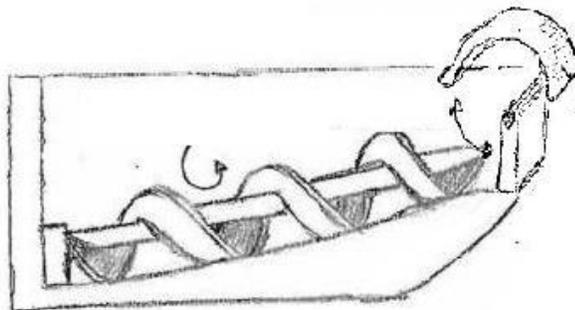
- 1 Compuerta giratoria
- 2 Tornillo sinfín.

Es conveniente mencionar que a pesar de tener una expectativa alta en el mecanismo placa de empuje, este no tuvo un puntaje tan alto al ser sometido a la matriz de decisión, lo que confirma la importancia de llevar un método más sistemático en la toma de decisiones, en lugar de confiar únicamente en la intuición.

Como se puede apreciar, la combinación elegida sería una transportación de tornillo sinfín con compuerta giratoria. Sin embargo, la combinación de ambas ideas no resulta tan conveniente debido a que los mecanismos parecen estorbarse mutuamente, por lo que se analizará la combinación de los dos mejores mecanismos para cada función.

Se puede observar que para la configuración A le faltaría a la compuerta espacio para girar, y en caso de tener una gran separación ésta del tornillo sinfín podría no alcanzar la comida. Por lo tanto, este diseño resulta poco práctico pues a pesar de que cada elemento por separado es el mejor para su función, el tornillo no permite ningún mecanismo después de la salida, así como la compuerta espera tener un espacio disponible para girar y que le acerquen la comida a poca distancia de su eje de rotación.

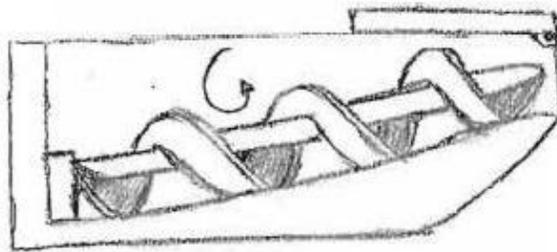
A) Tornillo sinfín para transportar comida y compuerta giratoria para dosificar.



**Figura 3.10** Boceto de la combinación tornillo sinfín con compuerta giratoria.

Para la configuración B se tiene el tornillo para cubrir ambas funciones, lo cual resulta muy conveniente, pues se simplifica el problema en un solo mecanismo. Sin embargo, tiene dos problemas; no es bueno para dosificar la comida pues al solo empujarla habrá lugares donde la comida se acumule más que en otros; el segundo problema con este dispositivo es que al encontrarse la comida con cierto grado de humedad, la capilaridad provocaría que esta se quedara pegada a las paredes, de manera que podría no salir del dispositivo.

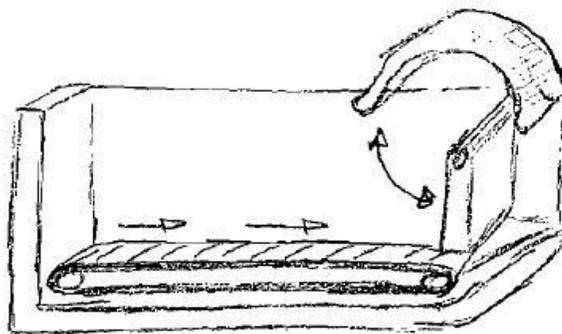
B) Tornillo sinfín para transportar comida y dosificar



**Figura 3.11** Boceto de la propuesta tornillo sinfín.

Por último, la configuración C se acopla bastante bien, pero tiene el inconveniente de que la limpieza de la banda no es tan sencilla, pues si la comida tiene grasa o humedad, este puede escurrirse al fondo y entre los componentes.

C) Banda para transportar comida y compuerta giratoria para dosificar



**Figura 3.12** Boceto de la combinación banda transportadora con compuerta giratoria.

**Elección final de los mecanismos a usar para el dispositivo**

Luego de analizar las diferentes opciones con sus pros y contras, se decidió escoger la opción C, la cual consiste en banda transportadora y compuerta giratoria; esta decisión se tomo debido a que presenta el mayor número de ventajas, y sus mecanismos cumplen adecuadamente con la función encomendada.

Se debe de recordar que durante el diseño a detalle de cualquier mecanismo se presentaran complicaciones, ya sean de espacio, manufactura, control o por cuestiones no contempladas, lo que se deberán resolver conforme se avance en el proyecto. Es por esto que lo más recomendable es elegir aquella opción que presente mayor cantidad de virtudes en el planteamiento.

## CAPÍTULO 4

### **Evolución del diseño**

En el capítulo anterior se enfocó al desarrollo de conceptos para los diferentes sistemas que componen el dispositivo, las diferentes configuraciones propuestas y la toma de decisiones para elegir una de éstas.

En este capítulo se mostrará el diseño de configuración del dispositivo de manera general, pues se indicará la base del diseño, que consiste en las consideraciones previas que se tomaron para la forma exterior del dispositivo, las primeras ideas de diseño que fueron surgiendo junto con las ventajas e inconvenientes que mostraron y, por último, el diseño final que se obtuvo.

Para una mejor comprensión de este capítulo, solo se mostrarán las piezas a grandes rasgos, para hacer énfasis al funcionamiento de cada uno de los subsistemas. En el capítulo siguiente, se podrá ver a detalle las consideraciones y parámetros tomados para cada una de las piezas propuestas.

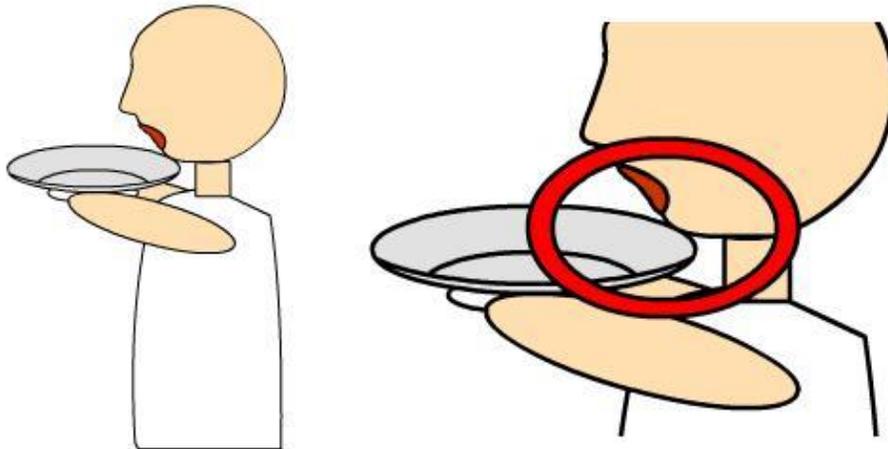
#### **4.1 Base del diseño**

Para hacer el diseño de este dispositivo, se pensó en una geometría que permita que el dispositivo fuera fácil de sujetar, ya que en lugar de utilizar los dedos se empleará un sistema de pinzas, y además debe permitir que el usuario pueda acercarlo a la boca.

En la visita que se le hizo a Carlos, se le pidió levantar varios platos y contenedores para que bebiera el líquido que se encontraba en su interior. Una de las observaciones que se hizo fue que al levantar platos de poca altura y gran diámetro, estos le eran estorbosos para acercarlos a su boca y perdía el control sobre ellos para inclinarlos o mantenerlos horizontales, y como se ilustra en la Figura 4.2, el plato le quedaba debajo de la barbilla en una posición horizontal.

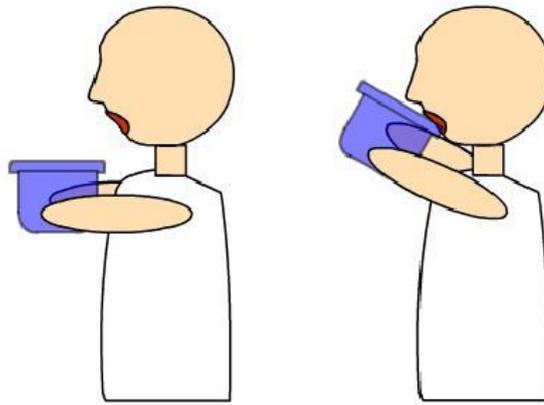


**Figura 4.1** Plato convencional.



**Figura 4.2** Problemas al usar platos convencionales.

Cuando se le pidió levantar y beber de un contenedor con forma cubica o cilíndrica no tuvo problemas, pues era más fácil para él acercarlo a su boca y girarlo para controlar la cantidad de líquido a ingerir, tal como se ilustra en la Figura 4.3. Con este tipo de contenedores se tiene un mayor control para inclinarlos, además de quedar a una altura ideal para la boca.

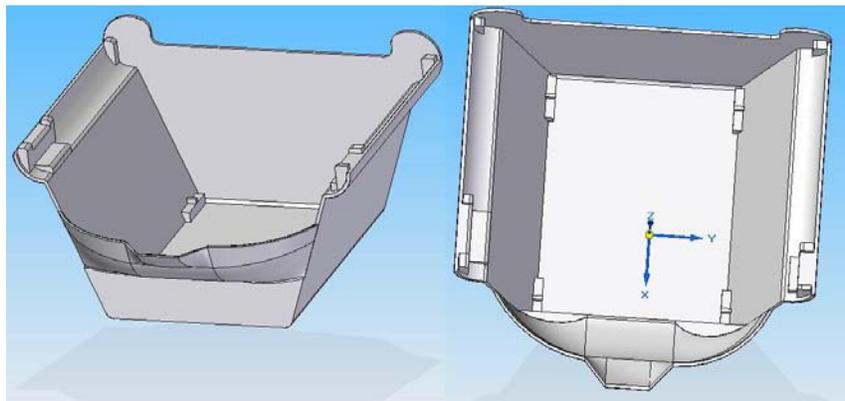


**Figura 4.3** Contenedor apropiado para el usuario (Carlos).

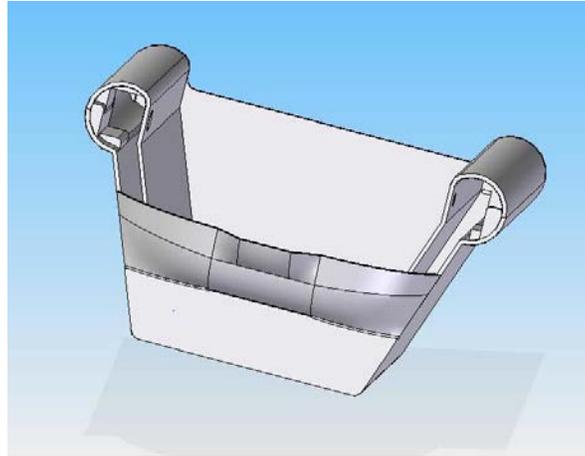
Con base en lo anterior se tomó la decisión de que la geometría exterior del dispositivo asemejara un paralelepípedo, el cual posee la ventaja de tener una gran área en sus costados para ser sostenido por un sistema de pinzas (los brazos de Carlos), y así poder controlar de mejor manera la inclinación del plato.

## 4.2 Primer diseño y sus subsistemas

En un principio se pensó en un plato formado por un gran contenedor, el cual pudiese alojar los dos subsistemas dentro de sí mismo, así que el primer diseño buscó cumplir con los requerimientos de diseño establecidos en el subcapítulo 1.4 y en las consideraciones realizadas en el subcapítulo anterior.

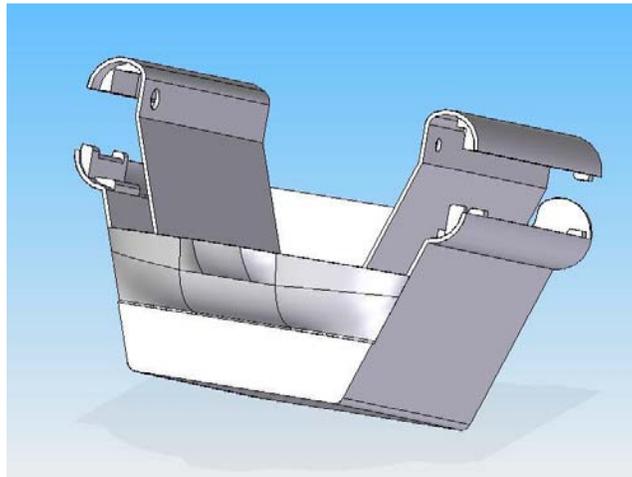


**Figura 4.4** Imagen del cuerpo del plato.



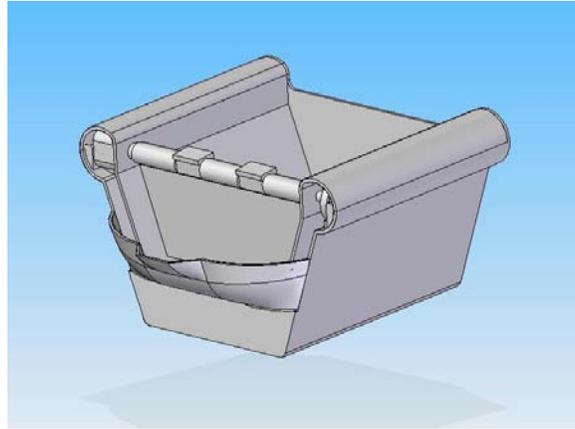
**Figura 4.5** Cuerpo del plato con tapas, vista frontal.

Como se muestra en la Figura 4.5, el plato cuenta con dos lados laterales inclinados y una parte superior redondeada, con la finalidad de que se tuviera un apoyo para levantar el plato. La parte redondeada además de envolver algunos de los componentes, ayuda como una restricción mecánica, en caso de que el plato resbale de los brazos; de esta forma no habría problema si el usuario no puede ejercer gran fuerza de compresión para sujetarlo.



**Figura 4.6** Cuerpo del plato con tapas desmontadas

Como una forma de prevenir que las paredes del plato se calienten demasiado, al grado que eviten que el usuario sujete el dispositivo de manera agradable (se debe recordar que el usuario tiene gran sensibilidad en sus brazos), se propuso una doble pared con una capa intermedia de aire, la cual además de servir como un aislante térmico, podrá servir para guardar parte del subsistema de dosificación y ayudar a sellar de mejor manera los espacios en el subsistema de transporte, pues las tapas quedan sobre la banda, impidiendo que la comida caiga por los costados de ésta. La doble pared se puede apreciar en la Figura 4.6.



**Figura 4.7** Vista lateral del plato armado.

En la parte frontal se cuenta con una pequeña pared que le da profundidad al plato, y con una boquilla por donde saldrá el alimento, una vez que sea empujado por el subsistema dosificar; aquí es donde el usuario pondrá su boca de igual manera que si bebiera algún líquido del plato, pero en este caso se le proporcionará un bocado. La boquilla se puede ver en la figura 4.7.

En la parte trasera se cuenta con una pared plana, la cual fue diseñada así para una mayor facilidad en la manufactura, además de ser más fácil poder incluir el subsistema de transporte con banda y que lo pueda contener sin dejar grandes espacios con esta pared, con la finalidad de evitar que la comida caiga al fondo del plato en lugar de ser transportada.

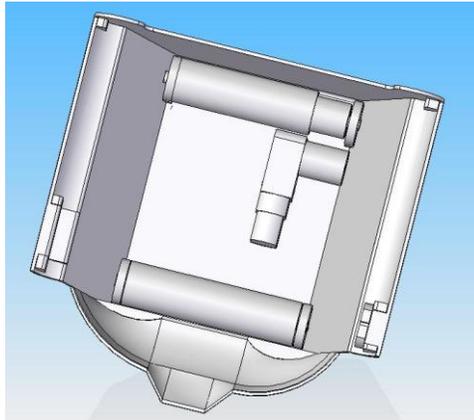
### ***Subsistema transportar***

En el Capítulo 3 se mencionó el concepto bajo el cual trabajaría el subsistema transportar, que es un mecanismo de banda; éste servirá como la base del plato, cuya función consistirá en girar hacia el frente (la boquilla) para arrastrar toda la comida que se encuentre sobre ella, y de esta forma se transportara la comida hacia el sistema dosificar.

Para integrar este se necesitan cuatro componentes fundamentales, un actuador que provea la potencia del movimiento, dos rodillos que mantengan tensa la banda y le transmitan el movimiento y una banda, que en este caso debe de cumplir la calidad de grado alimenticio. Comercialmente hay una gran variedad de bandas grado alimenticio que constan de una capa de teflón, para evitar que la comida quede adherida a ella, y además cuentan con varias propiedades compatibles con nuestro dispositivo, como un espesor cercano a los 3 mm, pues se tiene un espacio reducido, y la propiedad de poder

girar sobre un diámetro bastante reducido, ya que los rodillo tienen un diámetro aproximado de  $\frac{1}{2}$  in.

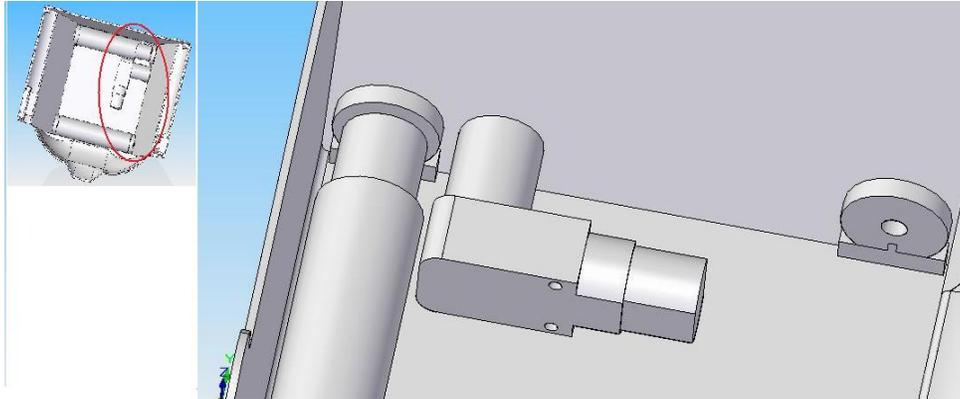
A pesar de que un mecanismo de banda sólo requiere cuatro componentes fundamentales, el llevarlo a la práctica provoca que se necesiten más componentes para su instalación, además de estar adaptado para los requerimientos de tamaño e higiene. A continuación se mostrará el primer diseño al que se llegó para poder implementar un mecanismo de banda que se pudiese introducir dentro del cuerpo del plato, y fuera fácil de limpiar.



**Figura 4.8** Vista superior del contenedor del plato con el subsistema transportar.

Al observar la vista superior del plato (Figura 4.8), se puede apreciar que debajo de la boquilla se encuentra un espacio en el fondo del plato, que está reservado para incluir el subsistema transportar; en el hueco formado por los rodillos y la cara interior de la banda se tiene pensado incluir los componentes electrónicos, así como las baterías.

Como primera idea para los componentes de este subsistema, se diseñaron dos ejes que se introducen en esta cavidad inferior en el cuerpo del plato; para sujetarlos se pensó en dos bujes de cada lado anclados al plato, el motor dentro del espacio que deja la banda, una polea para la transmisión de potencia del motor y una banda extra para pasar la potencia del motor a los rodillos.

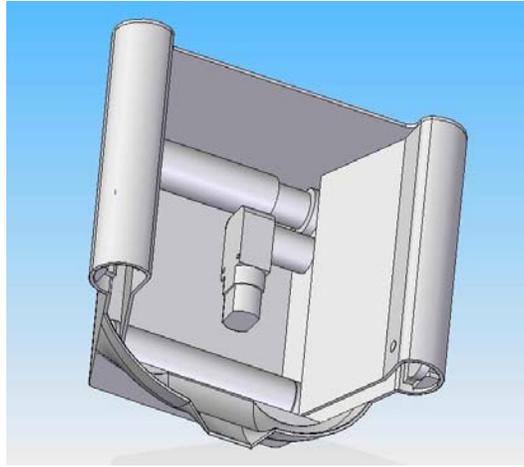


**Figura 4.9** Acercamiento del subsistema transportar sin uno de los rodillos.

En la Figura 4.9 se quitó uno de los rodillos para poder mostrar mejor los componentes. Como se puede apreciar, los bujes diseñados para sostener los rodillos tienen una muesca hembra que embona a presión (la suficiente para que pueda ser removida sin dañarla) con una muesca macho que tiene el plato. El rodillo está sujeto a una altura prudente del fondo del plato para que la banda transportadora no tenga problemas de fricción.

Este buje cumple una función parecida a un balero, pues tiene una restricción mecánica al desplazamiento, pero permite que el rodillo con el eje insertado en su barreno, gire sin problemas, con la ventaja de ser mucho más higiénico que un balero y más fácil de dar mantenimiento. Sin embargo, solo se está considerando que habrá esfuerzos paralelos al sentido de la banda, pues el único esfuerzo en sentido perpendicular a la banda y al rodillo, es el que se ejercería al quitar el buje para su limpieza; los esfuerzos en el sentido del rodillo no están contemplados, lo cual podría causar un problema en caso de presentarse, ya que existe la posibilidad de descuadrar la banda.

Por otra parte, en el eje que se dejó visible en la Figura 4.9 se puede apreciar que contiene un rebaje en un extremo de su cuerpo, debido a que en esa parte se tiene contemplado sujetar la banda que va a la polea del motor; el rebaje realizado en el rodillo tiene la misma dimensión que el grosor de la banda transmisora (aproximadamente 3 mm), aunque debido a esta reducción del diámetro en el rodillo, existe la posibilidad de tener un problema de tensado de la banda principal.



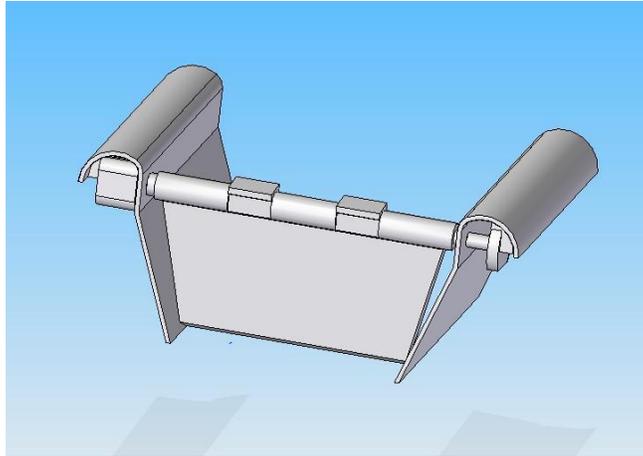
**Figura 4.10** Vista superior del plato con tapas y el sistema transportar.

Como se muestra en la Figura 4.10, así es como quedaría acomodado el subsistema transportar (se omitieron las bandas para una mejor visualización de los componentes), en la que se puede observar que el cuerpo del plato contiene las tapas las cuáles cubrirán los bujes y los extremos laterales de la banda, evitando que la comida pueda caer por estos espacios.

De esta manera es como se formaría el interior visible del plato, el cual parecería una especie de caja, que debido a la naturaleza del concepto del dispositivo, el no usar cubiertos, se asemeja a las cajas empleadas en la comida china, donde empujan su comida desde el fondo con un par de palillos.

### ***Subsistema dosificar***

El subsistema dosificar, como se mencionó con anterioridad, constará de una compuerta giratoria que al abatirse hacia atrás abrirá un espacio para que la comida empujada por el subsistema transportar sea llevada rumbo a la boquilla a una posición cercana a la compuerta (debajo de su eje), después al girar la compuerta hacia enfrente, la comida será empujada a la boquilla del plato y de este modo a la boca del usuario.

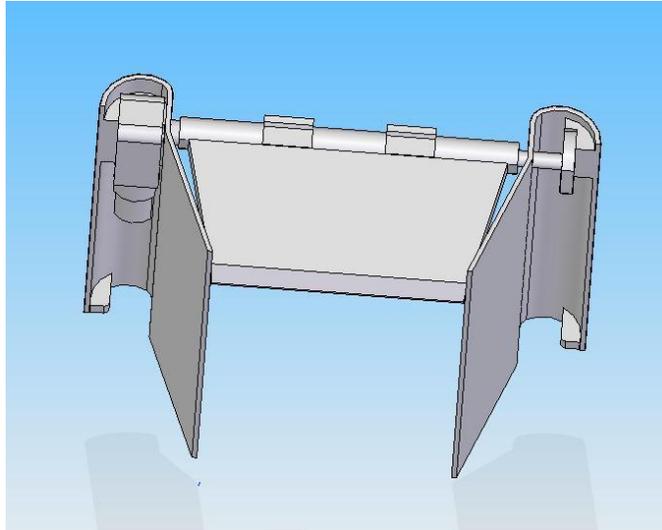


**Figura 4.11** Vista superior del subsistema dosificar con las tapas.

Para el diseño de este subsistema se procuró usar la menor cantidad de piezas, para que fuera más sencillo y práctico al limpiar y ensamblar. Las partes que componen este subsistema son el eje principal, la compuerta, un buje y el motor; así como las tapas para cubrir al motor y el buje.

Como se muestra la Figura 4.11, el eje va conectado al motor y al buje, colocados en cada uno de los extremos del plato (específicamente dentro de las tapas), que son los dos puntos que tiene de apoyo para poder hacer su movimiento rotacional. La compuerta tiene una especie de brazos en su parte superior con los cuales se sujeta al eje principal para así poder seguirlo en su movimiento.

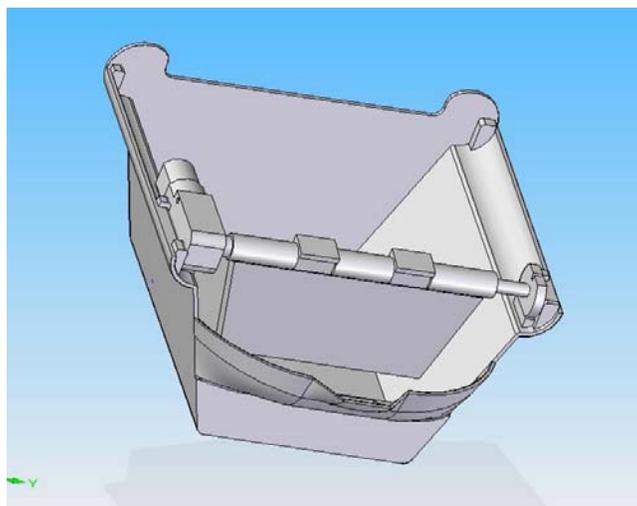
La compuerta en su parte superior va sujeta al eje, sus brazos cuentan con dos pestañas que le permiten estar enganchado al eje, y también brindan una forma de desmontarse fácilmente; esto es muy importante pues la compuerta está en contacto directo con la comida por lo que será ensuciada por restos de ésta y con grasa, y de este modo para limpiar el plato se puede quitar dicha compuerta y hacerlo por separado, haciendo más fácil limpiar el interior del plato pues ya no tendrá este obstáculo.



**Figura 4.12** Vista inferior del subsistema dosificar con las tapas.

La parte más crítica de este subsistema es el eje, pues tiene varios rebajes en su longitud; en los extremos este eje disminuye su diámetro con la finalidad de poder ser introducido en las tapas y así poder esconder sus puntos de apoyo; un extremo se conecta con el eje del motor, mientras el otro extremo va dentro del buje; en la parte central el eje tiene dos muescas, que tienen la función de brindar el espacio para que la compuerta se sujete de manera adecuada y con las restricciones mecánicas que le prohíban girar libremente.

En Figura 4.12 se puede apreciar la forma en cómo el eje se encuentra sujeto al motor y al buje. Estos dos componentes tienen un espacio creado por unas protuberancias de las tapas, para que se acomoden y queden aprisionados, y de esta forma se elimine el juego en estas piezas.



**Figura 4.13** Vista del subsistema dosificar sobre el cuerpo.

En la Figura 4.13 se ilustra cómo queda el subsistema dosificar sobre el cuerpo del plato, el cual también tiene protuberancias diseñadas para alojar al motor y al buje, de manera que queden restringidos para el movimiento al quedar encapsulados entre el cuerpo y las tapas.

Es de remarcarse que la compuerta tiene una longitud adecuada para que quede a unos milímetros de la banda transportadora, esto es muy importante pues si quedara justo sobre la banda podría provocar un desgaste muy rápido de ésta, provocando que perdiera parte de su calidad de grado alimenticio o que se rompiera; por otro lado, si quedara muy despegada, parte de la comida quedaría embarrada sobre la banda y no sería empujada totalmente hacia la boquilla.

### **4.3 Discusión de los subsistemas**

A pesar de las ventajas encontradas para este diseño, éste implicaba un gran problema en tres aspectos: la limpieza, el almacenaje de los componentes y la transmisión de la potencia a la banda.

Para limpiar el dispositivo se buscaba evitar las dificultades que tienen algunos electrodomésticos, como son algunos extractores de jugo, los cuales se tienen que desarmar en demasiadas partes volviendo el aparato poco práctico de limpiar y prefiriendo otros artículos. Este problema podría darse principalmente en el subsistema transportar, pues es el que tiene mayor contacto con la comida y en el subsistema dosificar solo entra en contacto la compuerta, que se encuentra diseñada para ser desmontada fácil.

En el subsistema transportar se tendrían que quitar los rodillos cada vez que se fuera a limpiar el dispositivo, incluyendo al actuador y la parte electrónica de control, lo que podría ser difícil de volver a ensamblar correctamente en el dispositivo.

No se presentaron problemas para el espacio de los componentes con el subsistema dosificar, pues los componentes se ocultaban convenientemente dentro de la cavidad producida por los bordes superiores del cuerpo del plato. Sin embargo, para el subsistema de transportar sólo se contaba con el espacio entre los rodillos, el cual era muy reducido para componentes como la batería y el motor, pues tenían dificultades para ser sujetos debido al pequeño espacio disponible.

Finalmente el problema con la transmisión de potencia a la banda consistía en que no existía el espacio necesario para colocar el motor y dicha transmisión, pues el mecanismo

de banda debía tener un mecanismo para que ésta se colocara en su lugar y después pudiera ser apretada, de esta forma se aseguraría que la banda no se patinara sobre los rodillos o en caso de que no tuviera exactamente la extensión, que pudiera quedar adecuadamente colocada. Además, debe de haber una forma de transmitir el movimiento del motor hacia uno de los rodillos, lo que hacía necesario una polea y una banda extra, para lo cual el espacio disponible era sumamente limitado. Esto trae consigo un problema de contraposición, pues al mejorar una característica se pierde otra, por lo que se hará uso de la siguiente metodología para resolverlo.

Existe un método creado para resolver problemas y contradicciones que resultan en las posibles soluciones de aquellos, este método se llama TRIZ, "*Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach*", el acrónimo ruso de Teoría para la Resolución de Problemas Inventivos. Esta teoría creada por Genrich S. Altshuller, alrededor del año 1945, tiene el propósito de resolver de forma rápida los problemas encontrados al proponer o mejorar productos o procesos, pues en lugar de confiar en la creatividad e inspiración del ser humano, se pretende partir inicialmente de un concepto correcto.

Cuando el ingeniero Altshuller revisó miles de patentes de inventos e innovaciones, encontró elementos que se repetían y soluciones cuyos principios básicos siempre eran usados; llegó a la conclusión de que existen 40 principios fundamentales para la innovación. Estos 40 principios se proponen como posibles soluciones a problemas en los sistemas tecnológicos y principalmente a aquéllos en los que existan contradicciones, es decir, donde al mejorar alguna cualidad se afecte otra.

Utilizando la página de internet <http://triz40.com>, se pueden contraponer los conflictos mencionados en la matriz de los 40 principios de triz, y de esta forma conocer cuáles son aquéllos que pueden resolver este problema. En este caso, contraponiendo los conflictos bajo los parámetros 36: Complejidad del objeto y 32: Facilidad para la fabricación, la matriz arrojó que los principios que pudieran resolver el problema son:

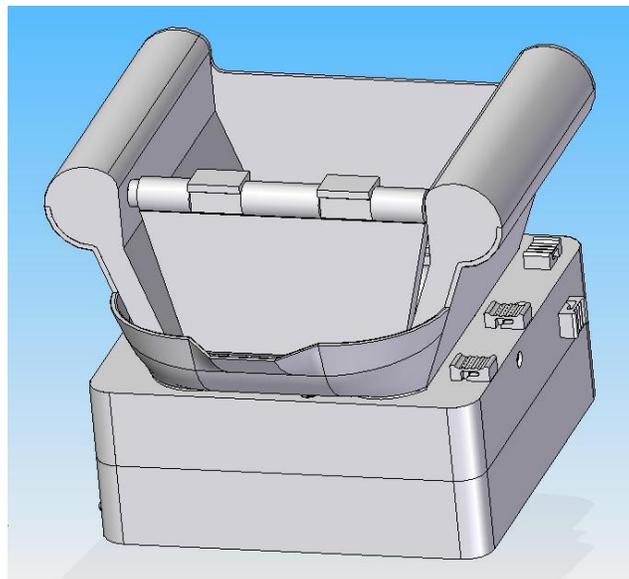
- Componentes baratos de corta vida útil. Substituir un objeto costoso por muchos económicos.
- Copiando. Usar copias simples y económicas en lugar de copias costosas.
- Segmentar. Dividir un sistema en partes separadas. Hacer un sistema fácil de unir y separar.
- Inversión. Utilizar una o más acciones opuestas.

Revisando estos principios de innovación, se encontró que el principio que más conviene es el de segmentar; así que, en lugar de ser un gran contenedor que incluyera todo, se optó por hacer un diseño modular. De esta manera hay un módulo que sirve de base, en el cuál hay el suficiente espacio para la transmisión de la potencia, los componentes electrónicos y el subsistema transportar. El otro módulo contempla las paredes del recipiente (internas y externas) y el subsistema dosificar.

Se debe recordar que entre más uniones se tengan habrán más posibilidades de que la comida quede atascada en el dispositivo; sin embargo, en el primer diseño propuesto se puede tomar que cada pieza por separado será una unión, por lo que el fin será que todo este contenido en un solo módulo y así tener una sola unión entre módulos. Siendo lo ideal que cada módulo sea un encapsulado que evite la entrada de comida.

#### 4.4 Segundo diseño y subsistemas modificados

Con base en las observaciones señaladas en el subcapítulo anterior, el diseño del dispositivo tuvo modificaciones para dividirse en módulos, y de este modo se pudieran conservar los beneficios obtenidos y resolver los problemas encontrados en el primer diseño.



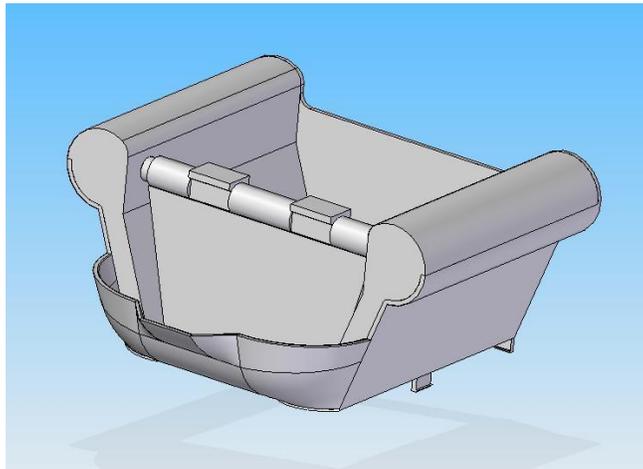
**Figura 4.14** Diseño dividido en módulos.

Como se puede apreciar en la Figura 4.14, se tienen dos módulos, uno superior que corresponde al subsistema dosificar y uno inferior correspondiente al subsistema

transportar, en donde el segundo contendrá también el control y la fuente de energía de todo el dispositivo.

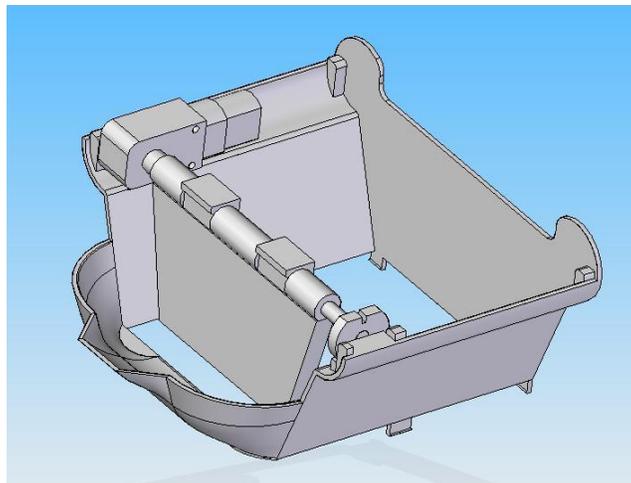
### ***Subsistema dosificar***

En el subsistema dosificar no se encontraron problemas, dado que el diseño propuesto tiene poco contacto con la comida, además de que mecánicamente es mucho más simple que el subsistema transportar, por lo que la limpieza se puede reducir a remover una sola pieza, la compuerta. Es por esto que se conservará el primer diseño de este sistema, y sólo se cambiará el contenedor que componía el cuerpo del plato, ya que ahora no tendrá fondo sino serán sólo las paredes.



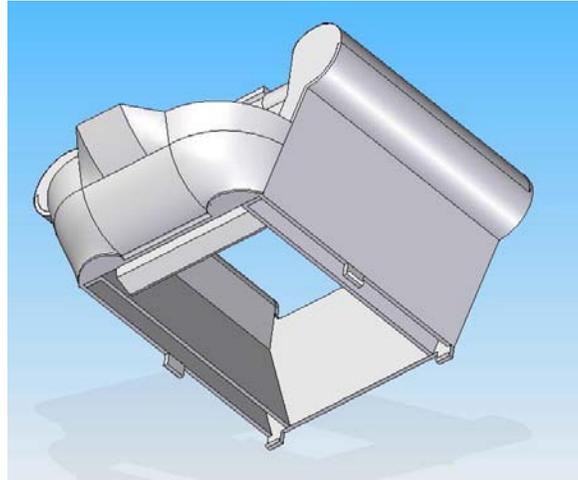
***Figura 4.15*** Subsistema dosificar como un módulo independiente.

Así como se muestra en la Figura 4.15, el módulo superior que contiene el subsistema dosificar está compuesto por lo que pareciera ser el plato contenedor sin base, puesto que sólo cuenta con las paredes para poder esconder los componentes de este subsistema.



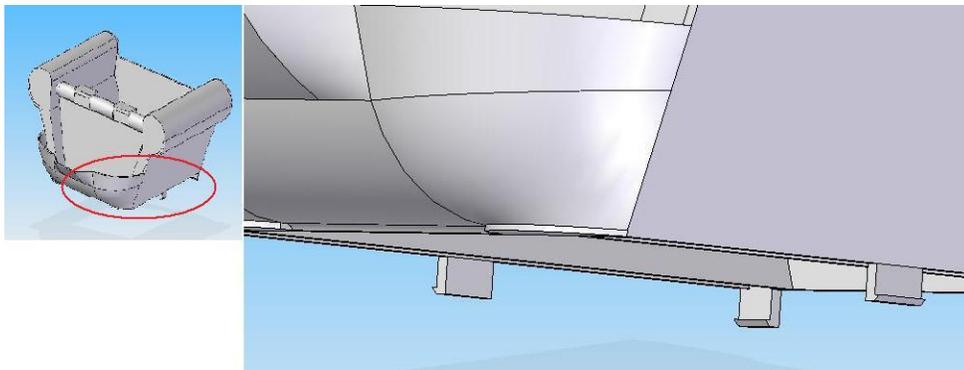
**Figura 4.16** Subsistema dosificar sin tapas.

En la Figura 4.16 se le han retirado las tapas al modelo, y de esta forma se puede observar el actuador, el buje y el eje que conforman el subsistema dosificar, así como las paredes del plato que componen una sola pieza (dos paredes laterales, una trasera y la boquilla).



**Figura 4.17** Subsistema dosificar vista inferior.

En la vista inferior de este módulo, mostrada en la Figura 4.17, se puede apreciar cómo las paredes parecen no tener base, pues el módulo transportar cumplirá esta función, sirviendo de base la banda transportadora. También muestra la forma en cómo se ensamblará con el otro módulo, pues cuenta con unas pestañas que encajarán en el módulo transportar.

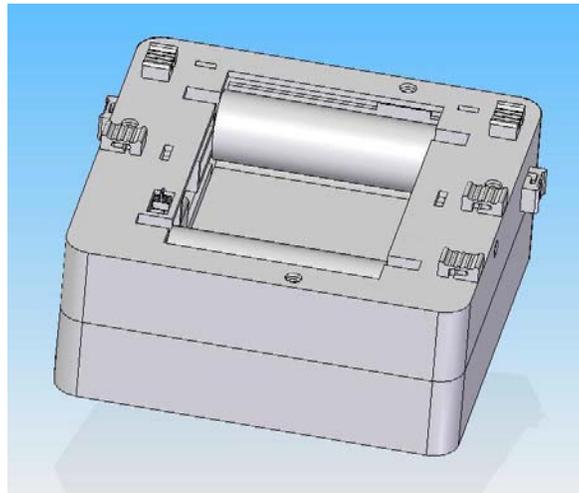


**Figura 4.18** Acercamiento del subsistema dosificar a las pestañas inferiores.

En el acercamiento a las pestañas de la Figura 4.18, se puede apreciar mejor la forma en cómo se encuentran diseñadas para que esos ganchos colocados al final, atoren este módulo y quede en una posición fija; para ser retirada se emplearán los sujetadores corredizos colocados en el módulo inferior.

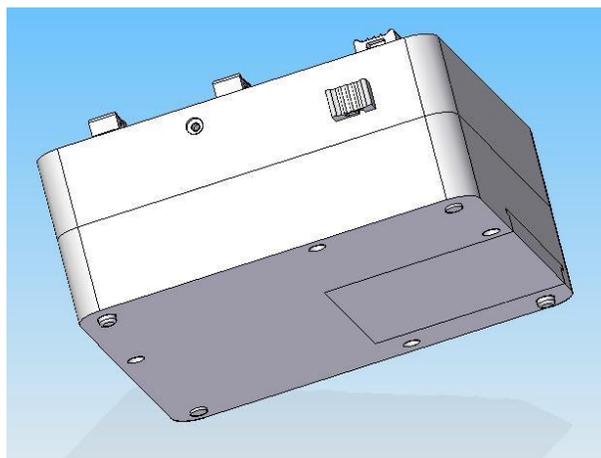
### ***Subsistema transportar***

Para el subsistema transportar, se mantuvo el concepto básico de funcionamiento que es el de un mecanismo de banda; sin embargo, se le hicieron modificaciones en su soporte y transmisión de potencia, pues en un principio se pensaba ocultar el mecanismo dentro de un espacio ubicado en la parte inferior del plato, ahora que se rediseñó de manera modular, tiene una especie de encapsulado el cual contiene el conjunto de la banda y rodillos, el motor que le da el movimiento y la etapa de transmisión.



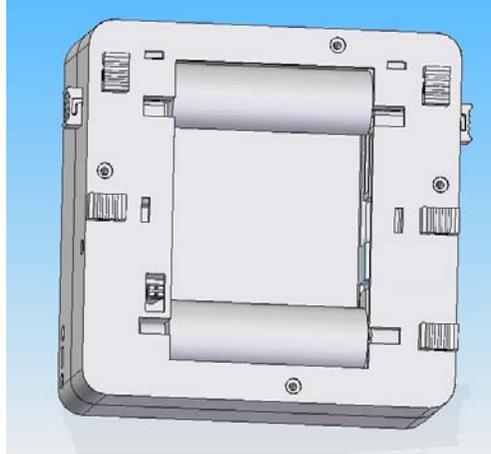
**Figura 4.19** Subsistema transportar como un módulo independiente, vista frontal.

En la Figura 4.19 se ve el encapsulado final conteniendo al subsistema de transportar comida en su interior, junto con el control, la fuente de energía y algunos complementos como las correderas para desmontar los módulos.



**Figura 4.20** Módulo inferior vista inferior, vista lateral derecha.

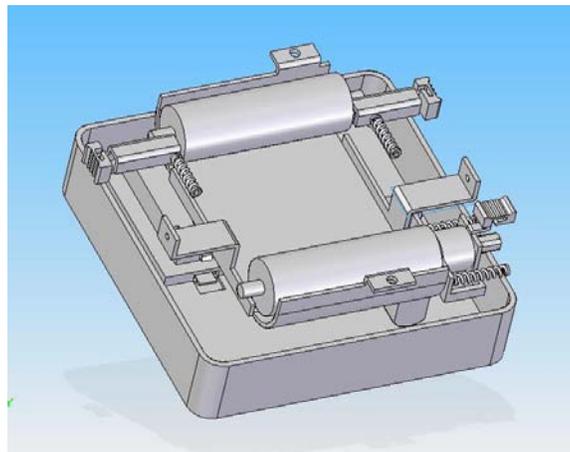
En la vista de la Figura 4.20 se puede ver la base del módulo inferior, junto con la tapa donde se colocara la fuente de poder, los barrenos para los tornillos que servirán para cerrar el módulo, y los apoyos en las esquinas de la base.



**Figura 4.21** Módulo inferior, vista superior.

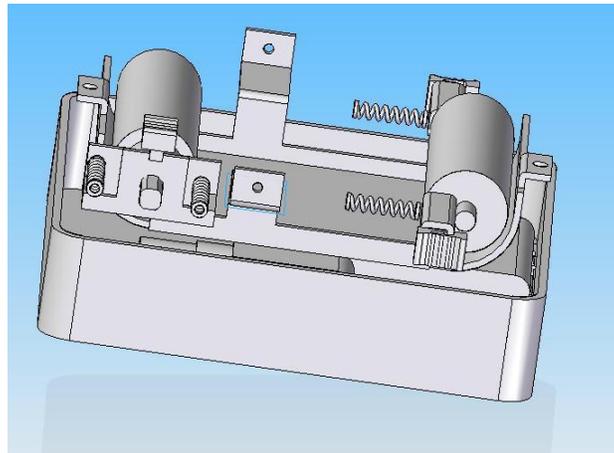
En la Figura 4.21 se aprecia una vista superior del módulo inferior; aquí se pueden ver los dos rodillos que conformaran la etapa de la banda, las cavidades donde se insertarán las pestañas del módulo superior, las correderas que servirán para liberar dichas pestañas, y la cavidad en donde se ocultaran los conectores que transmiten la energía al módulo superior.

En este nuevo encapsulado diseñado para contener varios componentes del dispositivo, se encuentra alojado el subsistema transportar, así que a continuación se procederá a describir cómo está diseñado y las piezas que lo conforman; las demás partes, como son el control y la etapa de poder, se describirán en el siguiente subcapítulo y en el siguiente capítulo, respectivamente.



**Figura 4.22** Subsistema transportar sin la cubierta superior, vista frontal.

En la figura 4.22 se tiene el módulo inferior sin la carcasa superior del encapsulado, por lo que se pueden apreciar los diferentes componentes del subsistema transportar, como son los dos rodillos que permiten el movimiento de la banda; una charola que se encuentra en la parte inferior de los rodillos, diseñada como contenedor en caso de que la comida caiga por los extremos, o que contenga residuos de líquido que puedan llegar a escurrir por la banda y de este modo se proteja la parte interior del encapsulado; los resortes y las piezas que aprisionan los rodillos para que tensen la banda y la etapa de transmisión de potencia del motorreductor a los rodillos.

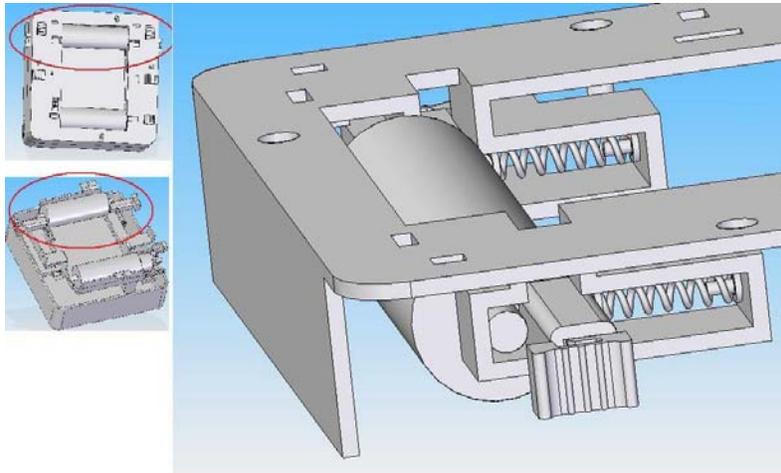


**Figura 4.23** Subsistema transportar sin cubierta superior, vista lateral.

En la Figura 4.23 se puede observar la vista lateral del dispositivo, donde en el lado derecho se encuentra el rodillo loco (sin restricción mecánica al giro sobre su eje); este rodillo es presionado por dos piezas, en cada uno de sus extremos, las cuáles provocan que la banda siempre se encuentre tensa. En el lado izquierdo se encuentra el rodillo que transmite el par por medio de la etapa ideada.

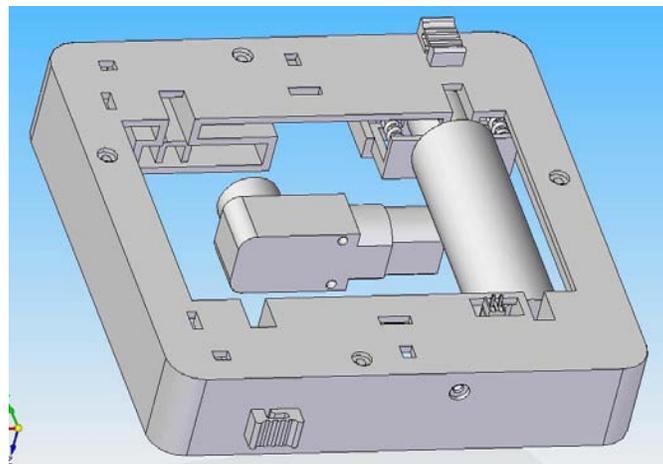
Un aspecto crítico en el diseño de este subsistema radica en que debe de ser fácil para dar mantenimiento, ya sea en la limpieza después de ser usado o al cambiar algún componente, como podría ser la banda, en caso de que sufra desgaste y pierda sus propiedades de grado alimenticio. Para limpiar el dispositivo se pensó en que los rodillos se desmontaran por completo junto con la banda, de esta forma se podría tener una buena higiene, después se colocarían en su posición deseada para continuar con su funcionamiento.

Para desmontar dichos rodillos, la cubierta superior del módulo cuenta con unas ranuras para que entren los extremos del rodillo (el eje del rodillo), a su vez la parte superior del módulo cuenta con un sujetador corredizo de cada lado que funciona como seguro para atrapar al rodillo en la posición adecuada.



**Figura 4.24** Vista lateral izquierda del rodillo loco con corte en la cubierta superior.

En la Figura 4.24 se muestra una imagen con los componentes que interactúan para liberar el rodillo loco; también se le hizo un corte a la cubierta superior del módulo a fin de poder observar mejor esta interacción. Se puede ver como en la cubierta hay una ranura donde entra el eje del rodillo, dentro de esta ranura se encuentra un resorte que empuja el seguro y dicho seguro se encuentra enganchado al sujetador corredizo, de esta forma cuando el usuario desplaza el sujetador corredizo el seguro se desplaza y deja libre el espacio suficiente para que el rodillo pueda entrar completamente a la cavidad del módulo, al soltar el sujetador el rodillo queda aprisionado en la posición deseada. De esta forma también se asegura que la banda quede tensa, pues no importa si la medida no es la calculada, el resorte absorberá esa posible diferencia.

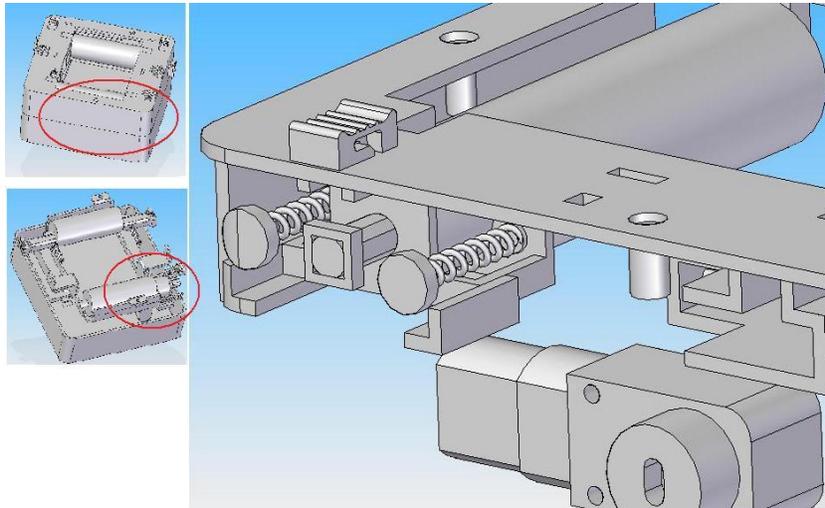


**Figura 4.25** Vista superior del rodillo con par.

Para el rodillo que transmite el par se tiene una complicación que no se presentaba en el otro rodillo, pues este debe separarse de su transmisión de una manera sencilla y volverse

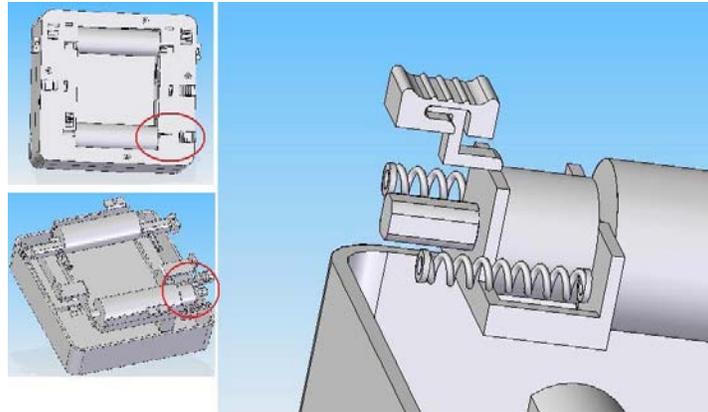
a acoplar de la misma forma; es por eso que se requirieron de más piezas que pudieran ayudar a cumplir esta tarea de la forma más sencilla para el usuario.

La cubierta del módulo tiene también una ranura para que el rodillo entre y salga del dispositivo, sólo que en este caso es en una posición fija, pues el tensado de la banda se compensa en el otro rodillo. Para este caso también se cuenta con un sujetador corredizo que libera un seguro para que el rodillo pueda entrar y salir por la ranura. En la Figura 4.25 se puede ver en la parte superior derecha el sujetador corredizo.



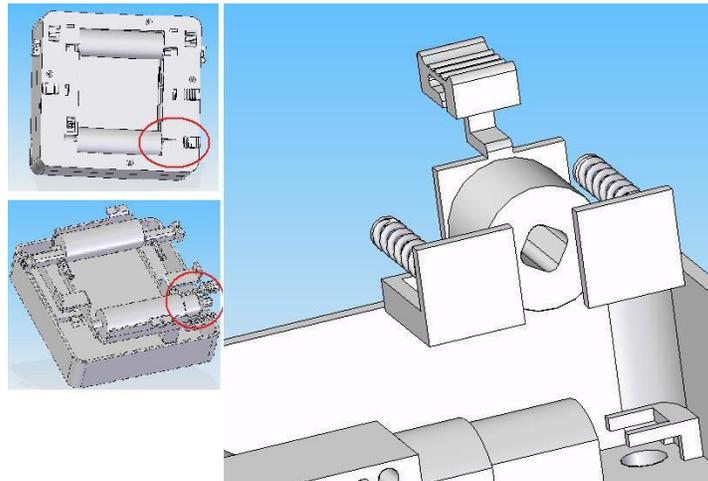
**Figura 4.26** Corte lateral y acercamiento a la transmisión del rodillo, vista lateral derecha.

Para poder transmitir la potencia del motor hacia el rodillo se utilizara otra banda, en este caso no es necesario que tenga propiedades de grado alimenticio ya que no estará en contacto con la comida, sino dentro del encapsulado que compone el módulo inferior. Esta banda abraza una polea colocado en el eje del motor (éste se agregó debido a las dimensiones tan pequeñas que presenta el eje del motorreductor), y en el otro extremo abraza otra en el rodillo. En la Figura 4.26 se puede observar en la esquina inferior derecha el motor con la polea en su eje; se ha omitido la banda para una mejor visualización de los componentes.



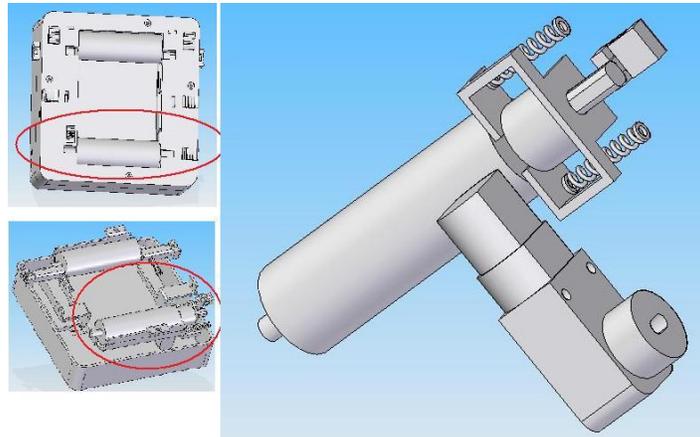
**Figura 4.27** Acercamiento a la etapa de tracción sin cubierta superior del encapsulado.

En la Figura 4.27 se tiene un acercamiento de esta etapa de tracción donde sólo se muestran las piezas correspondientes a esta función, el cual consiste en cuatro piezas, la polea del rodillo, una placa sujetadora de esta polea, un eje corredera para deslizar la polea y un sujetador para que el usuario pueda ejercer la fuerza para desplazar dichos componentes; además, cuenta con dos resortes que permiten que todo regrese a su posición de operación cuando el usuario deja de hacer fuerza en el sujetador.



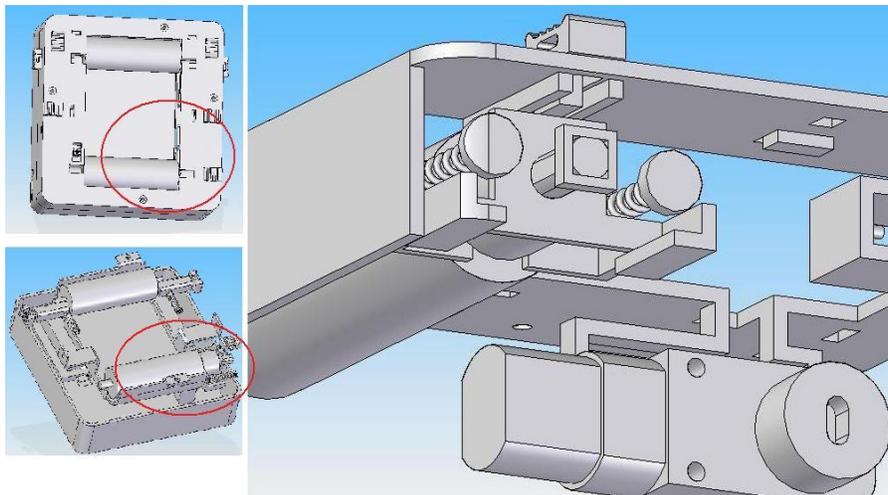
**Figura 4.28** Acercamiento a la etapa de tracción sin cubierta superior ni rodillo.

Para que la polea del rodillo pueda transmitir la potencia a la banda que lo envuelve, su centro cuenta con unas muescas que coinciden con el eje del rodillo, y de esta forma genera una restricción mecánica para el giro de la polea y el eje, así ambos giran de manera conjunta. En la Figura 4.28 se tiene un acercamiento de esta etapa, donde se aprecia la muesca de la polea en donde se introduce el eje.



**Figura 4.29** Vista inferior de las partes que componen la etapa de transmisión para el rodillo.

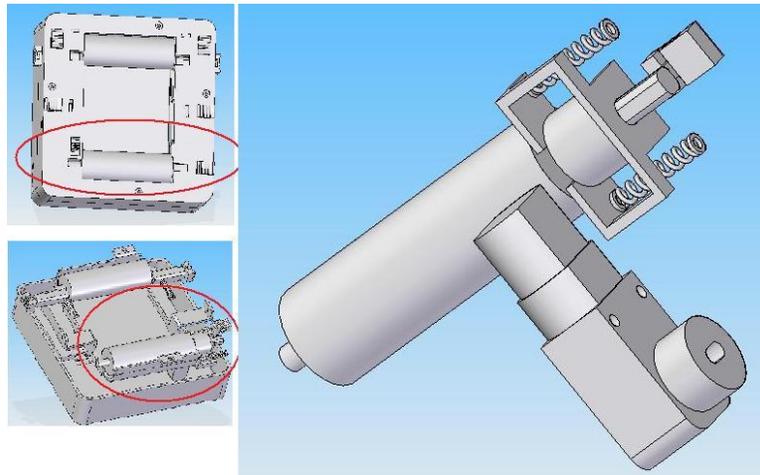
Para que la polea mantenga la posición deseada se encuentra aprisionado por una placa, la cual le impone una restricción mecánica, pero le permite el libre giro sobre su eje. La placa cumple otras funciones como son la de lograr que el mecanismo regrese a su posición después de ser deslizada, esto es por medio de la presión que ejerce sobre ella un par de resortes apoyados contra una de las paredes internas de la cubierta superior del dispositivo. En la Figura 4.29 y en la Figura 4.30 se pueden observar la placa aprisionando la polea y los resortes presionando la placa.



**Figura 4.30** Vista lateral de la etapa de transmisión con tapa superior del encapsulado.

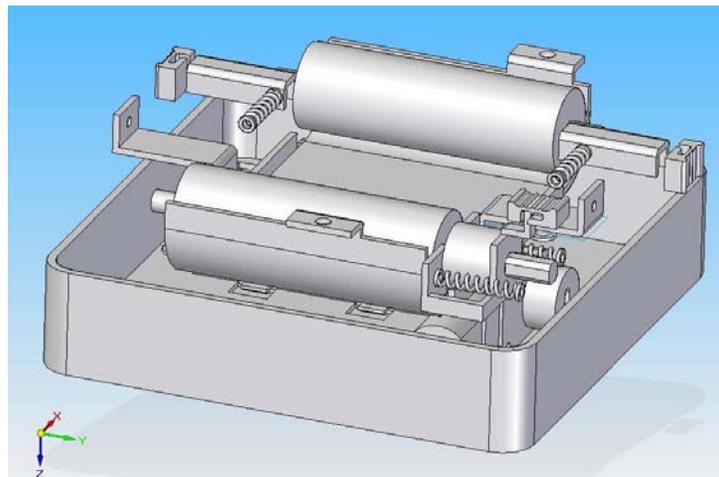
Para asegurar que la polea mantendrá su centro alineado con el eje del rodillo, a pesar de que ésta se recorre para permitir la salida del rodillo y que soporta la presión constante de la banda con el motor, se cuenta con un eje extra que se encuentra en una posición fija; este eje extra tiene las mismas muescas que posee el eje del rodillo, y de esta manera la polea puede recorrerse sobre los dos ejes sin problema de perder su centro de rotación. En la Figura 4.30 se puede ver al centro de la imagen, el eje aprisionado contra una de las

paredes de la cubierta superior del encapsulado (la pared se ha quitado para poder visualizar el interior, aunque se puede apreciar el cajón de la pared que sirve para fijar el eje). En la Figura 4.31 se puede apreciar de mejor manera cómo el eje extra queda alineado con el del rodillo, de esta forma la polea puede deslizarse sin problemas.



**Figura 4.31** Componentes de la etapa de transmisión para el rodillo

Como último componente de esta etapa se cuenta con un sujetador corredera, el mismo que se utiliza para liberar el rodillo loco, éste se encuentra enganchado en la parte superior de la placa con el fin de que cuando el usuario la empuje la fuerza sea transmitida por la placa hacia esta etapa y de esta forma se pueda liberar el rodillo que transmite el par. En la Figura 4.32 se muestra la etapa acomodada, sólo que se ha omitido la cubierta superior de manera que se puedan apreciar mejor los componentes.



**Figura 4.32** Etapa de transmisión para el rodillo sin la cubierta superior del encapsulado

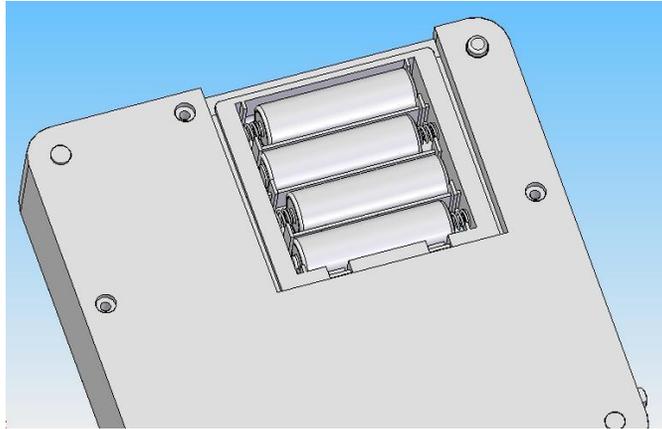
Con todas las modificaciones propuestas para esta etapa, se han corregido diferentes defectos con los que contaba el primer diseño, pues la limpieza se ha facilitado para el usuario, ya que sólo tiene que desprender los rodillos empujando los seguros, y así evitar que desprender toda la etapa de transmisión y control, las cuales son difíciles de volver a ensamblar. Además se tiene mucho más espacio para colocar una fuente de poder apropiada, una etapa de control, y asegurar la adecuada transmisión de potencia del motor hacia los rodillos, para asegurar el funcionamiento de la banda.

## 4.5 Consideraciones para el control

El control es una parte importante de los dispositivos automáticos, pues será éste el que determine de cierta manera si el dispositivo cumple adecuadamente con la función para la que fue diseñada. Existen varios dispositivos que requieren de un control muy sofisticado para su adecuado funcionamiento, sobre todo aquéllos cuyos usuarios tienen dificultad para realizar la operación deseada, como ejemplo se tienen las prótesis de brazos inteligentes que deben de tener un control adecuado para imitar correctamente el funcionamiento de la mano. También el control puede diferenciar el precio de un producto, ya que entre más preciso sea, requerirá de más sensores para corregir mejor los errores o condiciones no deseadas, por lo que será mucho más costoso. Todo esto ayuda a comprender la importancia que juega un buen control en los dispositivos automáticos.

Otro punto fundamental en el control de ciertos dispositivo, tanto en el uso de múltiples sensores como en los circuitos necesarios para la adecuación de las señales, en el procesamiento de estas o en el uso de actuadores para mantener las condiciones deseadas, es el suministro de energía eléctrica, ya que por lo general se contempla un suministro de energía constante, como las conexiones a CA, pero en este caso que se usan baterías, para la alimentación de todos los componentes, podría provocar una rápida descarga de la fuente de poder, ocasionando que tenga que ser cambiada constantemente y volviendo al dispositivo poco práctico de usar.

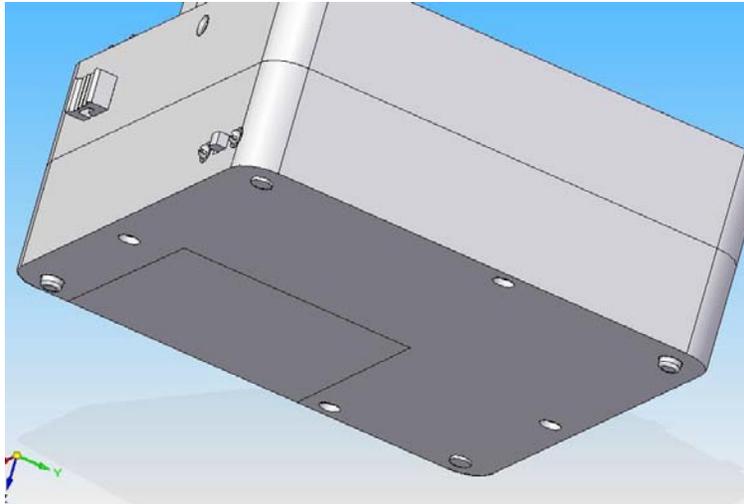
Ésta fue una de las razones principales por las que se eligió utilizar como fuente de poder cuatro pilas tamaño AA, pues por la experiencia obtenida al trabajar con estos motores de CD, se sabe que al ser activados provocan un pico en la demanda de corriente que puede afectar directamente a la alimentación de los demás componentes, metiendo un gran ruido en nuestro circuito, y llegando algunas veces a apagarlo por un instante; las pilas AA son capaces de proporcionar la corriente necesaria para el arranque de estos motores sin que se afecte la alimentación del circuito, además de ocupar poco espacio.



**Figura 4.33** Pilas AA como fuente de poder del dispositivo

Varios aparatos eléctricos requieren el uso de dos pilas tamaño AA para poder operar durante un tiempo aceptable, pues la demanda de energía por parte de un componente meramente electrónico es muy baja. Para este dispositivo se decidió emplear cuatro pilas tamaño AA, pues al conectar estas en serie y con un convertidor de voltaje a 5 V, se podrán alimentar los componentes electrónicos, y al mismo tiempo, se tendrá la corriente necesaria para que la demanda de los dispositivos electromecánicos no cause problemas en el control.

Para este prototipo se buscará que el control sea lo más sencillo posible, pues ya que es el primer diseño que está sujeto a cambios, no se buscará usar demasiados sensores ni microprocesadores muy sofisticados, pues no son tan necesarios para los fines de este trabajo, ya que la salida de la comida, al ser un sólido, no presenta grandes problemas como los que podría implicar tener una salida de líquidos. El colocar más sensores en este dispositivo sólo podría volver el dispositivo más complicado, difícil de dar mantenimiento, delicado y tal vez sobrado en el funcionamiento del objetivo planeado, y uno de los fines en la ingeniería es buscar el ahorro de energía, dinero y esfuerzo en los procesos.



**Figura 4.34** Base del módulo inferior, vista inferior.

El control del plato consiste en activar el subsistema transportar cuando sea necesario (cuando se vaya a ingerir la comida), y después se activará el subsistema dosificar. Como punto de partida para el funcionamiento del hardware, se tiene un interruptor colocado en la base para prender y apagar todo el dispositivo. En la Figura 4.34 se puede ver el interruptor en la cara lateral izquierda del dispositivo.

Para activar el funcionamiento del dispositivo se cuenta con dos botones, cada uno colocado en la base del plato en esquinas opuestas, esto con la finalidad de que el peso del plato mantenga presionados los botones en todo instante, y se activen cuando el plato haya sido levantado para ser usado. Se utilizan dos botones para que no haya confusión en caso de que se balancee el plato en su lugar, al no tener un buen apoyo en su base, o sólo se levante una parte del plato. En la Figura 4.35 se puede ver la posición de cómo se acomodan los botones en esquinas opuestas del dispositivo (en la esquina superior derecha e inferior izquierda), y también se puede ver la caja contenedora de las pilas.

En la Figura 4.37 se muestra el circuito electrónico que se desarrolló para el control del dispositivo. En la esquina superior izquierda se encuentra el regulador de voltaje (7805), en la esquina superior derecha las entradas de los interruptores con sus filtros pasivos, en la parte media el microcontrolador empleado (pic16f630) y en la parte inferior la etapa de potencia (L293D).

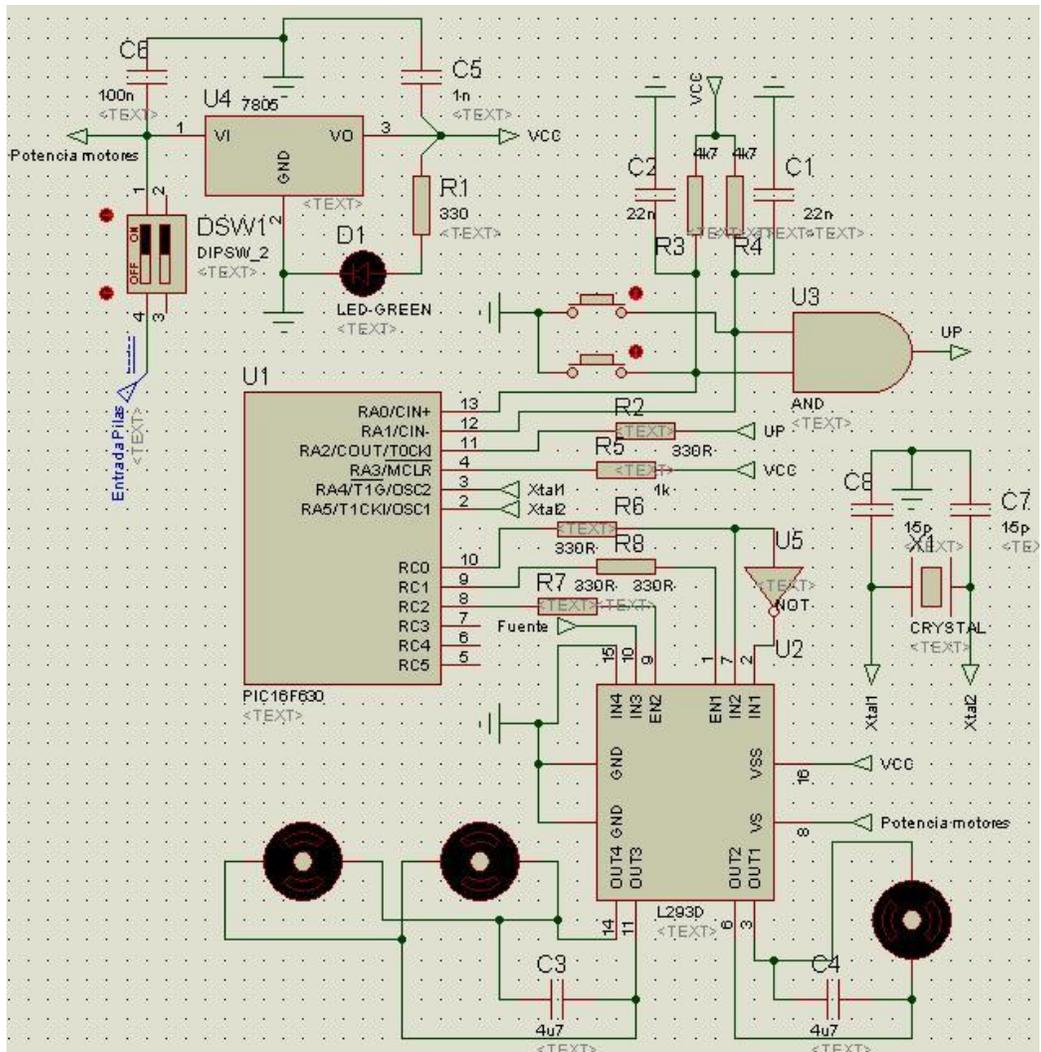


Figura 4.37 Diagrama electrónico del circuito de control.

En el diagrama mostrado en la Figura 4.37 se aprecia todo el circuito electrónico propuesto, el cual cumple con los requisitos deseados.

## CAPÍTULO 5

### Diseño a detalle

En el capítulo 3 se mostró cómo se diseñó el dispositivo, las diferentes ideas generadas, y los criterios para decidir cómo funcionaria; de la misma manera en el capítulo 4 se mostró cómo fue evolucionando el diseño hasta llegar a un modelo satisfactorio y los diferentes componentes que lo conforman. Sin embargo, sólo se mencionó a grandes rasgos este diseño, pues la finalidad era mostrar cómo trabajaba todo el sistema en conjunto. En este capítulo se describirán cada una de las piezas por separado, así como las partes complementarias del dispositivo, como son los mecanismos para desacoplar los dos módulos de los subsistemas, los componentes electrónicos que forman la etapa de control y el acomodo de la fuente de poder.

Para hacer más sencilla la explicación y no perderse en los diferentes diseños y su descripción, sólo se incluirán las imágenes demostrativas de los componentes y los planos de éstas se incluirán en el apéndice, pues así se pueden consultar de manera práctica al tenerlos juntos.

#### 5.1 Subsistema dosificar

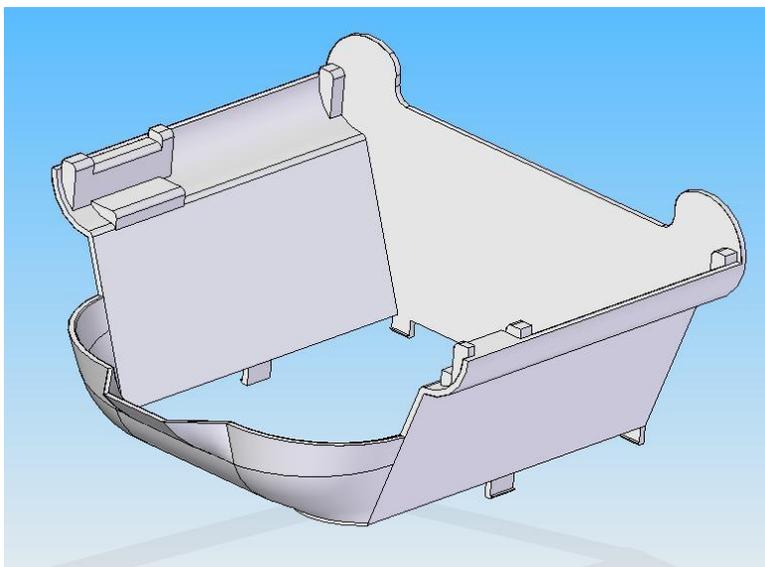
Se comenzará explicando el subsistema dosificar pues éste es el más sencillo debido a que se encuentra conformado por pocas piezas, además que al estar dividido en módulos, éste sólo incluye a dicho subsistema, a diferencia del módulo inferior que además de incluir el

subsistema transportar, cuenta con la etapa de control y la fuente de poder, haciendo más complejo el diseño.

El módulo superior que comprende al subsistema dosificar, está compuesto por seis piezas diseñadas y dos componentes comprados (un motorreductor y un conector macho para transmitir la energía), además del cableado que se indicará en el subcapítulo 5.4. Como una última observación antes de comenzar con la descripción de piezas, en los capítulos anteriores se mostró el diseño con un color neutro, pues el fin era demostrar el funcionamiento del dispositivo, en este capítulo enfocado a las piezas, se mostrarán en un color parecido al material con el que se piensan manufacturar.

## Componentes

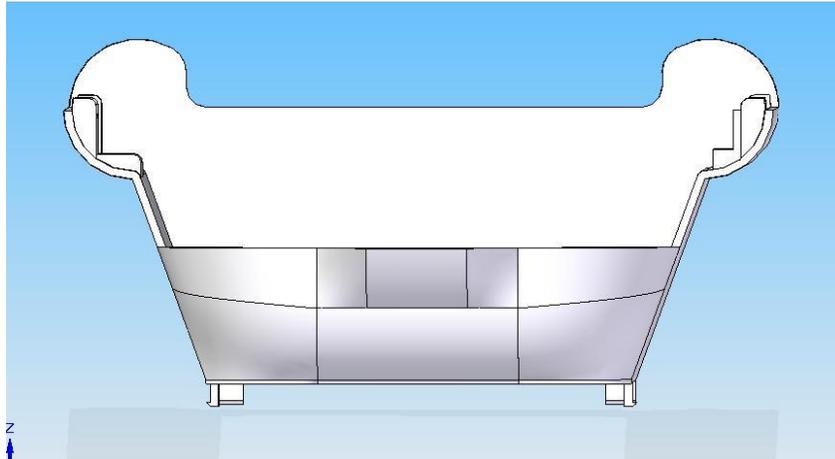
### Cuerpo del plato



**Figura 5.1** Cuerpo del plato.

En un principio y para el primer diseño, se pensó en fabricar el cuerpo del plato por medio de un termoformado; sin embargo, cuando el diseño se cambió a una forma modular dificultó esta posibilidad. En la Figura 5.1 se aprecia la forma del cuerpo del módulo superior, para la manufactura de esta pieza se recordó la necesidad básica, que es la de encontrar una forma de que el usuario final de este producto (Carlos) se alimente de manera autónoma; con esto en mente, no es necesario por el momento pensar en una producción en serie, pues sólo se necesita de un dispositivo; en alguna mejora o en generaciones subsecuentes de este dispositivo, se puede hacer algún ajuste para que esta pieza se adapte a los procesos de inyección de plástico, pero para hacer un solo diseño, la

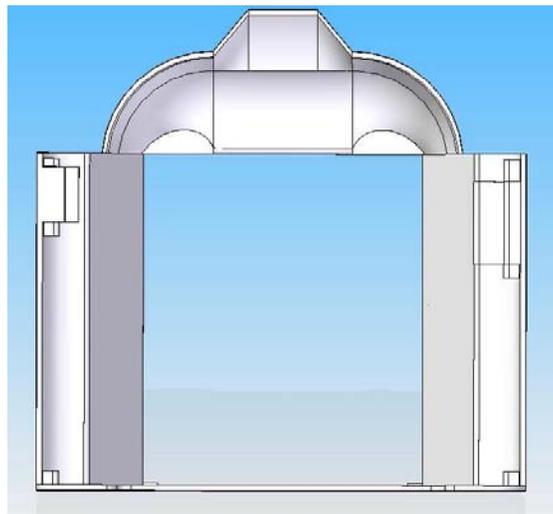
opción de la inyectora se encuentra sobrada debido a que se necesita conseguir alguna con la potencia para inyectar a la profundidad deseada, además de tener que manufacturar el molde. Debido a lo anterior, se recurrió a la máquina de prototipos rápidos, que utiliza el polímero ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno, que es parte de la familia de polímeros de estireno) para poder manufacturar de forma rápida y fácil esta pieza.



**Figura 5.2** Vista frontal del cuerpo del plato.

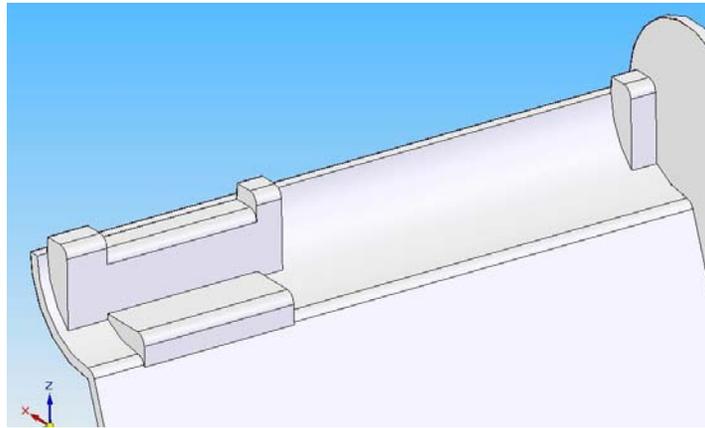
En el capítulo 4, se hizo una amplia explicación acerca de este componente, ya que conforma las paredes exteriores del dispositivo y en un principio formaba parte de todo el contenedor principal; en esta última versión forma el sostén del módulo superior y sirve de conexión con el otro módulo.

Esta pieza consta de cuatro paredes, dos laterales que sirven para ser sostenida por el usuario, una pared trasera plana y la pared delantera que es una boquilla por donde saldrá la comida, aquella se puede apreciar en las Figuras 5.2 y 5.3.



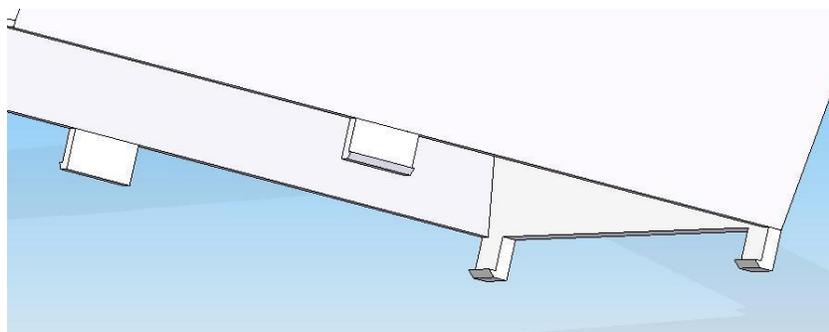
**Figura 5.3** Vista superior del cuerpo del plato.

Como se había mencionado anteriormente, las paredes del plato se encuentran inclinadas para asegurar un mejor agarre por parte del usuario, pues este sólo puede ejercer un sistema de pinzas con sus brazos; en la parte superior se tiene una forma redondeada que sirve como un tope (las cuales se pueden ver en la Figura 5.4), en caso de que el plato resbale del sistema de pinzas y evitar así que pueda caer; se contempló la opción de poner algún recubrimiento plástico sobre las paredes para aumentar el coeficiente de fricción; sin embargo, esta opción no parecía tan necesaria y sólo podría implicar un aumento en los costos.



**Figura 5.4** Acercamiento a la parte superior del cuerpo del plato.

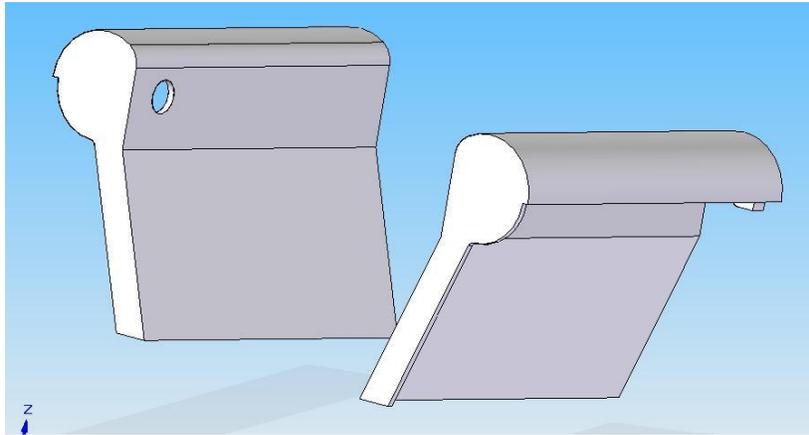
La parte superior también servirá para esconder algunos componentes como son el motorreductor y el buje, además de ser la parte de unión con las tapas; para esto cuenta con unas salientes que ayudan a brindarle soporte a los componentes y un encapsulamiento para evitar que se desplacen. También cuenta con unas pestañas para que embonen las piezas a presión, son semejantes a las que poseen las tapas, y de este modo tener una forma sencilla de dar mantenimiento y limpieza profunda al dispositivo de este módulo; dichas pestañas se pueden ver en la figura 5.5.



**Figura 5.5** Acercamiento a la parte inferior del cuerpo del plato.

En la parte inferior de esta pieza se cuenta con unos ganchos cuya labor será la de sujetarse al módulo inferior; estos ganchos se ajustarán a presión y cuentan con una pestaña al final (ver Figura 5.5) con la que mantendrán este módulo fijo sobre la tapa superior del módulo inferior. Para ser liberado, el módulo inferior cuenta con unos seguros corredera que liberarán estas pestañas.

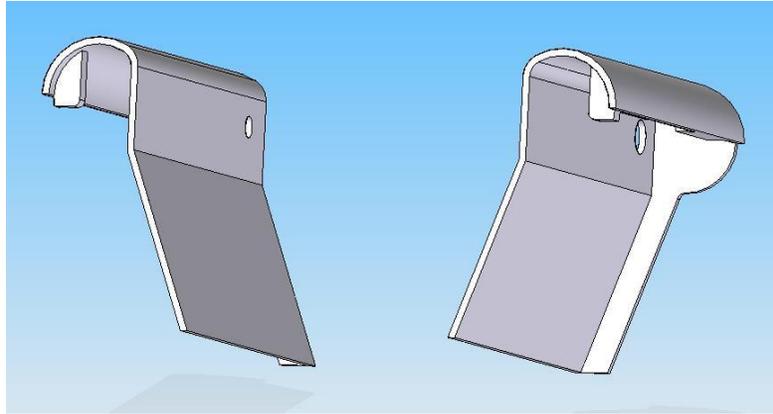
### **Tapas**



**Figura 5.6** Tapas del cuerpo del plato.

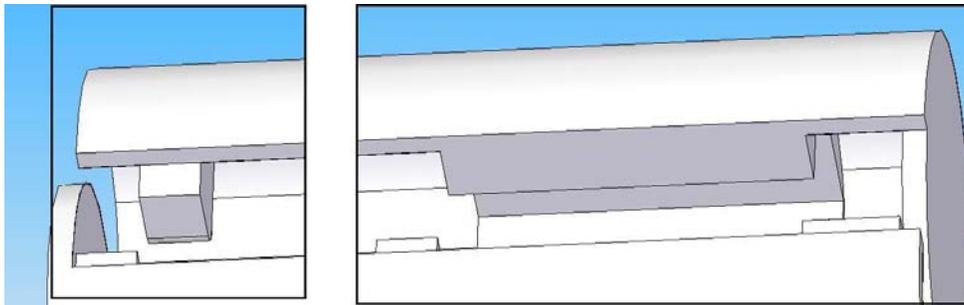
Al igual que el cuerpo del plato, las tapas se habían mencionado con anterioridad debido a las diversas funciones que cumplen y a que componen las paredes interiores del plato, las cuales estarán en contacto con la comida y formarán parte del exterior del plato. Las funciones que cumplen estas tapas son las de formar un hueco con el cuerpo del plato, para evitar que el exterior eleve su temperatura y sea poco manipulable; este hueco también alojara algunos componentes y las tapas servirán para encapsularlos junto con el cuerpo, y por último, las paredes internas ayudarán a que la comida no caiga por las partes laterales de la banda. Las tapas se muestran en las Figuras 5.6 y 5.7.

Al diseñar estas tapas, se tuvo presente la necesidad básica del proyecto, y al igual que el cuerpo, se diseñaron para ser manufacturadas en ABS por la máquina de prototipos rápidos; otro método de manufactura que se podría emplear es el de termoformado, aunque necesitaría algunos ajustes de diseño, y en caso de requerirse producción en serie, podría hacerse por medio de inyección de plásticos.



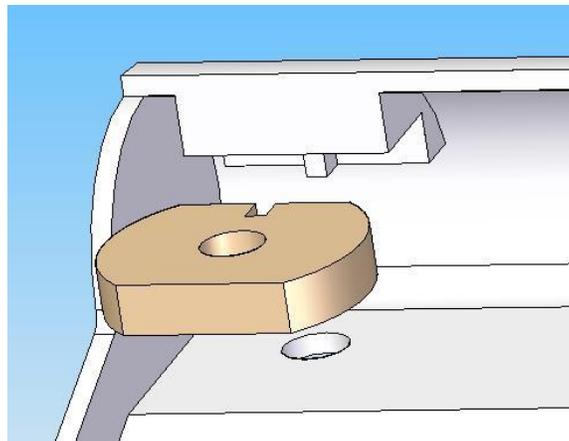
**Figura 5.7** Vista trasera de las tapas del cuerpo.

Para que las tapas se acomoden en su posición, cuentan con unas pestañas, las cuales embonarán a presión sobre las pestañas del cuerpo del plato, y junto con la pared frontal de cada tapa se fijarán estas piezas para quedar en una posición fija y sin huecos visibles. En las Figuras 5.8 y 5.9 se pueden ver las diferencias.



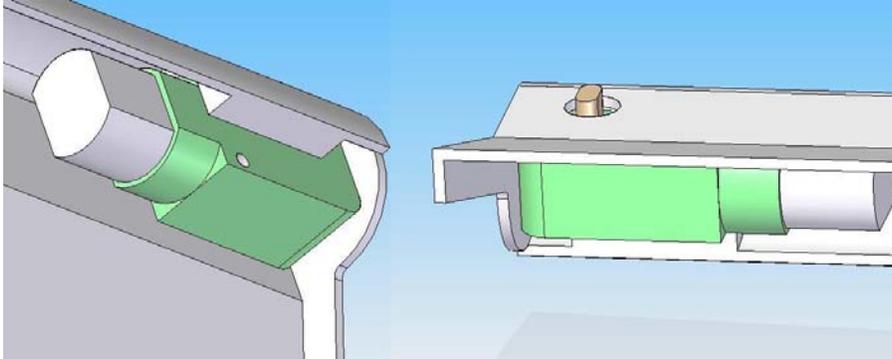
**Figura 5.8** Acercamiento a las pestañas para embonar las tapas y el cuerpo.

Las tapas tienen una protuberancia en la parte interna frontal, donde se encapsularán los componentes del dosificar; cada tapa es diferente, pues una servirá para contener al motorreductor mientras la otra contendrá el buje.



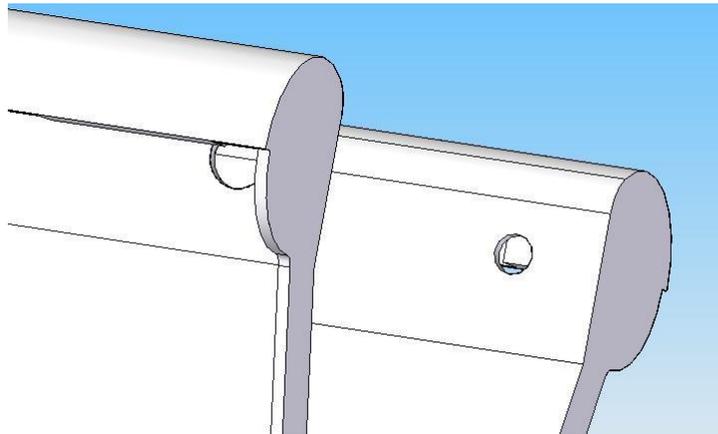
**Figura 5.9** Vista inferior tapa derecha.

En la Figura 5.9 se puede ver esta protuberancia en la tapa derecha (al lado izquierdo de la imagen); esta protuberancia debe tener una pequeña saliente que embonará con una realizada sobre el buje y de esta forma impondrá una restricción mecánica al giro.



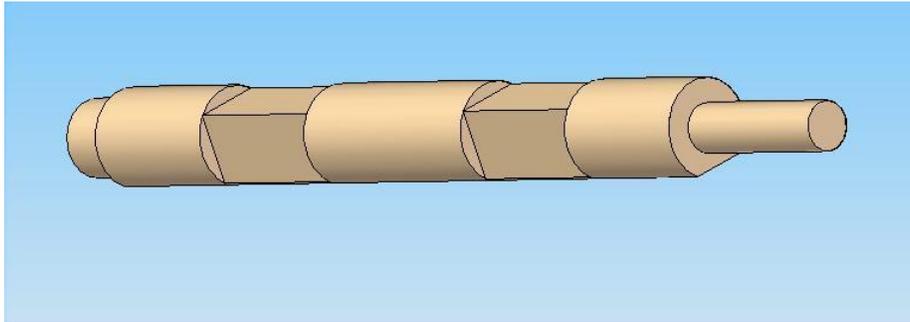
**Figura 5.10** Ensamble del motor con las tapas.

En la Figura 5.10 se muestra la tapa izquierda, cuya protuberancia se encuentra al lado derecho de la figura; como ésta contendrá el motor la restricción mecánica al giro se le impondrá encapsulando el cuerpo de éste, de esta forma el eje podrá girar por la energía eléctrica suministrada y así provocar el movimiento deseado en el eje de la compuerta.



**Figura 5.11** Acercamiento a los barrenos de las tapas.

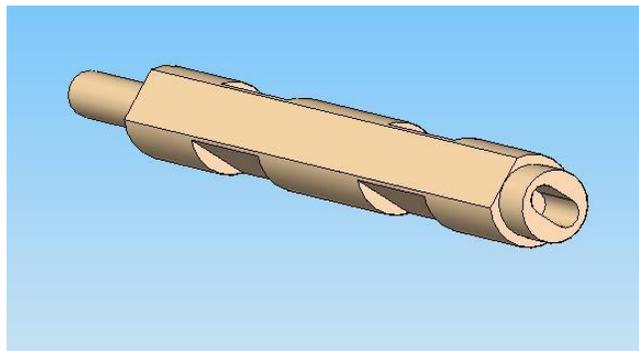
Como una última función de las tapas, se tiene un barreno en cada una de ellas por donde se introducirá el eje y de esta forma los componentes quedarán protegidos a ensuciarse con alimentos, y el eje podrá girar libremente con la potencia del motor y el apoyo del buje. El barreno es mostrado en la Figura 5.11.

**Eje de la compuerta**

**Figura 5.12** Eje de la compuerta del subsistema dosificar.

El material escogido para el eje de la compuerta es el Nylamid M, el cual es un polímero sumamente usado en la industria y por lo tanto fácil de adquirir en diversas presentaciones y tamaños; además se encuentra aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos, según la norma NMX-E-202-1993-SCFI.

El eje está diseñado para ser manufacturado a partir de una barra de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro bajo los procesos de fresado y torneado. En los extremos del eje se cuenta con dos rebajes, contemplados para ser realizados por medio de un torneado, cada extremo tiene un diámetro diferente ya que uno se introducirá en un cojinete, mientras el otro extremo se acoplará al motorreductor. El eje se puede apreciar en la Figura 5.12.

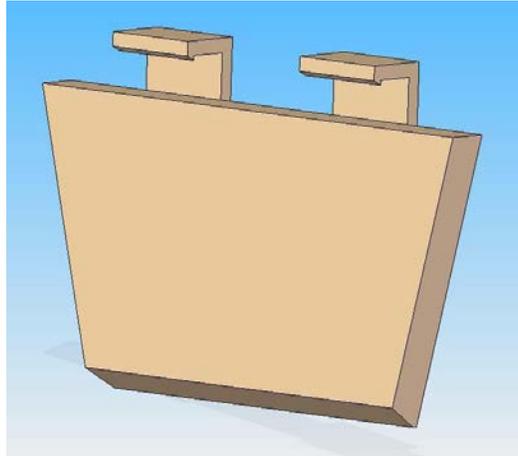


**Figura 5.13** Eje de la compuerta visto por la parte inferior.

Como se observa en la Figura 5.13, en el extremo del eje que se conectará al motor se tiene una muesca que coincide con la forma del eje del motor; esta muesca que se realizará con un proceso de fresado, sirve para poner una restricción mecánica de giro entre el eje de la compuerta y el del motor, y así poder transmitir el movimiento.

A lo largo del eje se pueden observar varios rebajes planos de secciones del eje; estos rebajes se realizarán por medio de fresado, y sirven para que el eje pueda acoplarse con la compuerta firmemente.

## Compuerta

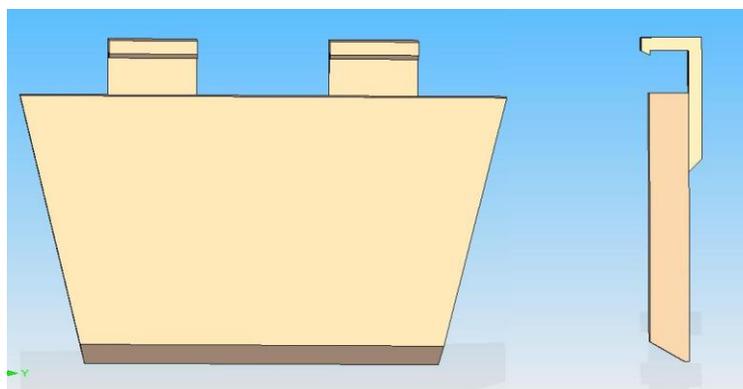


**Figura 5.14** Compuerta del subsistema dosificar.

Al igual que su eje, la compuerta del subsistema dosificar está diseñada para ser manufacturada con el Nylamid M, por las propiedades que posee este material y que se mencionaron anteriormente, sólo que en este caso está pensada para obtenerse a partir de una placa de 9/16" de espesor y por medio de un proceso de fresado.

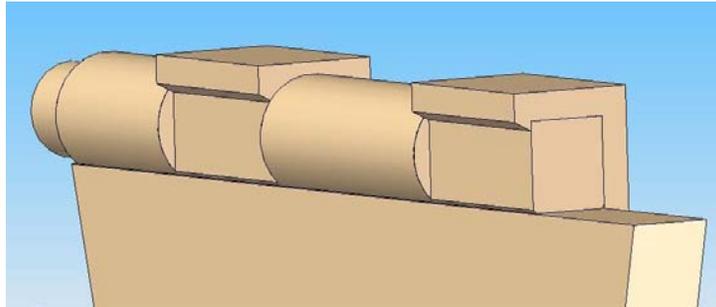
La compuerta que se muestra en la Figura 5.14, consta de una gran pared que asemeja un trapecio invertido; esta geometría es debida a que las paredes internas del contenedor no son paralelas, sino que tienen un ángulo que disminuyen la distancia entre ellas conforme se acercan a la base y es por esto que la forma de la compuerta se ajusta al hueco formado por las paredes internas del plato.

La parte inferior de la compuerta no termina plana, sino que tiene un ángulo, para que su extremo inferior parezca un tipo de cuchilla, con el fin de evitar que los alimentos puedan atorarse o trabar la compuerta, como se aprecia en la Figura 5.15.



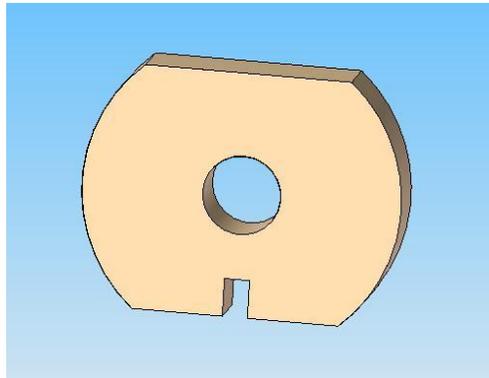
**Figura 5.15** Vista frontal y lateral de la compuerta.

En la parte superior de la compuerta se cuenta con una especie de brazos para sujetar la compuerta al eje; estos brazos forman un hueco para poder embonar con los rebajes del eje y así poner una restricción mecánica para el giro entre el eje y la compuerta; para evitar que pueda zafarse la compuerta, se tienen dos pestañas al final de los brazos con los que se puede atorar y liberar; como se ve en la figura 5.16.



**Figura 5.16** Eje con corte para ver el ensamblaje con la compuerta.

### **Buje**



**Figura 5.17** Buje para el eje del subsistema dosificar.

Para buje, al igual que la compuerta y el eje, se escogió al Nylamid como material, pues además de las propiedades antes mencionadas, el Nylamid presenta un bajo coeficiente de fricción consigo mismo, lo que evitará un gran desgaste de éste, y al no tener altas velocidades de operación, se puede tener la confianza de usar este material sin lubricantes. El buje se muestra en la figura 5.17.

Se diseñó a partir de una barra de 1" de diámetro cortada con 5 mm de espesor; para manufacturarla se necesita realizar un barrenado de  $\frac{1}{4}$ " en el centro, el cual puede hacerse con un taladro. En la parte superior cuenta con un rebaje resultado de un proceso de fresado, el cual sirve como base para ser presionado por una de las tapas del plato; por otro lado, tiene una muesca también producto de un fresado, que embonará a presión con una de las salientes con las que cuenta el cuerpo del plato.

La función principal de este buje será el de ayudar a mantener el eje de la compuerta en una posición centrada y alineada con el eje del motor, para ayudar a un correcto funcionamiento en el movimiento de la compuerta; sin embargo, no será sometido a grandes cargas, pues en un movimiento de la banda no se alcanza ni una revolución.

### **Motorreductor**

El actuador escogido para dar la potencia a este sistema es un motorreductor, que se encuentra compuesto por un motor de CD y una caja de reducción. El motor de CD trabajará con un voltaje entre 5 V y 6 V, pues la fuente de poder proporcionará 6 V a máxima carga. La caja de reducción es necesaria pues el par que proporciona el eje de un motor de CD es muy pequeño para esta aplicación, y la frecuencia de giro es muy alta, y es por eso que se requiere cambiar la relación entre velocidad angular y par.

Otra característica importante que debe de poseer el motor es que tenga dimensiones reducidas, pues el espacio con el que se cuenta es bastante pequeño. También se buscó que tuviera un bajo consumo de energía, pues no será el único actuador empleado y se desea una larga duración en la fuente de poder.

El motor elegido para el dispositivo es el llamado motorreductor Gorilla 1, que se muestra en la Figura 5.18.



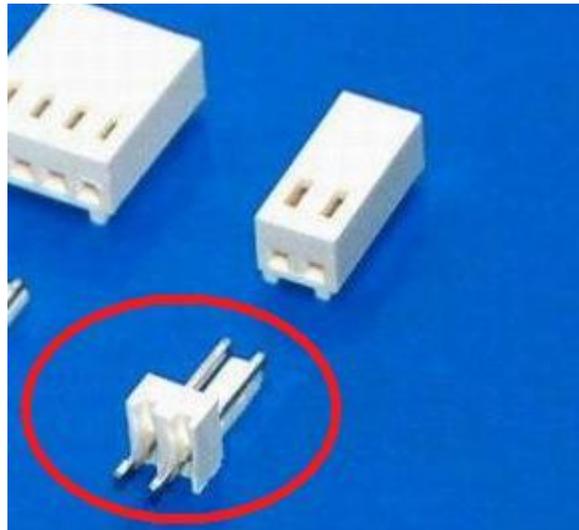
**Figura 5.18** Motor Gorilla1.

Este motor entrega  $3\text{kgf}\cdot\text{cm}$  a 5V y 0.7A, lo que hace que sea adecuado para los fines de este trabajo por su bajo voltaje y corriente de operación, lo que permite se use durante mucho tiempo; su relación de reducción es de 1 : 220 y su masa es de 30 g. El motorreductor efectuará apenas media revolución (abrir y cerrar compuerta) aproximadamente cada 20 seg (cada bocado), lo que lo hace aceptable pues este tiene una velocidad nominal de 33rpm sin carga.

### **Conector macho**

Debido a que el dispositivo se encuentra diseñado de manera modular y a que la fuente de poder se encuentra localizada en la parte inferior, se necesita llevar la energía por medio de cables de la etapa de potencia del circuito de control hacia el actuador (motorreductor) con el que cuenta el subsistema dosificar. Para esta tarea básicamente sólo se necesitaría un cable capaz de conducir la corriente eléctrica y que se encontrara soldado directamente a las terminales del motor; sin embargo, el dispositivo se debe desconectar para darle mantenimiento, por lo que es necesario un conector que ayude a separar el cableado entre los módulos.

Se investigaron diferentes conectores para poder encontrar uno que fuera resistente a ser conectado y desconectado constantemente, tuviera un tamaño pequeño (adecuado para las dimensiones que se trabajan) y fuese accesible. Se encontró que los conectores molex usados en las computadoras cumplen con estas características, por lo que se escogió el conector molex 2510 de 2 hilos mostrado en la Figura 5.19 para ser usado en este dispositivo.



**Figura 5.19** Conector molex 2510 de 2 hilos.

El conector debe de ir escondido durante el funcionamiento del plato y sólo estar visible en el momento de desmontar los módulos, por lo que el espacio entre las paredes del cuerpo del plato resultan ideales, debido a que el espacio con el que se cuenta es sumamente reducido, se optó por colocar el conector macho en el módulo superior y el hembra en el módulo inferior; de esta forma cuando se encuentre en operación, el módulo inferior podrá contener esta conexión en un espacio reservado para este fin, y cuando se separen los módulos el conector macho se puede esconder dentro de las paredes del plato.

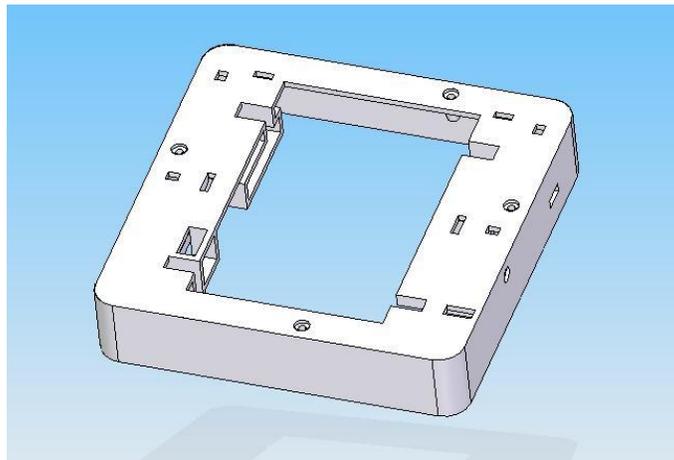
## 5.2 Subsistema transportar

El módulo inferior comprende al subsistema transportar, al circuito de control y la fuente de poder; el subsistema transportar está compuesto por nueve piezas diseñadas y cinco componentes comprados (un motorreductor, una banda transmisora de potencia, una banda grado alimenticio y dos resortes), además del cableado que se indicará en el subcapítulo 5.4.

### Componentes

#### *Caja superior*

Para el primer diseño el módulo inferior no existía pues formaba parte del cuerpo como un fondo falso en el plato; para este segundo diseño el módulo inferior es una especie de encapsulado donde se alojan varios sistemas; para integrar este encapsulado se cuenta con una caja superior y una inferior.

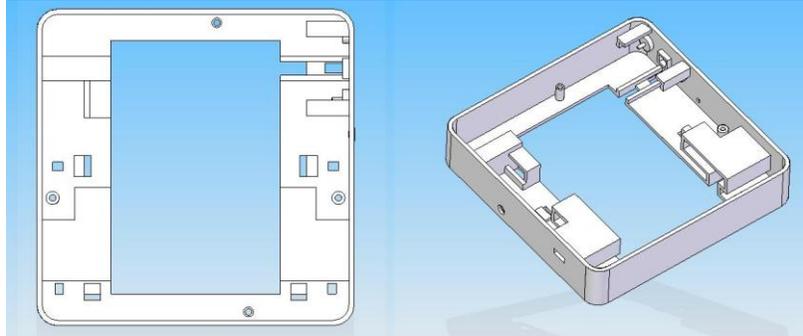


**Figura 5.20** *Caja superior, vista superior.*

La caja superior mostrada en la Figura 5.20, debe tener un espacio central por donde saldrá la banda que será el fondo del plato, pues las partes laterales de la banda estarán confinadas por las tapas del módulo superior; de igual forma se debe de contar con los espacios para que entren los rodillos (la muesca en forma rectangular en los extremos del espacio central), pues los ejes deben de entrar libremente para después ser sujetos dentro de este encapsulado. Las demás muescas en esta caja superior corresponden a los

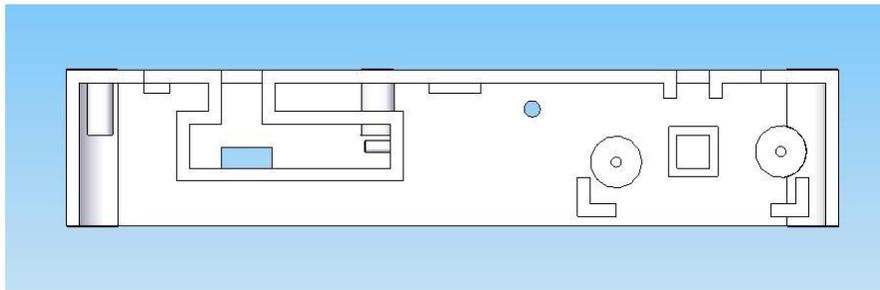
espacios para los seguros de los demás componentes, y de los tornillos para sujetarla a la caja inferior.

Como se había mencionado en los componentes anteriores, ya que sólo se piensa hacer un prototipo y no una producción en serie, esta caja está pensada para ser manufacturada en la máquina de prototipos rápidos con el polímero ABS, ya que de quererse fabricar por inyección de plástico, se requeriría dividirse en dos partes para no formar candados dentro del molde de inyección.



**Figura 5.21** Caja superior, vista inferior.

En la Figura 5.21 se puede observar esta caja superior en una vista inferior, y se puede ver que está adaptada para ocultar y sostener los diferentes componentes que formarán parte del subsistema transportar, como son los rodillos y las piezas para la transmisión de potencia del motor a la banda.



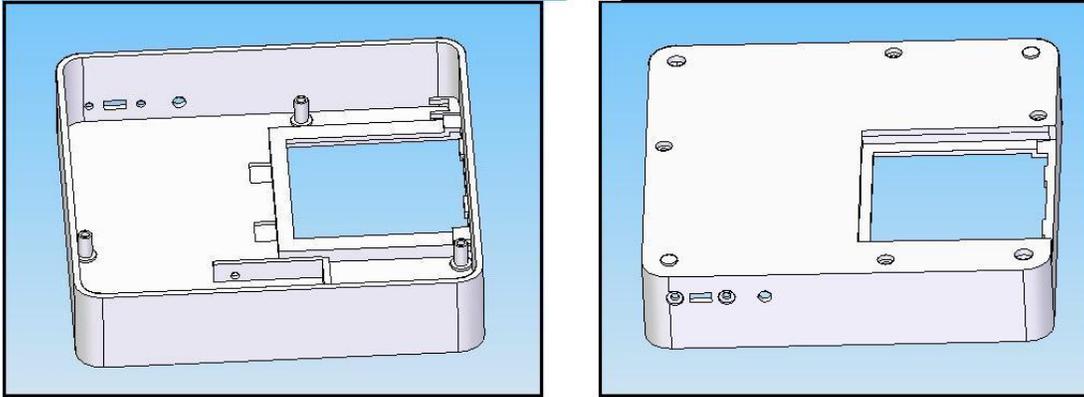
**Figura 5.22** Caja superior vista lateral izquierda con corte lateral.

En la Figura 5.22 se muestra un corte lateral de la caja superior para poder apreciar mejor las formas que tiene en su interior; del lado derecho se encuentra la parte que transmitirá la potencia al rodillo, por lo que tiene una corredera para la placa de sujeción de la polea. Del lado izquierdo se tiene el espacio donde se encontrará el rodillo loco asegurado.

### **Caja inferior**

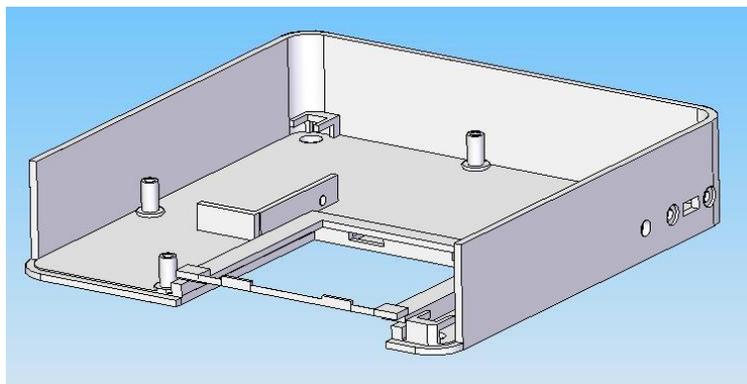
La caja inferior es la parte complementaria para formar el encapsulado del módulo inferior; en esta caja se contiene el circuito de control y la fuente de poder, así como los

interruptores para iniciar el modo de operación del plato. El diseño de esta caja es mucho más simple que la caja superior, debido a que las partes que albergan no requieren movilidad sino únicamente almacenaje, por lo cual sólo se necesitan soportes simples para los componentes.



**Figura 5.23** Caja inferior, vista superior a la izquierda e inferior a la derecha.

En la Figura 5.23 se tiene la vista superior e inferior de la caja inferior; en la parte izquierda se puede ver el espacio para la fuente de poder (pilas), algunos cilindros para poder atornillarse al módulo inferior, y los soportes para el motor y los *pushbuttons* utilizados. Del lado derecho se puede ver en la vista inferior la base donde se asentará todo el dispositivo, la ranura en donde se colocará la tapa de las pilas, y el hueco en la pared lateral donde estará el interruptor de encendido y el foco (led verde) indicador de encendido.



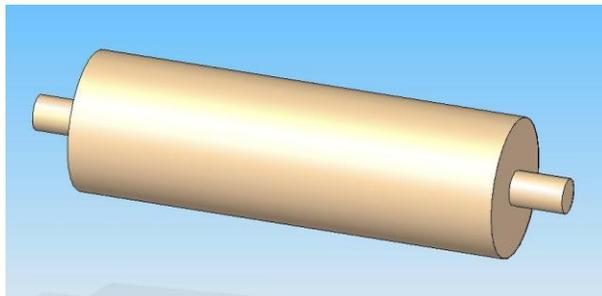
**Figura 5.24** Caja inferior con corte lateral.

En la Figura 5.24 se muestra la caja inferior con el corte de una pared para poder ver de mejor manera los soportes que tiene.

Este componente también está diseñado para ser manufacturado con la máquina de prototipos rápidos y el polímero ABS; aunque esta pieza es más adecuado para el proceso de inyección de plástico, para pasarla a este proceso se deben de hacer ciertos ajustes.

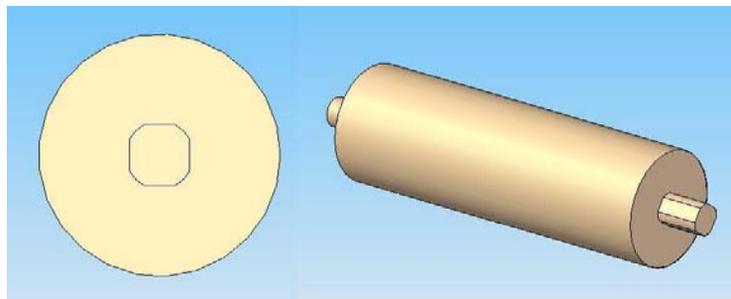
### **Rodillos**

Para poder formar el mecanismo de la banda, se requiere en este caso de dos rodillos, uno loco (sin restricción mecánica) y uno con tracción. Estos dos rodillos, aunque tienen gran similitud en sus dimensiones, tienen una diferencia entre sí en su eje.



**Figura 5.25** Rodillo loco.

En la Figura 5.25 se aprecia el rodillo loco, éste tiene ambos ejes con forma cilíndrica, formados por un proceso de torneado.



**Figura 5.26** Rodillo con tracción.

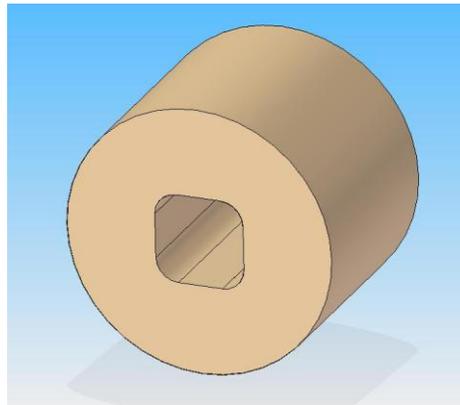
En la Figura 5.26 se muestra el rodillo con tracción, en el cual uno de sus ejes tiene un perfil cuadrado con bordes redondeados, pensado para manufacturarse con un proceso de torneado y fresado. Esta forma está pensada para formar una restricción mecánica de giro con su polea, y así poder transmitir la potencia del motor al rodillo.

El material escogido para los rodillos es Nylamid M, el cual al ser un polímero sumamente usado en la industria y aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos.

Los rodillos están diseñados para ser manufacturados a partir de una barra de 1" de diámetro bajo los procesos de fresado y torneado. En los extremos se realizan dos rebajes de ¼" para formar los ejes de dichos rodillos.

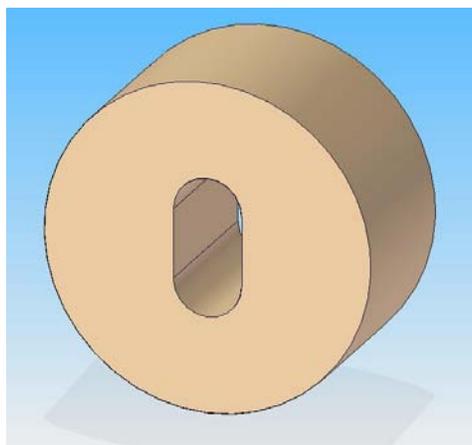
### ***Polea del rodillo y del motor***

Las poleas serán los elementos que permitan acoplar los ejes (del motor y del rodillo) con la banda de transmisión de potencia, pues aquellas contarán con la longitud adecuada para la banda, además de tener una forma cilíndrica que permite el mejor acomodo de dicha banda (a diferencia del eje del motor que cuenta con una forma ovalada). El material que se escogió para su manufactura es Nylamid, se diseñó a partir de una barra de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro cortada con 15 mm de espesor. Dicha polea se muestra en la Figura 5.27.



***Figura 5.27 Polea del rodillo.***

La polea del rodillo cuenta con un buje en su centro con un perfil cuadrado con bordes redondeados, que sirve de candado para transmitir la potencia al rodillo. Esta polea será la que se desacople del eje del rodillo, deslizándose a través de éste y sobre un eje alternativo fijo con el que se cuenta, por lo que tiene un ajuste de juego en su manufactura.



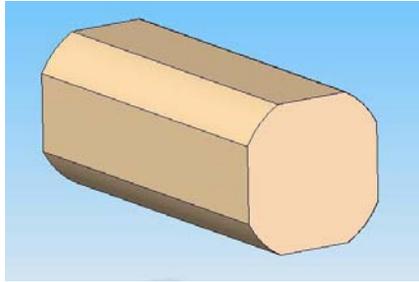
***Figura 5.28 Polea del motor.***

La polea del motor mostrada en la Figura 5.28, es muy parecida a la del rodillo, solo que su buje tiene una forma ovalada para coincidir con el eje del motor; esta polea servirá para

poder dar un diámetro de giro adecuado a la banda en este extremo, ya que esta polea se encontrará fija sobre el eje del motor con un ajuste de apriete.

### ***Eje alternativo para la polea***

Para poder desacoplar el rodillo de tracción de su polea es necesario que ésta se deslice lo suficiente para que el eje del rodillo se libere; para asegurarse que en su movimiento la polea no perderá su centro se cuenta con un eje alternativo sobre el cuál correrá la polea.

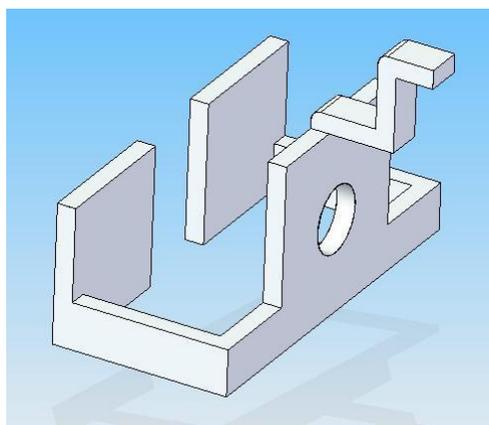


**Figura 5.29** Eje alternativo para la polea.

Como se muestra en la Figura 5.29, el eje tiene una forma parecida al barreno que contiene la polea del rodillo, sólo que reducido para asegurarse que entre sin importar la posición de aquella.

El eje alternativo está pensado para ser manufacturado con una barra de Nylamid bajo el proceso de torneado y fresado, con un ajuste de juego ya que la polea deslizará sobre éste y de regreso.

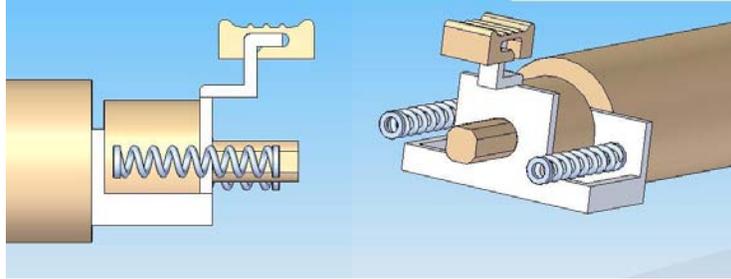
### ***Placa sujetadora de la polea del rodillo***



**Figura 5.30** Placa sujetadora de la polea del rodillo.

Para poder sujetar la polea del rodillo se cuenta con la placa mostrada en la Figura 5.30, la cual cuenta con un barreno en su centro para que el eje del rodillo pueda pasar a través de ella sin contratiempo, dos paredes para que un par de resortes pueda empujarla y

devolverla a su posición original después de deslizarla para liberar al rodillo, y un gancho en la parte superior para embonar con el sujetador corredera y así ser apta para que el usuario pueda deslizarla.

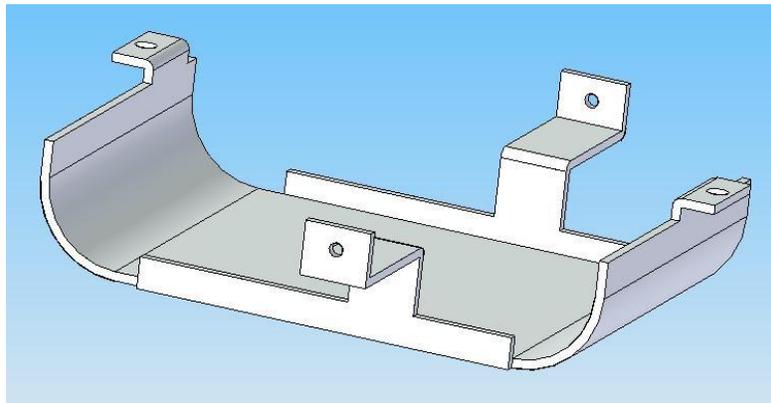


**Figura 5.31** *Ensamble de la transmisión de potencia al rodillo.*

En la Figura 5.31 se muestra la placa ensamblada con los demás componentes, para poder apreciar mejor la forma en cómo interacciona con ellos, pues como se puede apreciar del lado izquierdo (la vista de perfil), la placa se deslizaría hacia la derecha llevándose consigo la polea, y de esta forma liberar el rodillo; una vez que se retire la fuerza sobre el sujetador corredera los resortes que se comprimieron tendrían la fuerza necesaria para regresar la placa a su posición.

Este componente está pensado para ser manufacturado con una placa de 2mm de espesor de aluminio, con los procesos de corte y doblado de lámina, con un ajuste a presión.

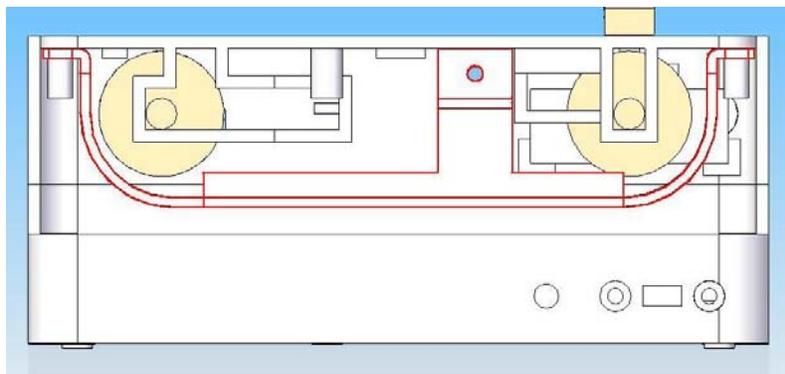
### **Charola**



**Figura 5.32** *Charola contenedora de desperdicios y escurrimientos.*

Esta charola es una protección para cualquier escurrimiento de grasa o humedad que pudiera producirse o en caso de que algún resto de comida sólida pudiese caer por la banda. Aunque el dispositivo no está diseñado para contener líquidos, los alimentos pueden contener humedad o grasa que se puede acumular y escurrir.

Este componente está pensado como un medio para separar la parte que trabaja con la comida de los componentes electrónicos del fondo, y de esta forma se pueda tener una mayor higiene, pues de este modo se asegura que la comida que pudiera caer por los huecos quede almacenada en un compartimiento especial para su limpieza futura.



**Figura 5.33** Charola colocada debajo de los rodillos.

En la Figura 5.33 se puede observar una vista lateral del módulo inferior, donde se aprecia la forma en cómo quedaría la charola por debajo de ambos rodillos, formando una separación interna del sistema de la banda con los demás componentes.

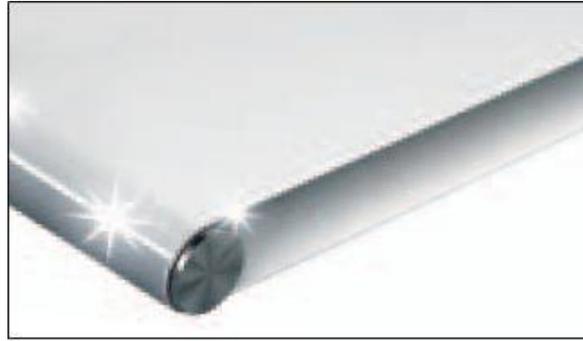
### **Bandas**

Las bandas son una parte fundamental de este dispositivo, por eso se tuvo mucho cuidado al escoger aquellas que presentan las características apropiadas para nuestros fines. Se escogieron dos tipos de bandas una para la transmisión de potencia y otra para transportar los alimentos, cada una con propiedades diferentes.



**Figura 5.34** Banda transmisora de potencia

Para la banda de transmisión de potencia mostrada en la Figura 5.34, se escogió un modelo manufacturado por la empresa *HABASIT*. La banda escogida es de poliéster y es el modelo TC-10EF, debido a que tiene características de requerir bajo consumo de energía, alta flexibilidad, es fácil de empalmar y es adecuada para máquinas compactas y diámetros de poleas pequeños.



**Figura 5.35** Banda grado alimenticio.

Para la banda que transportará los alimentos y debe de cumplir con propiedades de grado alimenticio; también fue escogida de la compañía *HABASIT*, la de banda seleccionada fue una con revestimiento TPU frayless (Charles Walker) cuyo modelo es el TT12/AS Matt White Frayless, cuyo color es blanco, su grosor de 1.3 mm, trabaja a temperaturas de 100° a -20° C, tiene menor retención de suciedad en la superficie, buenas propiedades de liberación, fácil limpieza, gran higiene, larga vida útil, requiere un bajo consumo de energía, funciona con poleas de diámetros pequeños y no se deshilacha. Esta banda se muestra en la Figura 5.35.

### **Motorreductor**

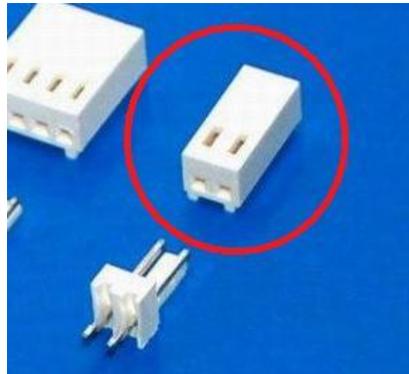
Al igual que en el subsistema dosificar, se requiere de un motor de CD para el transportar, el motor escogido será el mismo modelo que el anterior debido a que cumple con los requerimientos (como el peso de reducido, de tan solo 30 gr) y a sus características que resultan ser favorables, pues no se requiere de gran velocidad ya que la comida debe transportarse lentamente, lo que resulta conveniente pues el motor alcanza 33 rpm sin carga. Como se mencionó anteriormente el motor elegido para el dispositivo es el llamado motorreductor Gorilla 1, que se aprecia en la Figura 5.36



**Figura 5.36** Motorreductor Gorilla1.

### **Conector hembra**

Para poder transmitir la energía del módulo inferior al superior, se necesita de una conexión que resulte fácil de desensamblar pues los módulos se separan, y que sea de tamaño reducido; es por eso que se eligieron los conectores molex 2510 de dos hilos, siendo la parte hembra la que se encontrará ubicada en el módulo inferior, y cuya imagen se puede apreciar en la Figura 5.37.

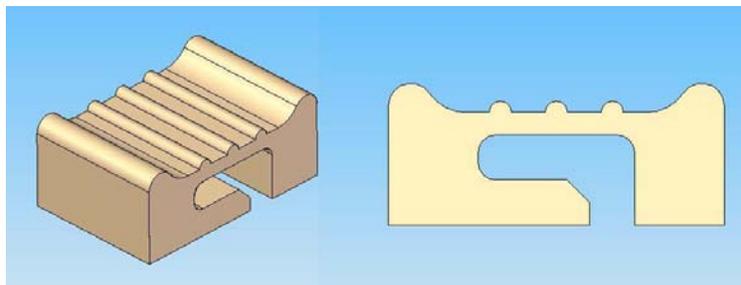


**Figura 5.37** Conector molex 2510 de 2 hilos.

### **5.3 Mecanismos para desarme**

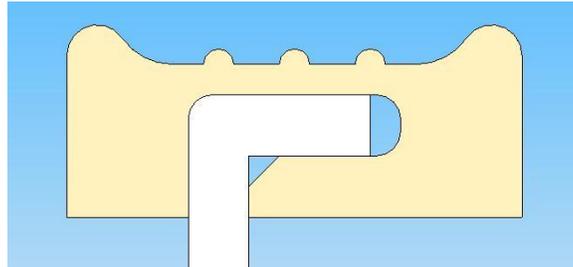
Uno de los problemas que surgieron al diseñar este dispositivo consistió en la forma en cómo desensamblar el dispositivo, pues se debe asegurar que haya higiene en el producto, por lo cual es necesario separar los componentes para poder retirar los restos de la comida que se pudiera atorar en ciertas partes, pero al mismo tiempo se debe de poder asegurar que el ensamble y desensamble sea de una forma rápida y fácil, por lo que se pensó en un sistema de seguros los cuales pueden deslizarse para ir liberando los diferentes componentes de este dispositivo.

#### **Sujetador corredera**



**Figura 5.38** Sujetador corredera.

Este componente mostrado en la imagen 5.38, se utiliza varias veces en el dispositivo pues es la parte que el usuario podrá deslizar para liberar los diferentes seguros. En la parte superior tiene una forma adecuada para que se pueda hacer presión y empujar este componente, y en su parte inferior tiene un espacio para poder sujetar las pestañas de los seguros y así transmitir el movimiento.



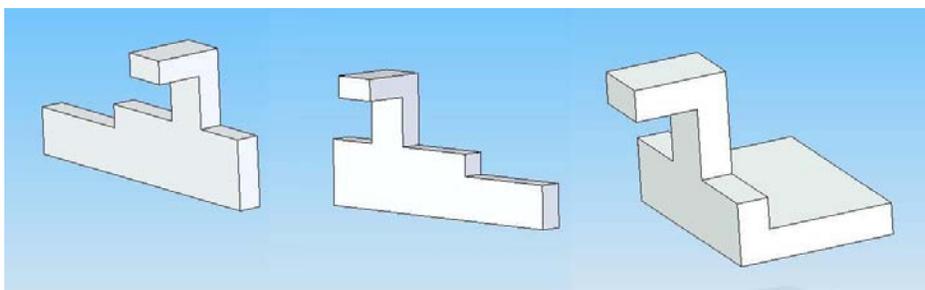
**Figura 5.39** Sujetador ensamblado.

En la Figura 5.39 se puede apreciar una vista lateral del sujetador con la pestaña de uno de los seguros con los que se ensambla; aquí se puede ver la forma en cómo quedarían sujetos dichos componentes.

Este sujetador está pensado para manufacturarse en ABS con la máquina de prototipos rápidos con un ajuste de apriete, aunque también se podría manufacturar por inyección de plástico sin ningún inconveniente; el proceso escogido fue con base en que la inyección de plásticos requiere el diseño de un molde de inyección, lo cual es una tarea innecesaria para los alcances de este proyecto.

### **Botadores**

Para poder separar el cuerpo del plato del módulo inferior, se requieren piezas denominadas botadores, pues como se mencionó anteriormente en el subcapítulo 5.1, el cuerpo del plato cuenta con unas pestañas, que al introducirse en la caja superior del módulo inferior lo sujetan y lo mantienen en su lugar. Estos botadores están diseñados para empujar dichas pestañas y quitar la restricción mecánica que imponen para poder liberar el cuerpo del plato.

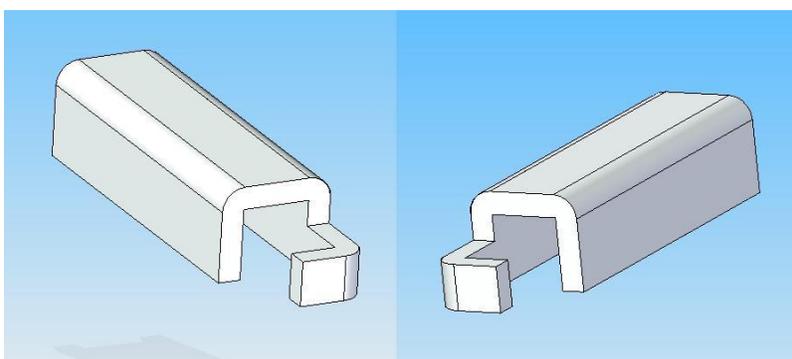


**Figura 5.40** Botadores laterales y traseros para quitar el módulo superior.

En la Figura 5.40 se pueden apreciar los tres diferentes botadores con los que cuenta el dispositivo, los primeros dos del lado izquierdo son los botadores laterales, y el que se encuentra del lado derecho es el modelo del botador trasero (se usan dos piezas de este modelo), los cuales liberarán las pestañas traseras.

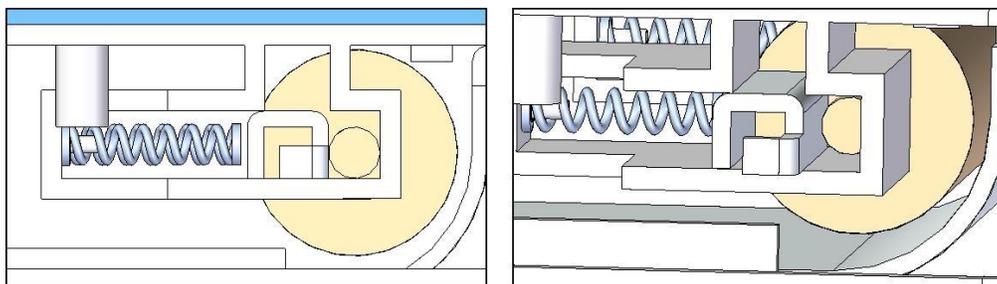
Como se puede ver en la parte superior, cuentan con una pestaña para embonar con el sujetador corredera. Todos los botadores están diseñados para ser manufacturados a partir de una lámina de aluminio de 2 mm de espesor, por medio de los procesos de cortado y doblado de lámina, con un ajuste indeterminado.

### **Seguros correderas**



**Figura 5.41** Seguros de los rodillos.

Los seguros de los rodillos mostrados en la Figura 5.41, consisten en una barra que en un extremo tiene un resorte para mantener el rodillo en su posición y en el otro extremo presiona el eje del rodillo.



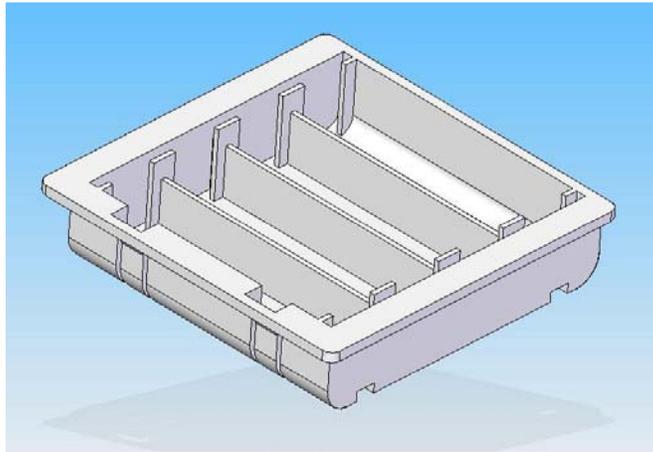
**Figura 5.42** Seguros de los rodillos.

Como se muestra en la Figura 5.42, el seguro al estar en su posición de funcionamiento bloquea la entrada del eje del rodillo, para evitar que éste salga y al mismo tiempo ayuda a mantener la presión en la banda. Su pestaña lateral se ensambla con el sujetador para poder deslizarse y liberar el eje del rodillo, y así poder desmontarlo.

La manufactura está pensada para realizarse con una placa de aluminio de 2 mm de espesor, con los procesos de cortado y doblado de lámina, requiere un ajuste de juego.

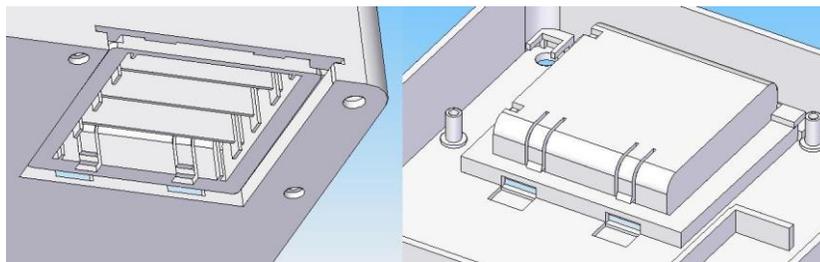
## 5.4 Fuente de poder

La fuente de poder es una de las partes más importantes, pues como se mencionó con anterioridad, de no suministrar la potencia suficiente puede volver al dispositivo poco práctico de usar, ya que tendría poco tiempo de funcionamiento antes de un reemplazo de las pilas; además, si no suministra la corriente suficiente, puede provocar ruido en el sistema de control al activar los actuadores. Fue por eso que se pensó en utilizar cuatro pilas AA por su tamaño, carga y voltaje suministrado.



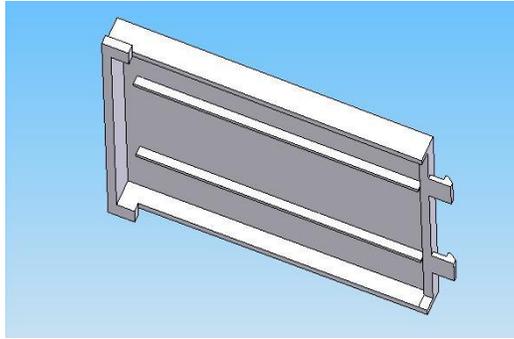
**Figura 5.43** Portapilas.

Para que las baterías se coloquen de forma tal que formen un circuito en serie y se pudieran almacenar de una forma compacta, se diseñó el portapilas mostrado en la Figura 5.43, el cual tiene los espacios para portar las cuatro baterías y ser insertadas de forma fácil y sin dificultades, que ayuda a mantener las pilas en una posición fija.



**Figura 5.44** Portapilas ensamblado

En la Figura 5.44 se tiene la imagen del portapilas ensamblado en la caja inferior del módulo inferior, el cual tiene un espacio por donde se le puede insertar, y gracias a unas pestañas que éste posee, quede sujeto en la posición deseada.



**Figura 5.45** Tapa de las pilas.

Para ocultar las pilas se diseñó la tapa mostrada en la Figura 5.45, pues será ésta la que encierre las pilas dentro de su compartimiento para que el módulo inferior sea un cuerpo sólido y sellado.

## 5.5 Sistema de control

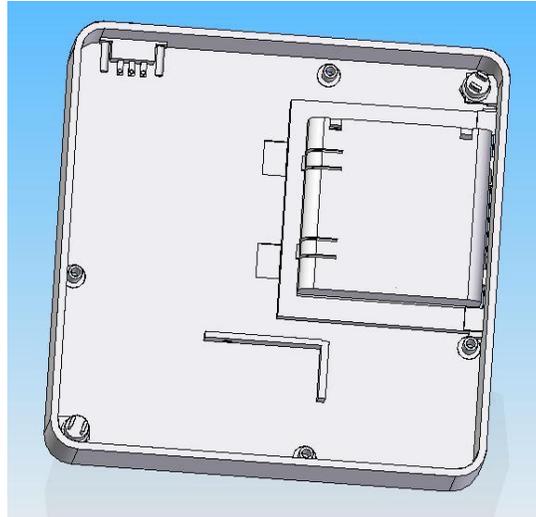
El sistema de control estará integrado por los interruptores que darán la señal de operación del dispositivo y por el circuito electrónico, pues éste será el que tome las decisiones en base a las entradas, y discrimine para la señal de salida apropiada. Este funcionamiento será posible con el uso del el microcontrolador PIC 16F630 el cual tendrá programado el algoritmo para la toma de decisiones.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el funcionamiento del plato se activa cuando se levante el plato de su lugar para ser llevado a la boca, pues activarlo todo el tiempo podría provocar un gasto innecesario de energía y podría empujar la comida hacia la boquilla antes de que aquella se haya acumulado en suficiente cantidad, después de la última dosis liberada; para asegurarse de esto, la puerta completará cinco ciclos (abrir y cerrar) cada minuto, al ser una velocidad promedio para ingerir alimentos. Para detectar si el plato está levantado se utilizan dos botones colocados en la base del plato, se escogió el *pushbutton* CS312 (ver Figura 5.46), el cual mandará una señal al ser levantado el plato.



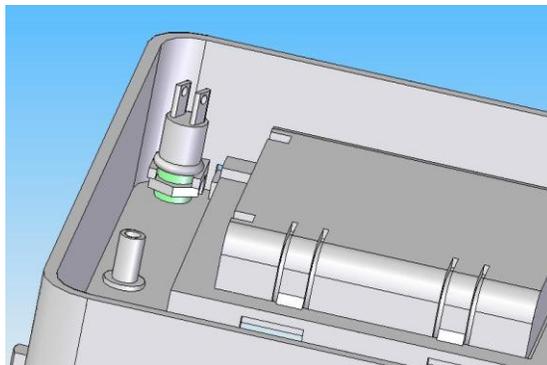
**Figura 5.46** Pushbutton normalmente cerrado.

En la Figura 4.47 se puede ver la posición en donde se acomodan los botones en las esquinas opuestas del dispositivo (en la esquina superior derecha e inferior izquierda); también se puede ver el portapilas.



**Figura 5.47** Vista interior de la tapa inferior.

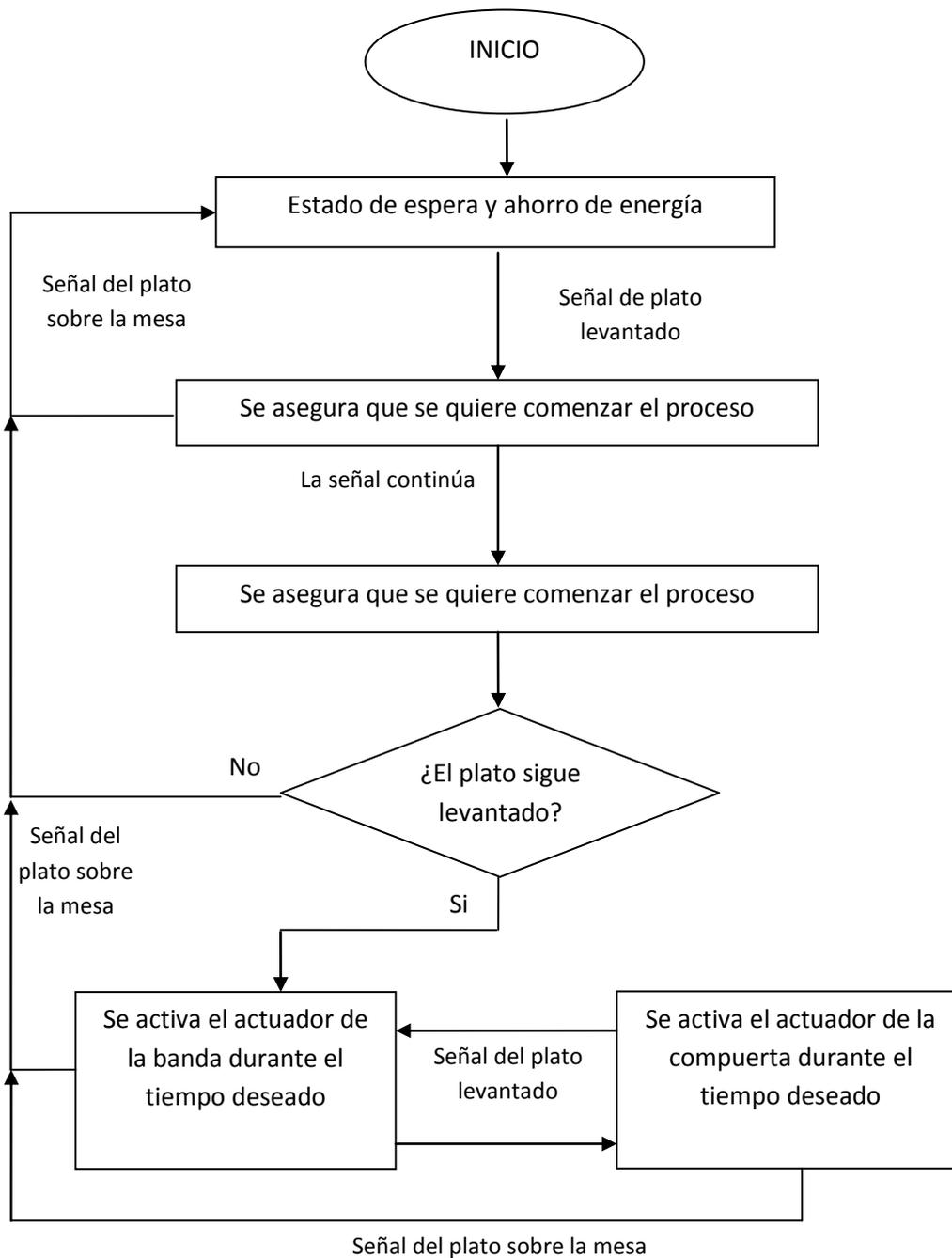
Para mantener los botones en su posición, la base del plato cuenta con unas salientes para sujetarlo y un barreno donde el botón podrá entrar; para inmovilizarlo el *pushbutton* CS312 cuenta con una rondana y una cuerda, las cuales pueden ejercer presión contra las salientes y de esta manera mantenerse sujeto a la base. En la Figura 4.48 se ve el botón sujetado a la base del plato mediante la pestaña mencionada.



**Figura 5.48** Acercamiento al *pushbutton* de la base del módulo.

### **Algoritmo de control**

En la Figura 5.49 se muestra el diagrama de flujo del programa de control, el cuál muestra la forma en cómo interpretará la señal que le proporcionan los *pushbuttons* instalados en la base del plato.

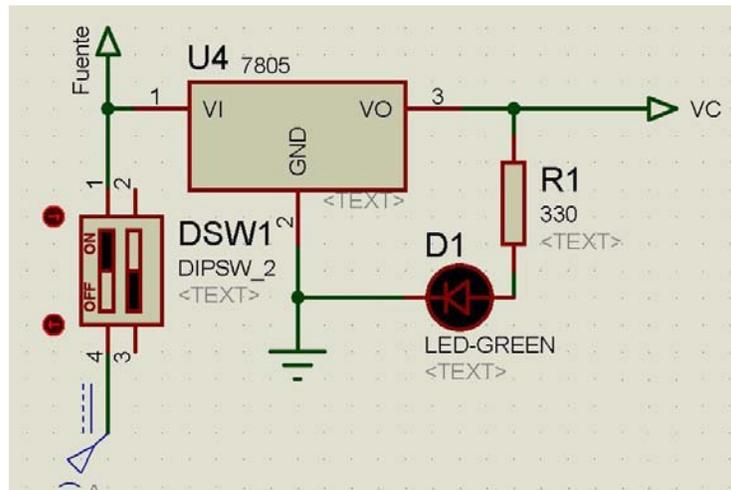


**Figura 5.49** Diagrama de flujo.

Para implementar el diagrama de flujo de la Figura 5.49 en el microcontrolador, se recurrió al compilador C CCS, el cual sirve para generar el archivo \*.hex necesario para la ejecución del algoritmo deseado. El código del programa de control se muestra en el Apéndice A.3.

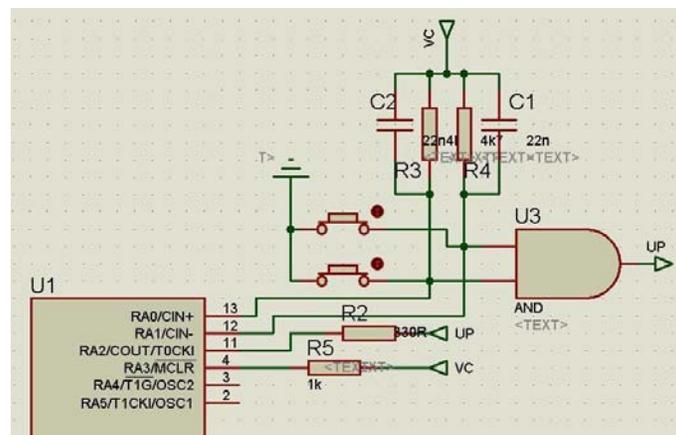
Dicho código fuente está diseñado para ser grabado en el PIC 16F630 y así poder ejecutarse con el circuito correspondiente.

Como se mencionó en el capítulo anterior, se realizó una simulación electrónica por medio del software Proteus Isis, el cual tiene tres divisiones: la regulación de voltaje, la entrada de la señal y la etapa de potencia a la salida del microcontrolador.



**Figura 5.50** Regulación de voltaje y encendido del dispositivo.

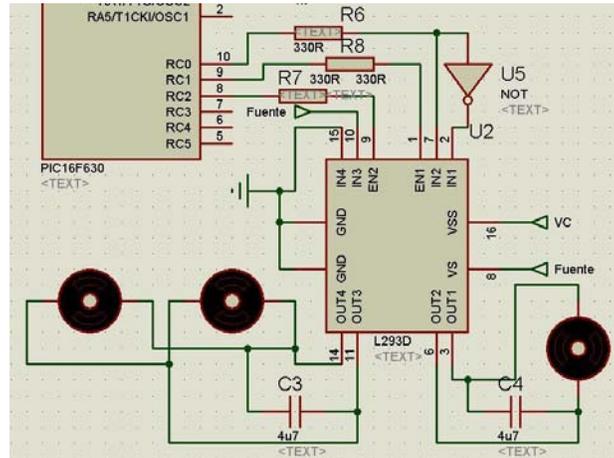
En la Figura 5.50 se muestra el circuito de regulación de voltaje, el interruptor que activa toda la electrónica se encuentra alimentando al regulador de voltaje a 5 V (L7805) y a su salida la alimentación de todo el circuito y de un led testigo de la energía.



**Figura 5.51** Entradas al microprocesador por pushbuttons.

En la Figura 5.51 se tiene el circuito de las entradas de la señal (un par de *pushbuttons*) los cuales van a una compuerta AND (74LS08); estas tres señales (los dos botones y la

compuerta) entran al microprocesador para que las procese y así pueda determinar si el plato se ha levantado o si se ha dejado sobre la mesa.



**Figura 5.52** Etapa de potencia por medio de un puente H.

Para la etapa de potencia se utiliza un puente H, el circuito integrado L293D, el cual tiene salida para el control de dos motores, uno ubicado en el subsistema transportar y el otro en el subsistema dosificar. En la Figura 5.52 se muestran las conexiones de esta etapa de potencia, y para una mejor visualización se ha puesto un doble motor en la salida del subsistema transportar con el fin de asemejar los dos rodillos de éste, aunque en realidad solo hay un motor que transmite su par a un rodillo y el otro es un rodillo loco.

También se debe de mencionar que como medio de precaución, se agregó una resistencia de  $330\ \Omega$  a las salidas del microcontrolador, para evitar que alguna falla pudiese dañarlas.

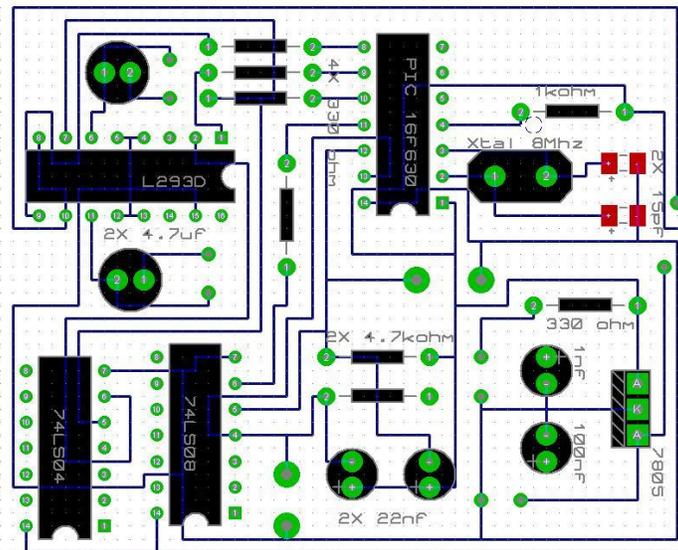
Aunque el microprocesador sólo recibe tres señales y transmite otras tres (dos para el encendido de los motores y una de dirección) se decidió utilizarlo pues es mucho más fácil procesar las señales y administrar los tiempos de encendido de los motores, además de llevar una secuencia entre ellos que puede ser interrumpida por las señales de entrada; otra opción consistiría en un conjunto de compuertas lógicas para generar el movimiento deseado. Las ventajas que ofrece el microprocesador son su tamaño reducido, que se requieren pocas entradas y salidas, su precio es sumamente accesible, mucho menos que el del conjunto de compuertas lógicas, por lo que se decidió utilizarlo.

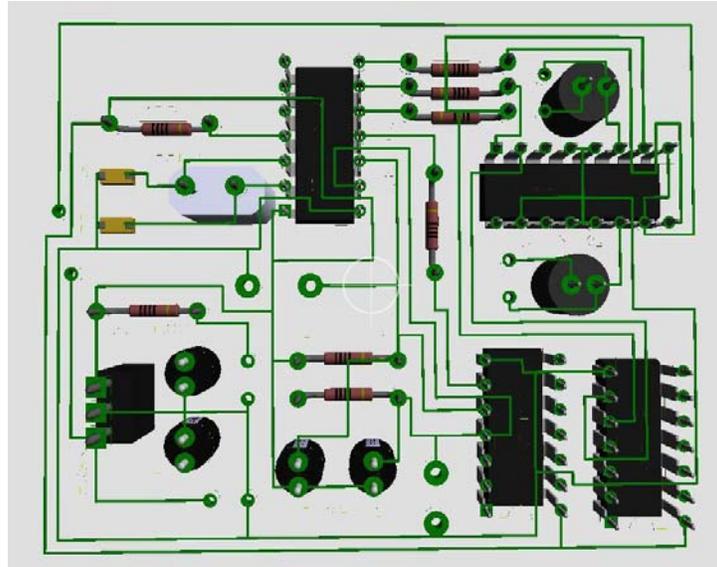
En la Tabla 5.1 se muestra una lista de los componentes electrónicos empleados para este circuito.

**Tabla 5.1** Componentes electrónicos.

Lista de componentes para el sistema de Control			
Pieza	Cantidad	Nombre	Descripción
1	1	L7805	Regulador de voltaje a 5 V
2	1	PIC16f630	Microcontrolador
3	1	74LS08	Compuerta AND
4	1	74LS04	Compuerta NOT
5	1	L293D	Puente H para etapa de potencia
6	2	22 nF	Condensador para filtro de ruido
7	2	4.7 $\mu$ F	Condensador para filtro de ruido
8	2	4.7 k $\Omega$	Resistencia para filtro de ruido
9	1	1 k $\Omega$	Resistencia de pull up
10	5	330 $\Omega$	Resistencia de seguridad
11	1	100 $\mu$ F	Condensador para filtro de ruido
12	1	1 $\mu$ F	Condensador para filtro de ruido

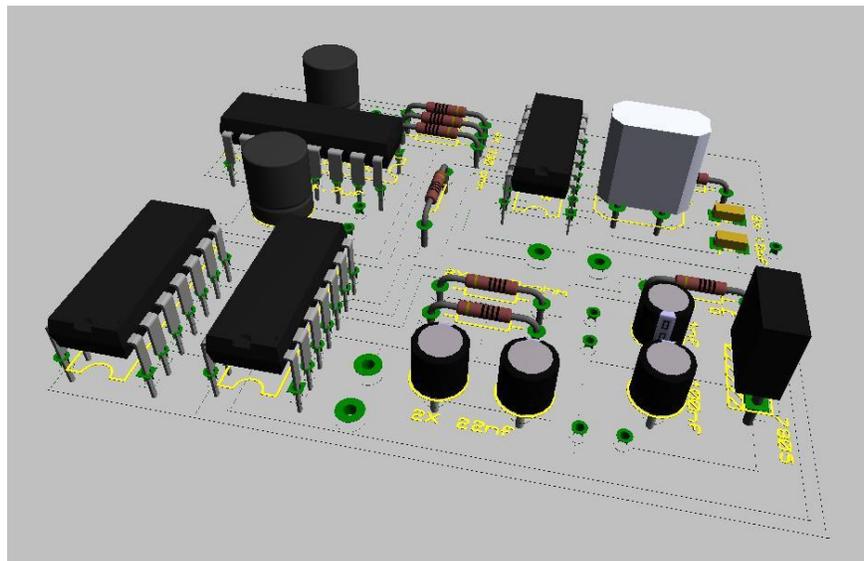
Con el empleo del mismo software *Proteus*, pero esta vez empleando el programa *Ares*, se realizó la plantilla de la tarjeta fenólica, así como una visualización 3D del circuito final.

**Figura 5.53** Plantilla del circuito electrónico para la tarjeta fenólica.



**Figura 5.54** Visualización 3D del circuito electrónico, vista inferior.

En la Figura 5.53 se puede ver el circuito que se imprimirá sobre la tarjeta fenólica, siendo de color azul la pista de cobre, de verde los lugares donde se colocarán los barrenos de 1/32" y de color negro la silueta de los componentes (este color es puramente indicativo). En la Figura 5.54 se muestra el circuito final en 3D, con una transparencia de la tarjeta para una mejor visualización del acomodo de los componentes y de la pista de cobre.



**Figura 5.55** Visualización 3D del circuito electrónico.

En la Figura 5.55 se muestra la parte superior de la tarjeta fenólica, así como la distribución y espacio que ocupan los componentes.

Se debe recordar que para el diseño de la parte electrónica se buscaron componentes comerciales de fácil adquisición y de un costo económico, asimismo, se buscó tener un diagrama impreso lo más sencillo posible para disminuir los costos de mano de obra y herramientas. Y como meta principal, se consiguió tener un circuito de tamaño reducido para que no tuviera problemas al colocarlo dentro del dispositivo, pues como se debe recordar, el espacio es limitado debido a su naturaleza.

## CAPÍTULO 6

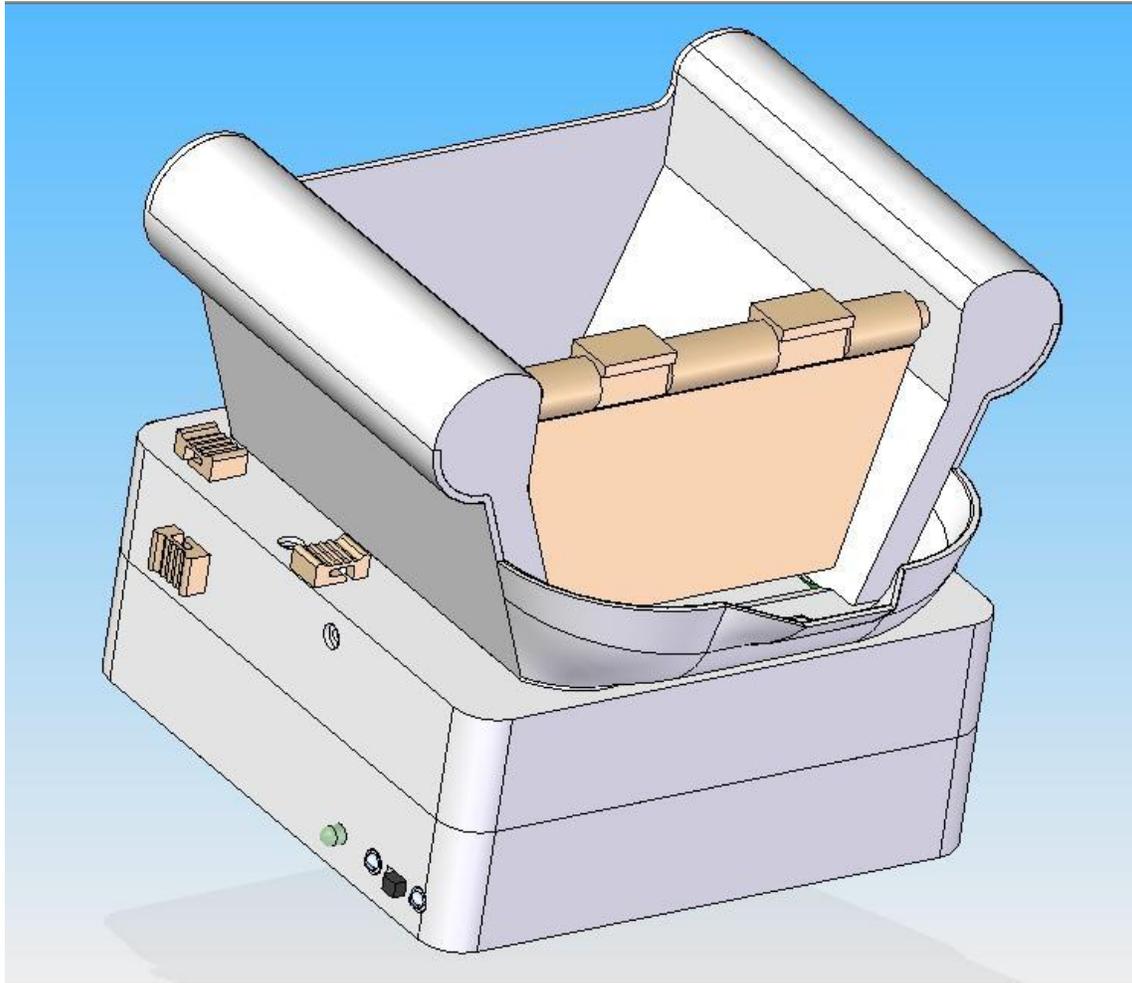
### Análisis de los resultados

Una de las partes más importantes de este trabajo es el análisis de los resultados, pues es en esta parte donde se compararan los resultados obtenidos con los esperados al inicio del proyecto, para poder dar el panorama general de lo que se obtuvo y que se pueda tener una clara idea del estado final del proyecto, sin perderse entre los resultados parciales que se muestran en cada capítulo.

En el capítulo 5 se habló de las consideraciones y especificaciones de los diferentes componentes que conforman el dispositivo, así como del circuito de control planeado y la implementación de este. Ahora en este capítulo se analizarán los resultados obtenidos con este proyecto, se hará una crítica constructiva del diseño final y propuestas para mejorarlo.

#### 6.1 Análisis del diseño final

Durante el proyecto se siguió una metodología de diseño para poder ir de la idea principal al diseño de un prototipo bien definido; en este proceso se dio una propuesta inicial para la configuración del dispositivo, y después de someterla a un análisis y crítica constructiva, se encontraron algunos aspectos desfavorables que podrían traer como consecuencia problemas en el funcionamiento al manipular el dispositivo, volviéndolo poco práctico de usar; fue por esa razón que se dio una segunda propuesta de diseño, la cual resuelve dichos problemas volviendo al dispositivo más funcional.



**Figura 6.1** Diseño final.

El resultado final del diseño se puede apreciar en la Figura 6.1, donde se muestra el ensamble total del dispositivo. El diseño obtenido consiste en un plato que tiene la característica de que cuando es levantado, lleva la comida hacia la parte frontal y dosifica la salida en varios bocados; el plato puede sujetarse con un sistema de pinzas, es decir, ejerciendo presión en sus costados.

Esta cualidad permite que el usuario pueda alimentarse sin necesidad de utilizar cubiertos, o de requerir la habilidad para manipular la comida. Para su operación, se parte del hecho que alguien alistará el plato y servirá la comida en éste, que es algo muy común pues en el hogar muchos padres suelen hacer esto para el resto de la familia que espera en la mesa, o en los restaurantes donde se lleva el platillo listo para ser consumido por el cliente, por lo que trabajar bajo esta condición no representa ningún problema.

El mantenimiento del dispositivo es bastante sencillo, pues sólo requiere de limpieza constante y de un repuesto de pilas cuando éstas se agoten. Para la limpieza del

dispositivo se cuenta con varios seguros que al empujarse liberan los componentes principales del plato, lo cual permite que se puedan limpiar las piezas por separado, dando la posibilidad de sumergir en agua aquellas piezas con mayor contacto con la comida con una tela a los demás componentes, como sería el caso de las tostadoras de pan, de emparedados o el extractor de jugos. Además, las piezas no poseen superficies rugosas ni huecos que pudiesen dificultar la limpieza.

Como una crítica al dispositivo, se debe de mencionar que hay algunas piezas con geometrías complicadas que costarían trabajo manufacturar y deberían ser modificadas para ser susceptibles se fabrica con un proceso de inyección de plásticos, pues de esta forma se podría realizar una producción en serie para su comercialización. Sin embargo, para este proyecto se justifica que varios de los componentes se hayan planeado para manufacturar con la máquina de prototipos rápidos con el material ABS, puesto que se diseñó para un caso en específico y sólo se piensa manufacturar un solo modelo.

Para el control del sistema, se logró diseñar un control que cumple con las características deseadas y de un tamaño reducido, lo cual ayuda a disminuir los costos, pues no fueron necesarios sensores de alta precisión o costosos, y en su lugar se usaron botones que aprovechan el peso del dispositivo para comprobar la posición del plato. Además, se eligió un microcontrolador que cumple con las necesidades requeridas y que resulta económico por tener una reducida cantidad de entradas y salidas, y no poseer los módulos extras que no se ocupan en esta aplicación.

Resultaría conveniente manufacturar un primer prototipo para poder hacer pruebas, y comprobar si efectivamente cumple con todas las funciones deseadas, con las cualidades que se esperaban, y si existe alguna circunstancia no esperada que amerite se haga un rediseño del dispositivo antes de considerarlo listo para ser lanzado al mercado como un producto, pues con esta retroalimentación se podrán hacer mejoras y proponer nuevas ideas para una segunda versión.

## **6.2 Propuesta para un segundo diseño**

En el proceso de diseño se debe partir de la definición de la necesidad, de la especificación del objetivo y de la limitación de los alcances; estos tres de elementos son de suma importancia debido a que serán la guía que se debe tener en mente durante todo el proceso de diseño, pues de lo contrario el resultado final podría no ser satisfactorio para el cliente o usuario, ya sea porque no cumple con sus expectativas o porque se le dio prioridad a algunos aspectos que no eran de interés para el usuario. Sin embargo, en este

caso la limitación de los alcances se estableció para los fines específicos del proyecto aquí presentado, por lo que para realizar una mejora o segunda versión se podría tomar como base, la experiencia e ideas generadas en este diseño para expandir los alcances y volver al dispositivo más completo.

Uno de los alcances que se puede expandir es sobre el tipo de comida para el cual está diseñado, pues como en el capítulo 1 se mencionó, uno de los alcances señala:

*Debe ser comida sólida, sin líquidos y desmenuzada o menuda (como arroz, frijoles, picadillo, etc).*

Para un segundo prototipo se pueden incluir líquidos, lo que quitaría restricciones al usuario sobre el tipo de comida para el que se puede usar el dispositivo. Los beneficios que representaría esta opción, son los de dar mayor facilidad en el uso del dispositivo al no tener que seleccionar la comida, lo volverían más práctico de usar al poder incluir más alimentos y tomando este como el único plato necesario para todos los alimentos de una comida diaria, y además evitaría algún desperfecto por accidentes con líquidos. Las complicaciones que traerían son las de rediseñar el subsistema transportar, pues el mecanismo de banda no cumple con los requerimientos para contener líquidos, el módulo inferior deberá de ser un encapsulado impermeable para evitar desperfectos, y todas las uniones y articulaciones deberán de tener un empaque para aislar los componentes del líquido.

En el caso de que se buscara incluir líquidos sería conveniente agregar un control para regular la velocidad con la que salen los alimentos; este control deberá estar basado en la temperatura de los alimentos, y de esta forma al tener una mayor temperatura, los alimentos deberán ser dosificados con menor frecuencia que aquellos alimentos con temperatura ambiente, pues podría resultar incomodo para el usuario que se le proporcionara comida de manera muy rápida sin darle tiempo a enfriarla para ser digerida. Esta mejora tendría los beneficios de ser más amigable para el usuario y mucho más práctico en caso de que el tuviera algún impedimento mayor que el del sujeto de estudio de este proyecto. Las complicaciones que presenta esta mejora son las de añadir sensores de temperatura higiénicos, pues estarán en contacto con la comida, o de modificar el material del plato para que sea más sensible al cambio de temperatura y así poder medirla indirectamente, en cuyo caso implicaría un gasto mayor en el material.

Como una mejora para el ahorro de energía, se puede automatizar el estado de activación del subsistema dosificar, con base en un sensor de presencia que pueda detectar cuándo el usuario ha acercado su boca a la boquilla del plato para empezar a consumir alimentos, pues de este modo los actuadores del dispositivo sólo funcionarían en el momento que se

quisiera ingerir la comida. Los beneficios que presenta esta opción son los de ofrecer un ahorro de energía que puede traducirse como un ahorro en costos de mantenimiento, además de tener un control preciso sobre el momento para comenzar con la operación. Las dificultades radicarían en acomodar los sensores de presencia para que fueran precisos en la detección del usuario, sin cometer errores y sin presentar problemas de ruido en la señal, y el de colocarlos de una manera discreta en el dispositivo, y que se encuentren protegidos de algún impacto que se pudiese dar en su manejo o almacenamiento, pues dichos sensores tienen que estar en excelentes condiciones para brindar un buen funcionamiento a todo el dispositivo.

Por último, se debe recordar que el usuario para el cual está diseñado este dispositivo tiene la capacidad de levantar un plato y llevarlo a su boca, por lo que se tomaron ciertas consideraciones para su diseño basado en esta capacidad; si se quisiera abarcar un número mayor de usuarios con diferentes problemas para alimentarse de manera autónoma, se debe de proponer un diseño en el cual no se requiera de la operación de las manos para utilizar dicho dispositivo, o que la dependencia de éstas se encuentre restringido a una activación de manera robusta (sin necesidad de gran precisión en los movimientos), pues así se podrían incluir usuarios que no tengan la capacidad para controlar sus extremidades o carezcan completamente de éstas. Los beneficios que presentaría esta mejora son los de satisfacer a un número mayor de personas, al ser apto para usuarios con mayores impedimentos físicos. Las complicaciones de esta mejora están dadas por mantener la capacidad para ser un dispositivo portátil, y al mismo tiempo ser robusto para compensar la falta de precisión en los movimientos de los usuarios.

## CONCLUSIONES

El presente proyecto se realizó con base en un caso práctico, el cual consistía en el problema de un niño llamado Carlos quien debido a una enfermedad de displasia congénita, carece de la totalidad de extremidades inferiores y de extremidades superiores hasta la altura del codo; fue por eso que se buscó ayudarlo con una de sus necesidades básicas. Dado que la necesidad a cubrir enunciaba:

*Se debe encontrar una forma de que Carlos se alimente de forma autónoma y de manera práctica.*

Y que el objetivo del proyecto es:

*Diseñar un prototipo de un dispositivo que permita a Carlos alimentarse de manera autónoma.*

ambos enunciados en el capítulo 1, se puede afirmar que se cumplió el objetivo y se cubrió la necesidad, pues el dispositivo diseñado permitirá a Carlos alimentarse de forma autónoma y a su propio ritmo, llevando él mismo la comida a su boca sin necesidad de la intervención de un tercero.

Con respecto al objetivo general, que menciona:

*Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para el diseño de un dispositivo para ayudar a alimentar de manera autónoma a un niño con amelia congénita.*

Se puede decir que se aplicaron ampliamente conocimientos de ingeniería durante todo el proceso, ya que en todo momento se aplicó una metodología de diseño, la cual definía los pasos de diseño a seguir para efectuar una toma de decisiones lo más objetiva posible. Además, ya que este dispositivo tiene cierto grado de automatización, fue necesario aplicar los conocimientos de mecánica y electrónica, así como la experiencia obtenida durante el transcurso de la carrera.

## REFERENCIAS

1. AYALA Ruiz Álvaro, *Normas para dibujo mecánico*, UNAM Facultad de Ingeniería, México, 2003.
2. CORONADO Maldonado Margarito, et ál., *Triz, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*, Panorama Editorial. México, 2005.
3. CROSS, Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos, Editorial Limusa Wiley, México, 2008.
4. DIETER George E., *Engineering design*, McGraw-Hill, 3a edición, USA, 2000.
5. DORF Richard C., *Circuitos Eléctricos*, Editorial Alfaomega, México, 1992.
6. FAIRES Moring Virgil, "DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS", editorial Montaner y Simón, España, 1977.
7. GARCÍA Breijo Eduardo, *Compilador C CCS y simulador proteus para microcontroladores pic*, Editorial Alfaomega, México, 2008.
8. MOORE Persaud, *Embriología clínica*, Editorial El Sevier, 7a edición, Madrid, 2004
9. CARLOSON, Bruce M., *Embriología humana y biología del desarrollo*, Editorial Harcourt, 2da edición, Madrid, 2000.
10. HERRERA Saray, Patricia, *El usuario discapacitado. Barreras sociales y problemas de usabilidad en sillas de ruedas*, Tesis que para obtener el grado de maestra en diseño industrial, Posgrado de diseño industrial, UNAM, México, 2006.

11. Consulta de enfermedades congénitas, amelia congénita.  
<http://www.medciclopedia.es/diccio/d/di2.htm>, consultada en octubre de 2010.
12. Metodología y principios del método TRIZ  
<http://www.triz.net/>, consultada en noviembre de 2010.
13. Consulta de matriz de contradicciones  
<http://www.triz40.com/>, consultada en noviembre de 2010.
14. Historia del uso de los cubiertos  
[http://www.protocolo.org/miscelaneo/monograficos\\_y\\_reportajes/historia\\_de\\_la\\_cuchara\\_su\\_origen\\_su\\_origen\\_historia\\_curiosidades\\_usos\\_evolucion.html](http://www.protocolo.org/miscelaneo/monograficos_y_reportajes/historia_de_la_cuchara_su_origen_su_origen_historia_curiosidades_usos_evolucion.html), consultada en noviembre de 2010.
15. Consulta de catálogo de productos electrónicos y actuadores,  
<http://www.crya.com.mx/>, consultada en diciembre de 2010.
16. Consulta de catálogo de bandas de transmisión y grado alimenticio  
<http://www.habasit.com/2088.html>, consultada en diciembre de 2010.
17. Clasificación de plásticos y sus propiedades  
<http://www.anig.org.mx/cipres/clasificacion.asp>, consultada en enero de 2011.
18. Catálogo de fresas y brocas  
<http://www.ferreteria-leon.com.pe/brocas.htm>, Consultada en enero de 2011.
19. Consulta de acotación para planos  
[http://www.iesunibhi.com/ikasleak/FileStorage/view/alumnos/my/METROLOG%C3%8DA\\_8\\_-\\_Ajustes\\_y\\_tolerancias\\_de\\_fabricaci%C3%B3n.pdf](http://www.iesunibhi.com/ikasleak/FileStorage/view/alumnos/my/METROLOG%C3%8DA_8_-_Ajustes_y_tolerancias_de_fabricaci%C3%B3n.pdf), consultada en marzo 2011.
20. Consulta de tecnologías e imagen explicativa  
<http://www.publimetro.com.mx/tecno/cientificos-mexicanos-crean-un-brazo-robotico-antibombas/mjhr!0KNkFTGebeMis/>, consultada en noviembre de 2010.

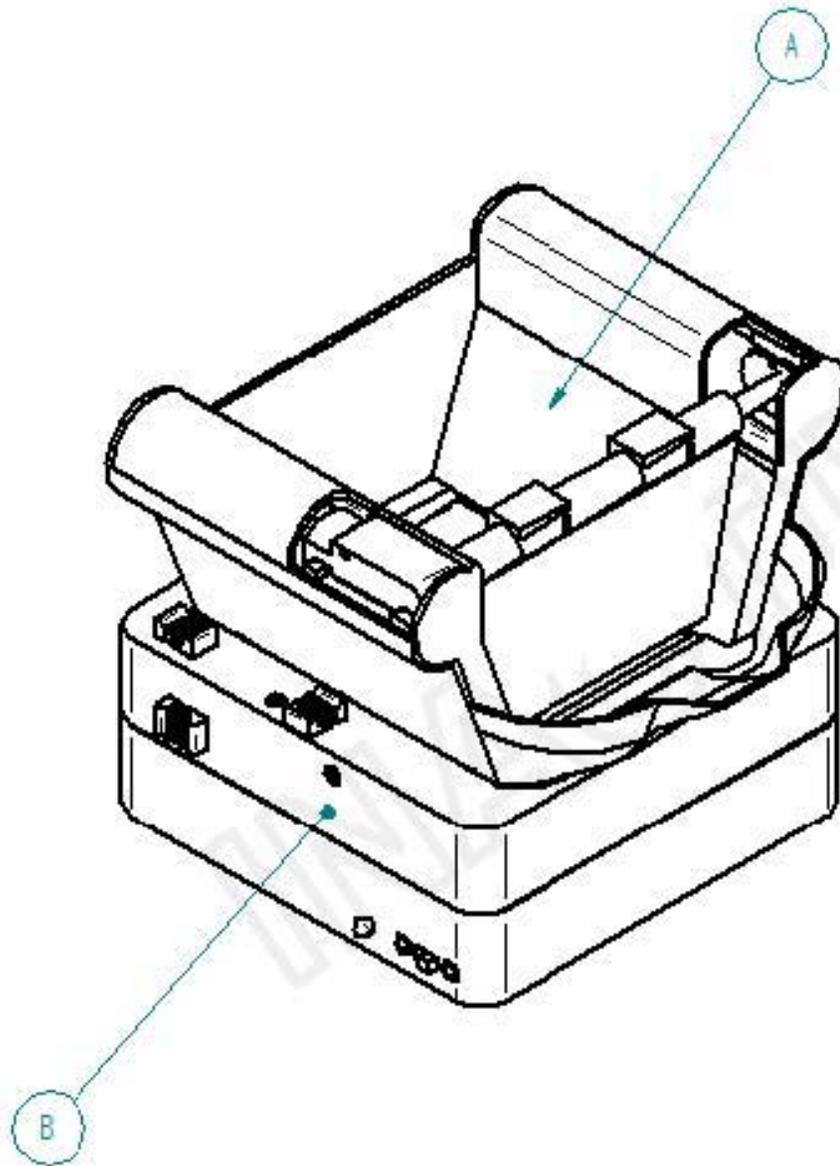
# APÉNDICE

# **A1 Planos**

**Tabla A1** Lista de planos.

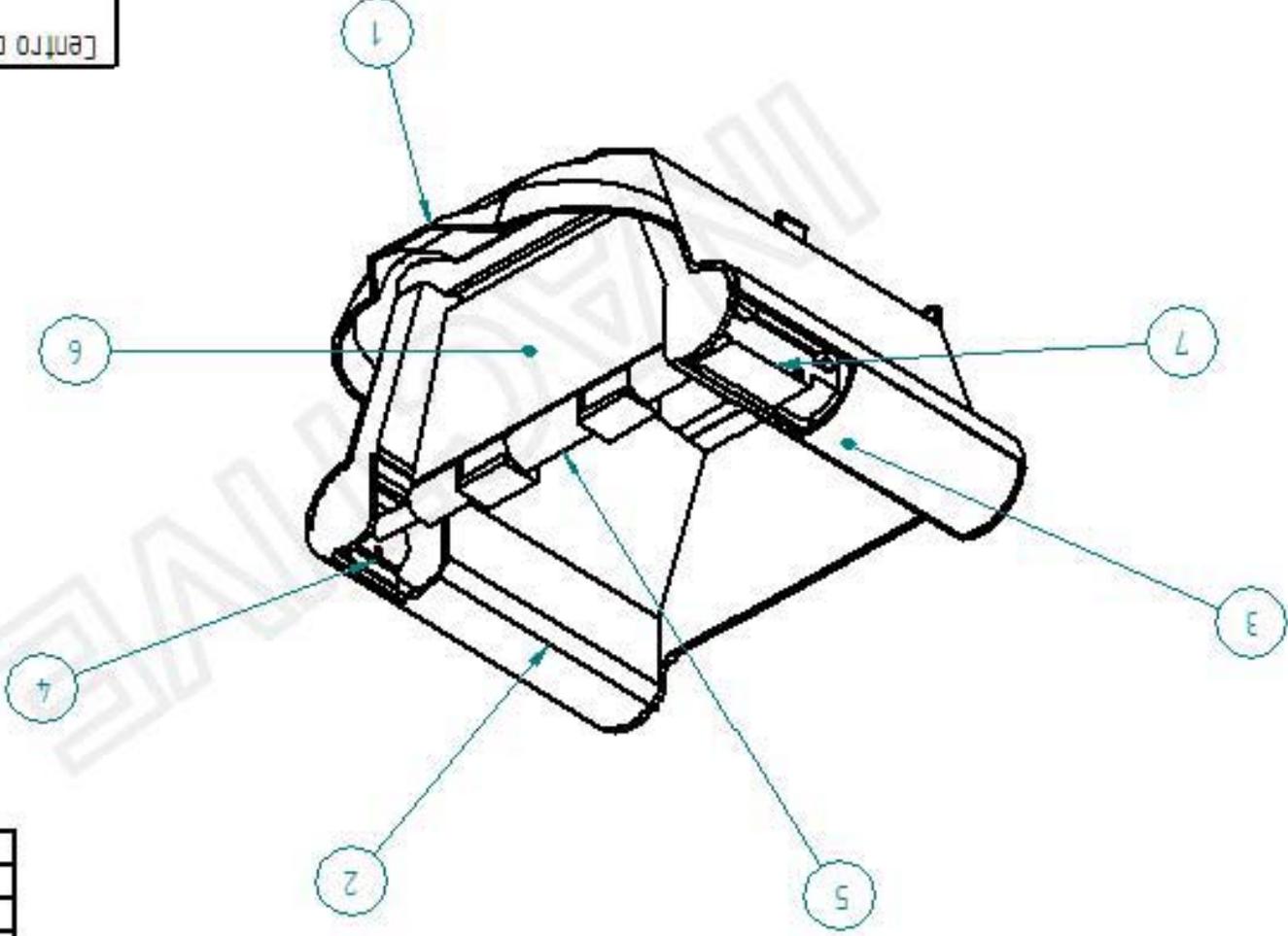
Lista de partes para el módulo superior					
Pieza	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Número de plano	Descripción
A	1	1		E-P	Plato automático
				E-D	Conjunto módulo superior
1			1	M-D-CU	Cuerpo módulo superior
2			1	M-D-TI	Tapa izquierda del módulo superior
3			1	M-D-TD	Tapa derecha del módulo superior
4			1	M-D-BU	Buje del eje del sistema dosificar
5			1	M-D-EJ	Eje del sistema dosificar
6			1	M-D-CM	Compuerta del sistema dosificar
7			1		Motorreductor 6V Gorilla-1
8			1		Conector molex 2510 de dos hilos
B		1		E-T	Conjunto módulo inferior
C				E-S	Plano ensamble módulo inferior seguros
9			1	M-T-CI	Caja inferior del módulo inferior
10			1	M-T-CS	Caja superior del módulo superior
11			1	M-T-RL	Rodillo loco del sistema transportar
12			1	M-T-RT	Rodillo con tracción sistema transportar
13			1	M-T-PR	Polea del rodillo del sistema transportar
14			1	M-T-CP	Eje alternativo del sistema transportar
15			1	M-T-PL	Placa del sistema transportar
16			1	M-T-CH	Charola del sistema transportar
17			1	M-T-PM	Polea del motor sistema transportar
18			1	M-S-CL	Seguro corredera izquierda del rodillo
19			1	M-S-CR	Seguro corredera derecha del rodillo
20			1	M-S-BTL	Botador izquierdo módulo superior
21			1	M-S-BTR	Botador derecho módulo superior
22			2	M-S-BL	Botador lateral módulo superior
23			7	M-S-SC	Sujetador corredera para los botadores
24			1	M-P-PB	Porta baterías interno
25			1	M-P-TB	Tapa de baterías
26			2		Interruptor CS312 OFF-(ON)
27			1		Conector molex 2510 de dos hilos
28			1		Interruptor switch slide
29			1		Led verde indicador de encendido
30			3		Resorte
31			1		Banda transmisora de potencia
32			1		Banda grado alimenticio
33			1		Motorreductor 6V Gorilla-1

Número	Clave	Título
A	E-D	Conjunto módulo superior
B	E-T	Conjunto módulo inferior



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica	
UNAM 	
Dibujó Alan Gerson García Campos	Título Seguros y potencia
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista	No. de plano E-SS
Dimensiones mm	Fecha 20 / Mayo / 2011

Número	Clave	Título
1	M-D-CU	Cuerpo módulo superior
2	M-D-TI	Tapa izquierda
3	M-D-TU	Tapa derecha
4	M-D-BU	Buje compuerta
5	M-D-EJ	Eje de la compuerta
6	M-D-CM	Compuerta
7	---	Motorreductor Borilla - 1



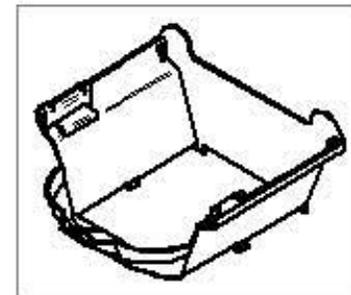
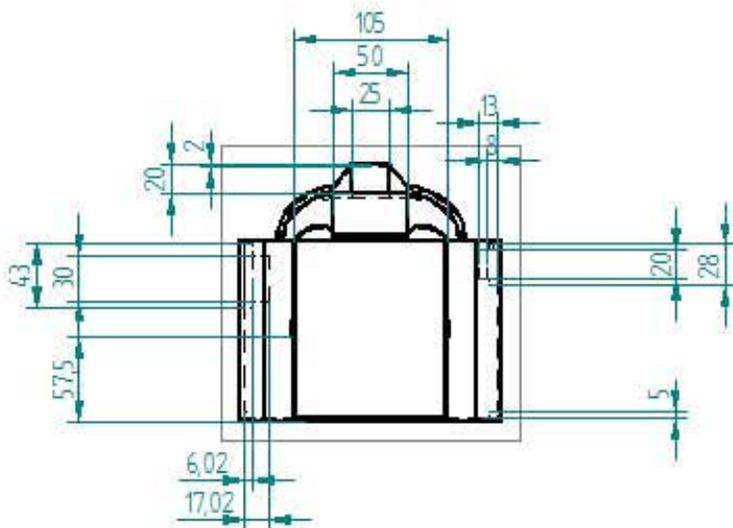
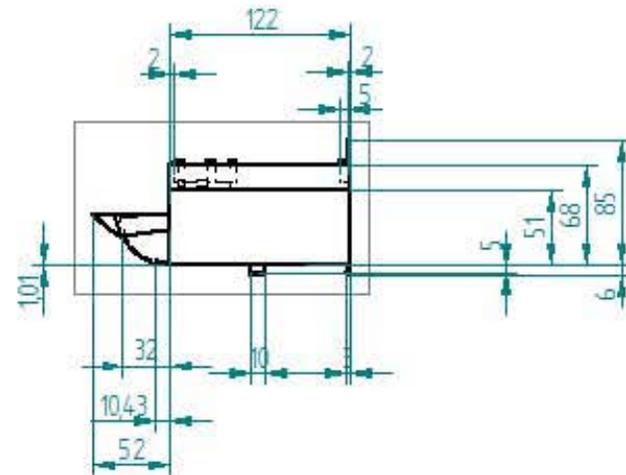
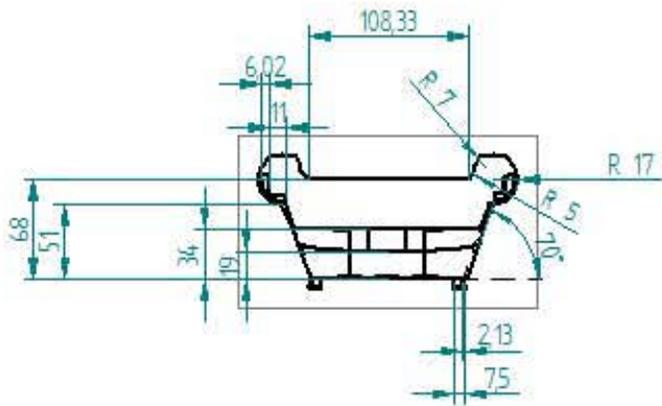
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica  
UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos  
Título Conjunto módulo superior

Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista  
No. de plano E-0

Dimensiones mm  
Fecha 20 / Mayo / 2011

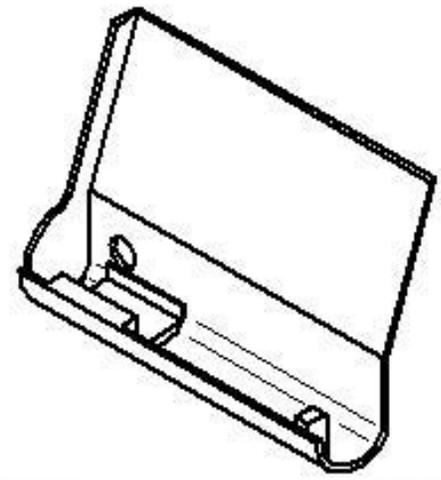
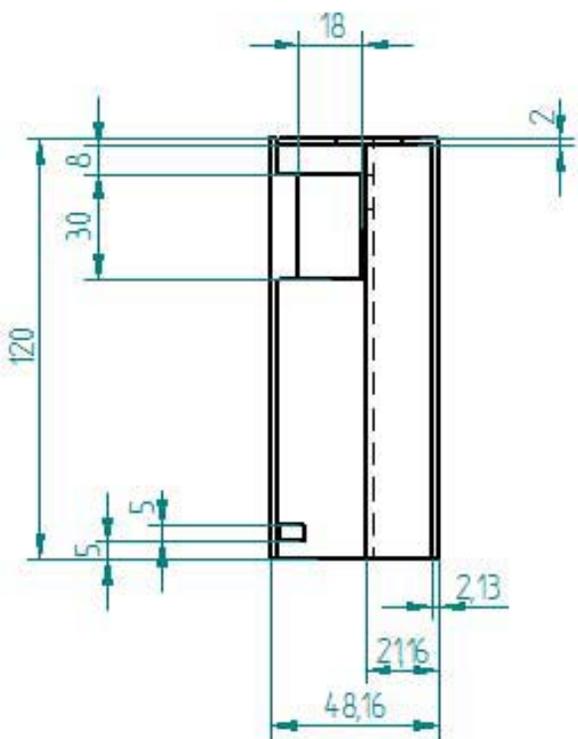
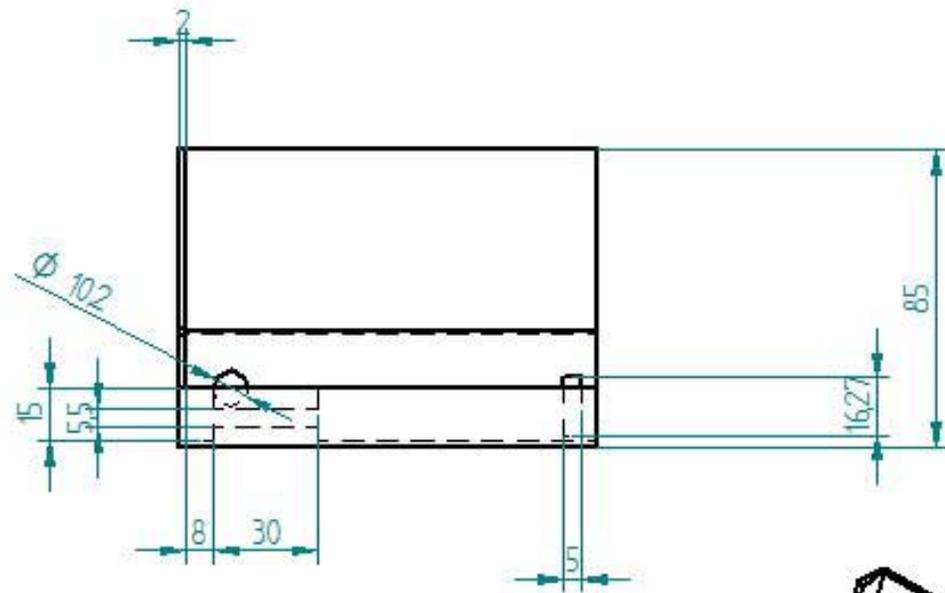
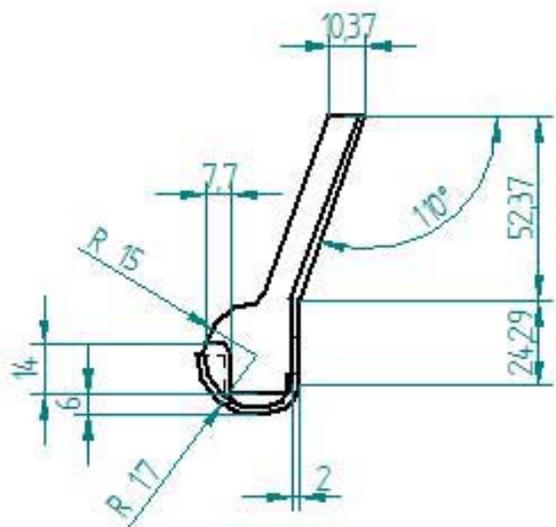


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

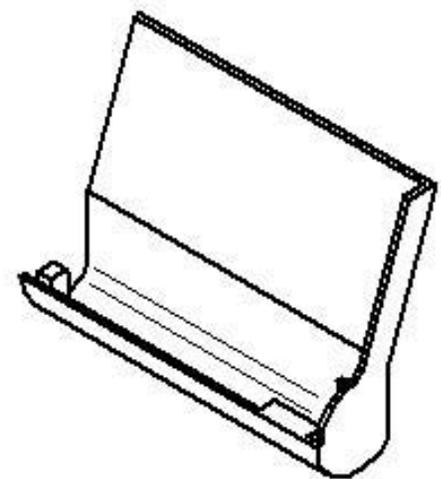
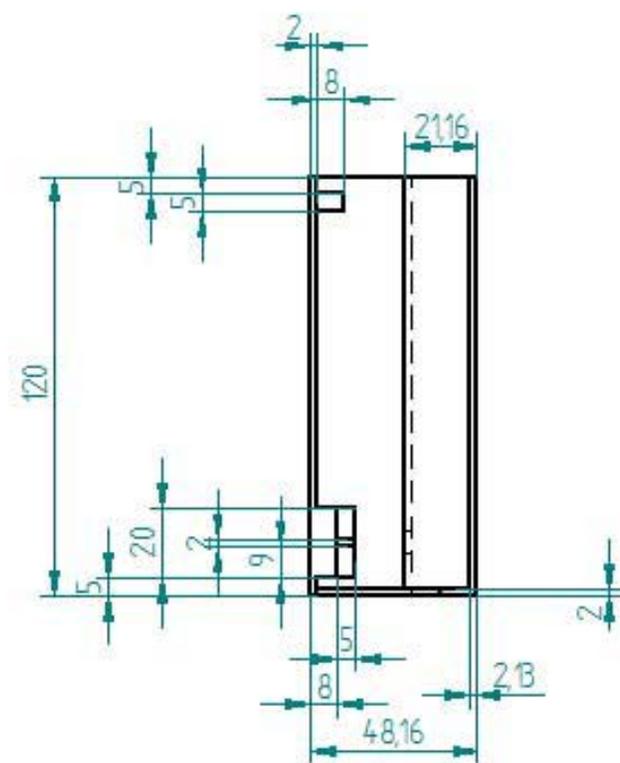
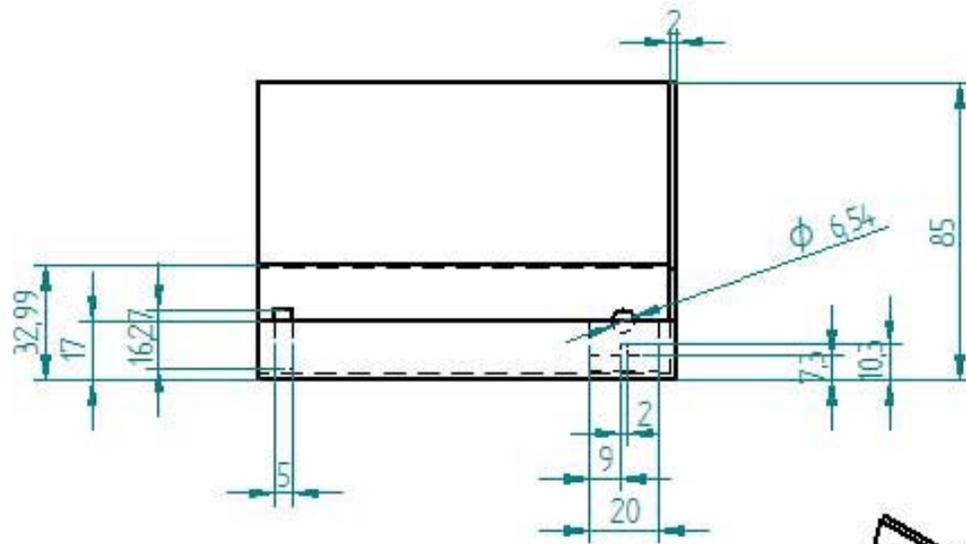
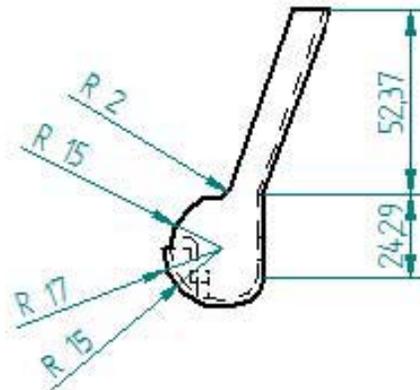
UNAM



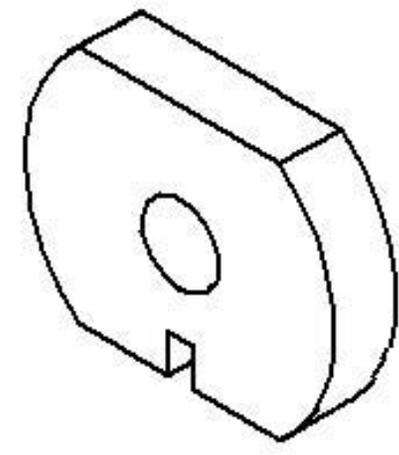
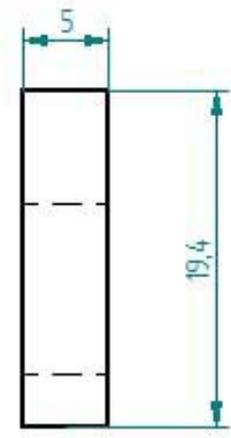
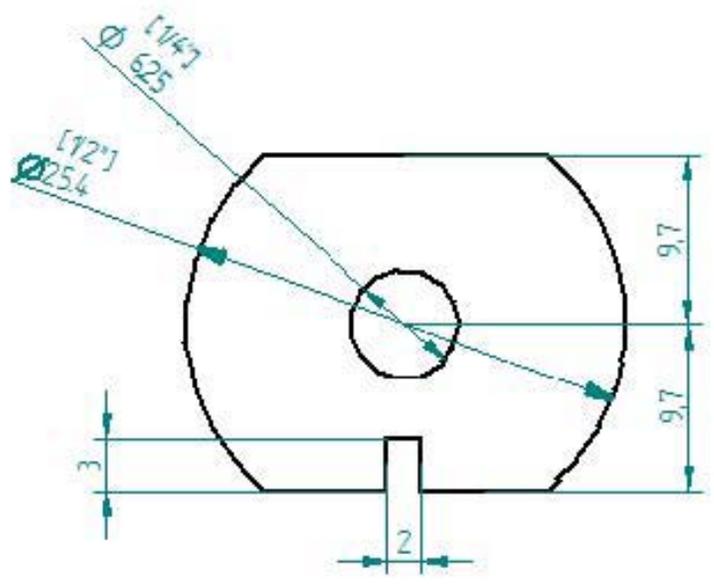
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Cuerpo Módulo Superior	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.1	No. de plano MS-SO-CU
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 1:2	Fecha 20/Mayo/ 2011



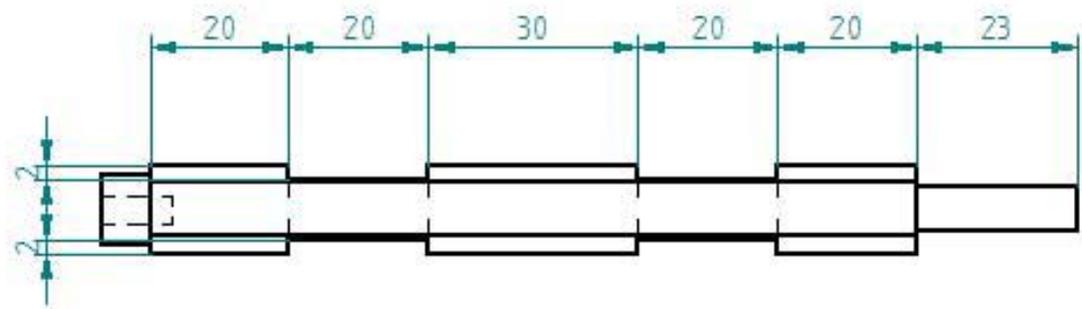
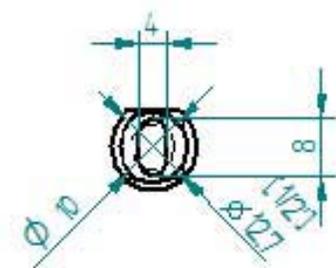
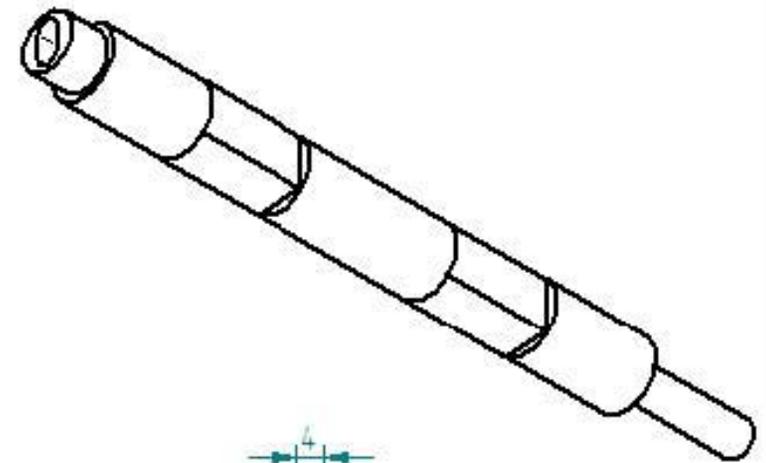
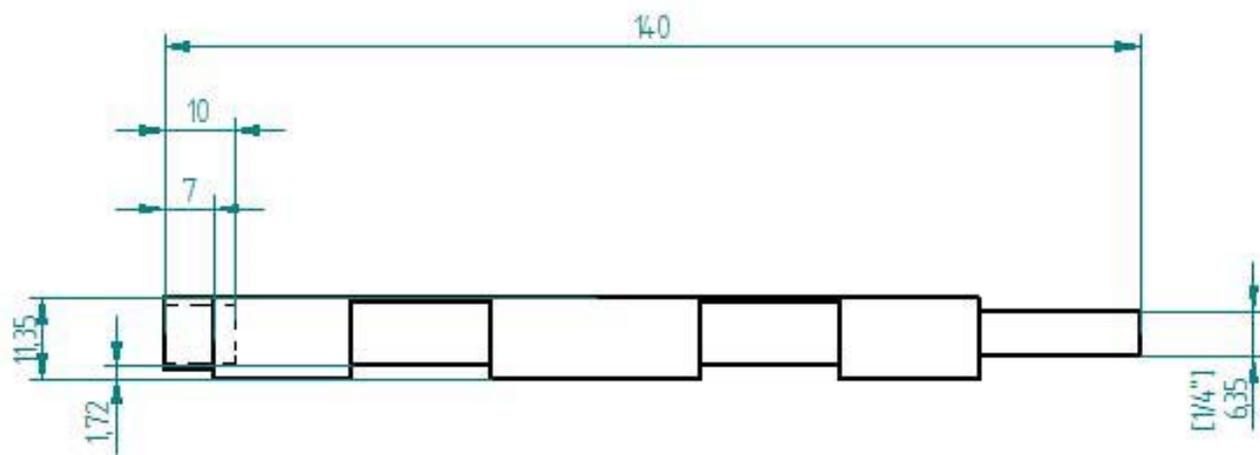
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Tapa derecha	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano MI-SD-TD
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 1: 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



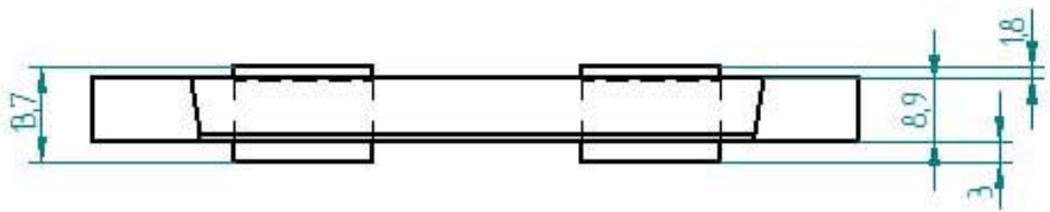
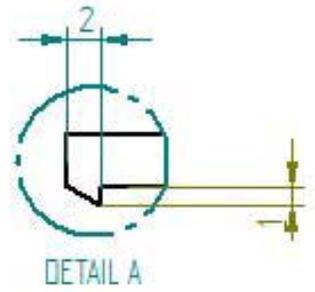
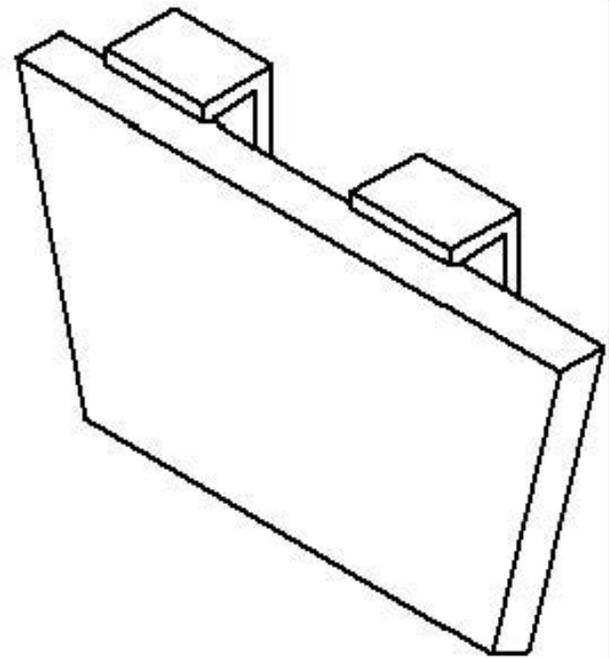
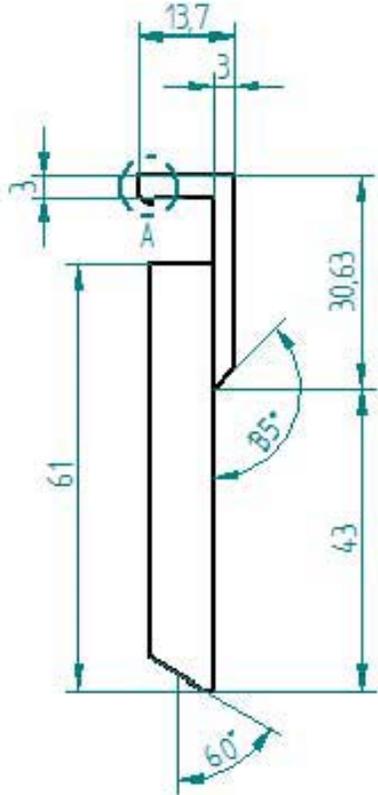
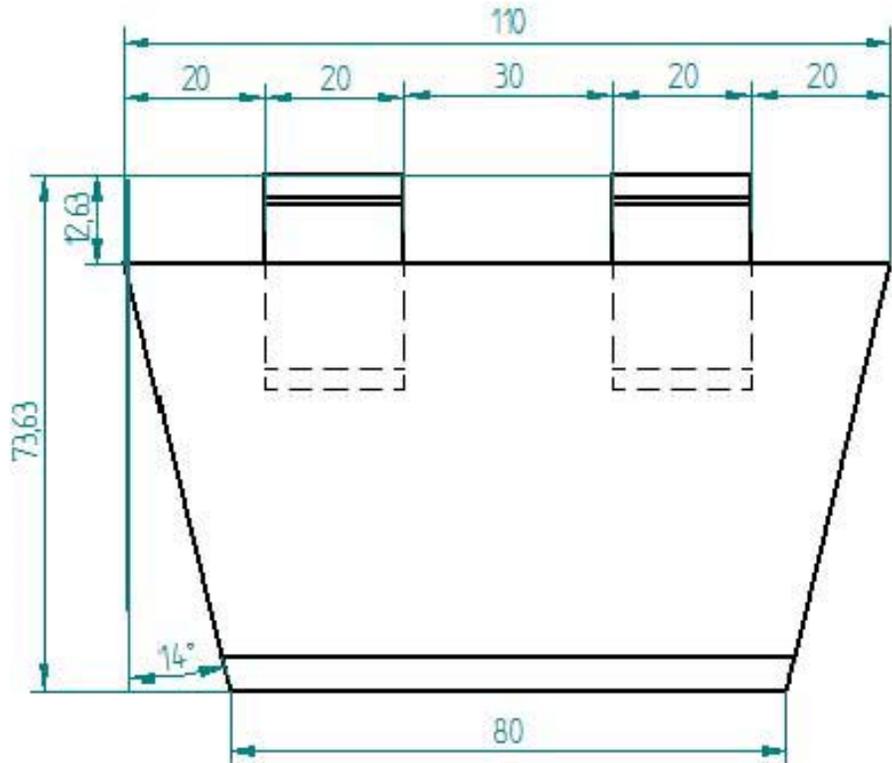
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Tapa izquierda	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-0-TI
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 1: 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



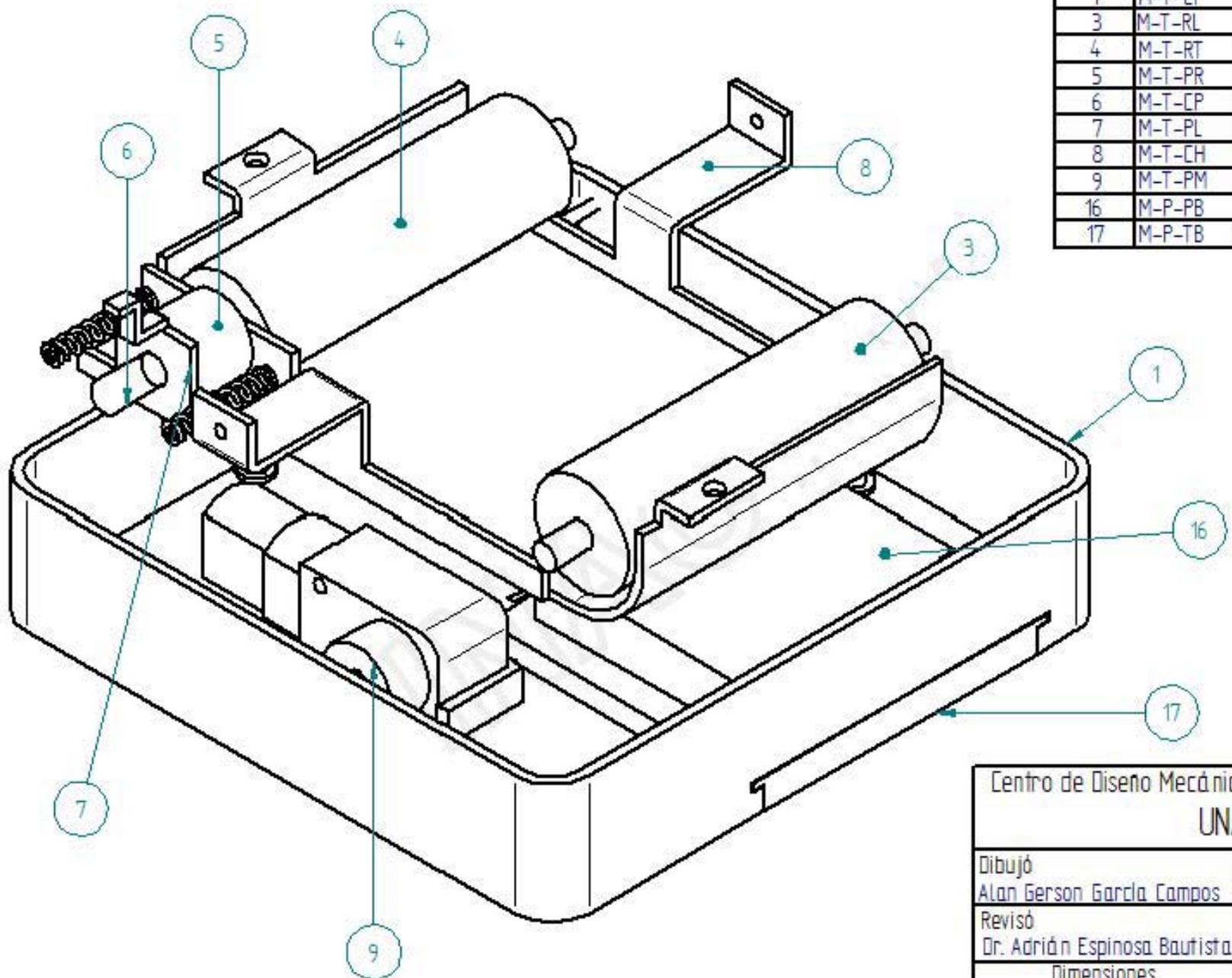
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Buje compuerta	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano MS-SD-BU
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 /Mayo/ 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Eje de la compuerta	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano MS-SO-EJ
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 2 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

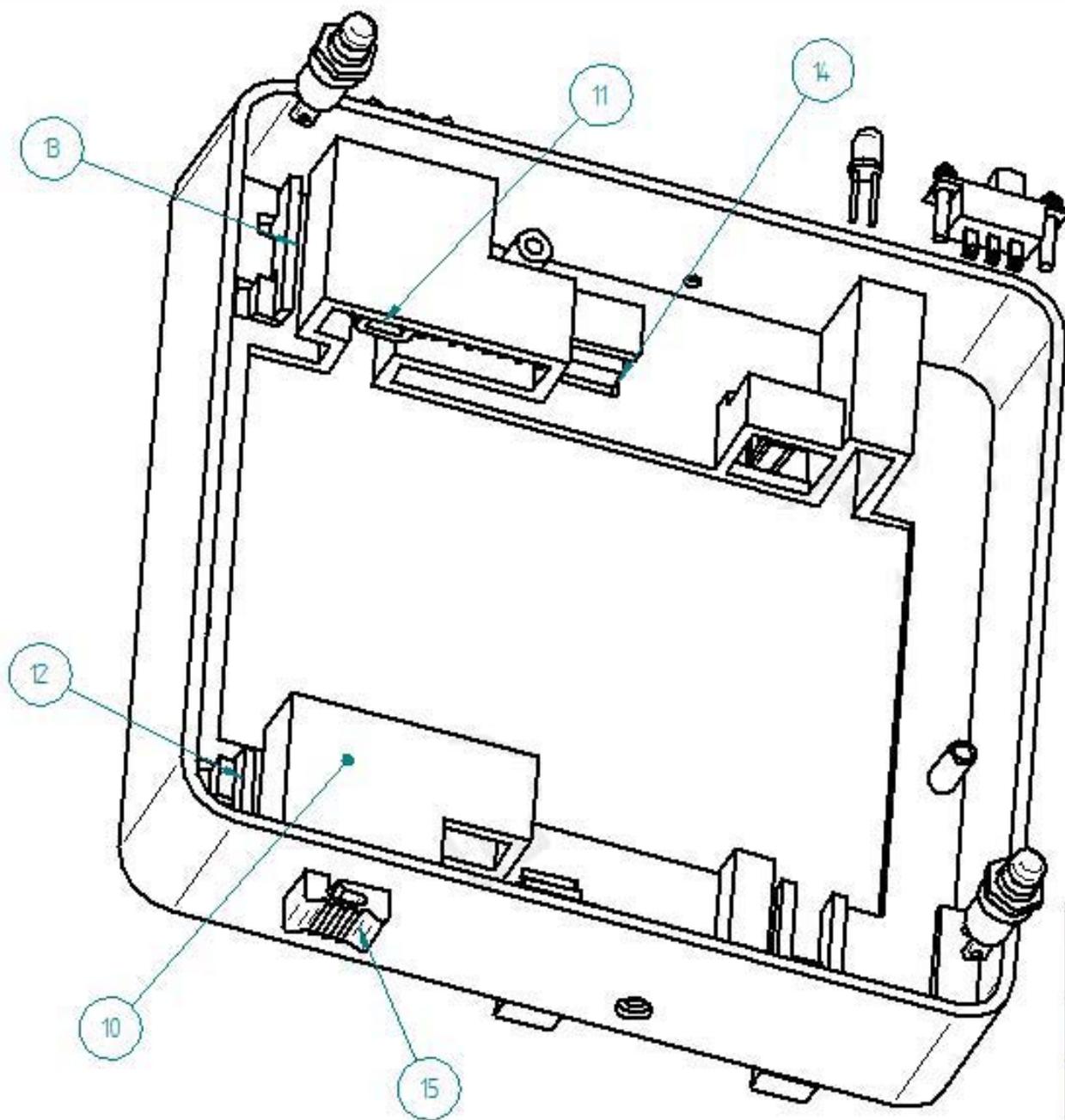


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Compuerta	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	Na. de plano MS-SD-QM
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 2:1	Fecha 20/Mayo/2011



Número	Clave	Título
1	M-T-CI	Caja inferior
3	M-T-RL	Rodillo loco
4	M-T-RT	Rodillo de la polea
5	M-T-PR	Polea del rodillo
6	M-T-CP	Eje alterno
7	M-T-PL	Placa del Rodillo
8	M-T-CH	Charola
9	M-T-PM	Polea del motor
16	M-P-PB	Porta baterías
17	M-P-TB	Tapa baterías

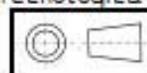
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica	
UNAM	
	
Dibujó Alan Gerson García Campos	Título Sistema transportar
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista	No. de plano E-T
Dimensiones mm	Fecha 20 / Mayo/2011



Número	Clave	Título
10	M-S-CL	Corredera Lateral L
11	M-S-CR	Corredera Lateral R
12	M-S-BTL	Botador L
13	M-S-BTR	Botador R
14	M-S-BL	Botador Lateral
15	M-S-CS	Sujetador Corredera

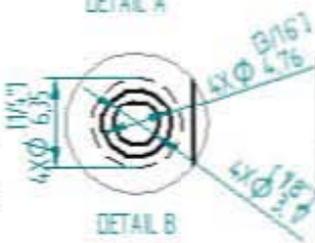
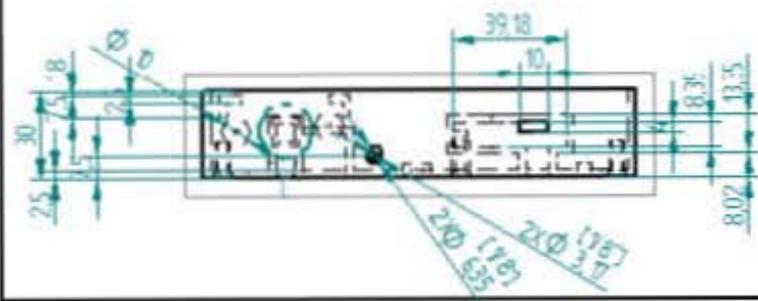
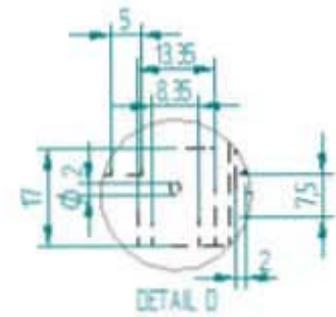
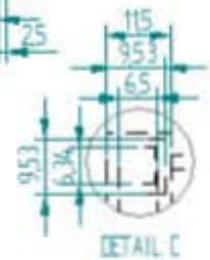
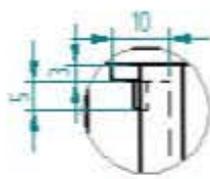
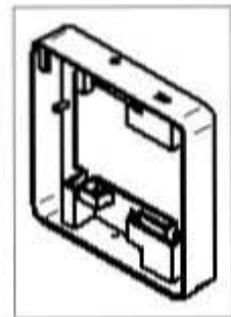
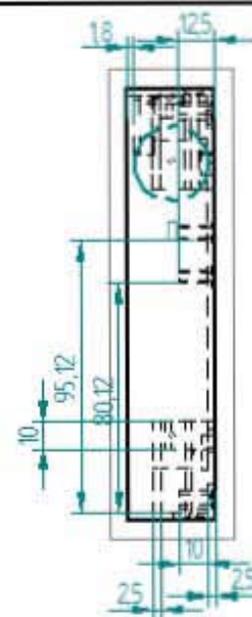
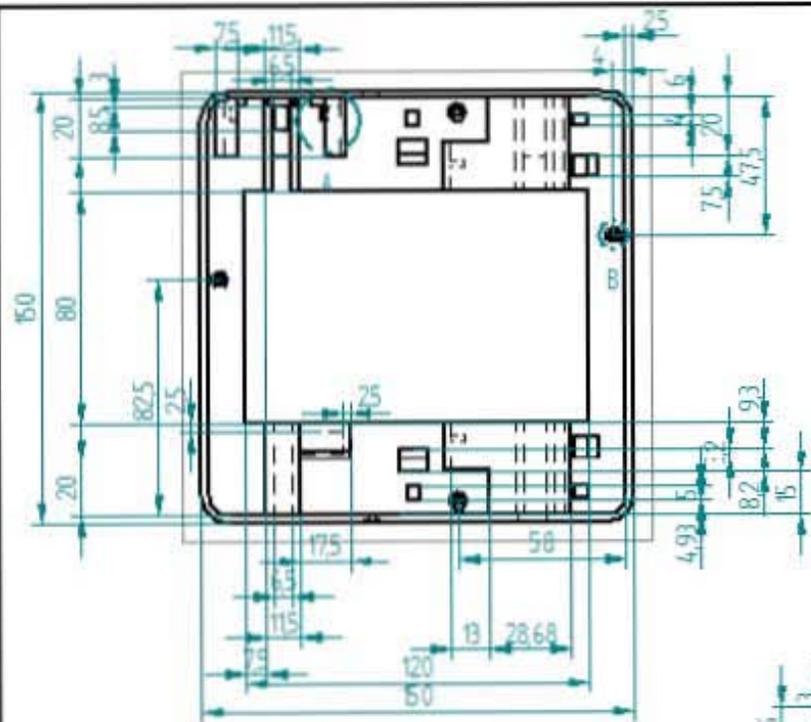
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM

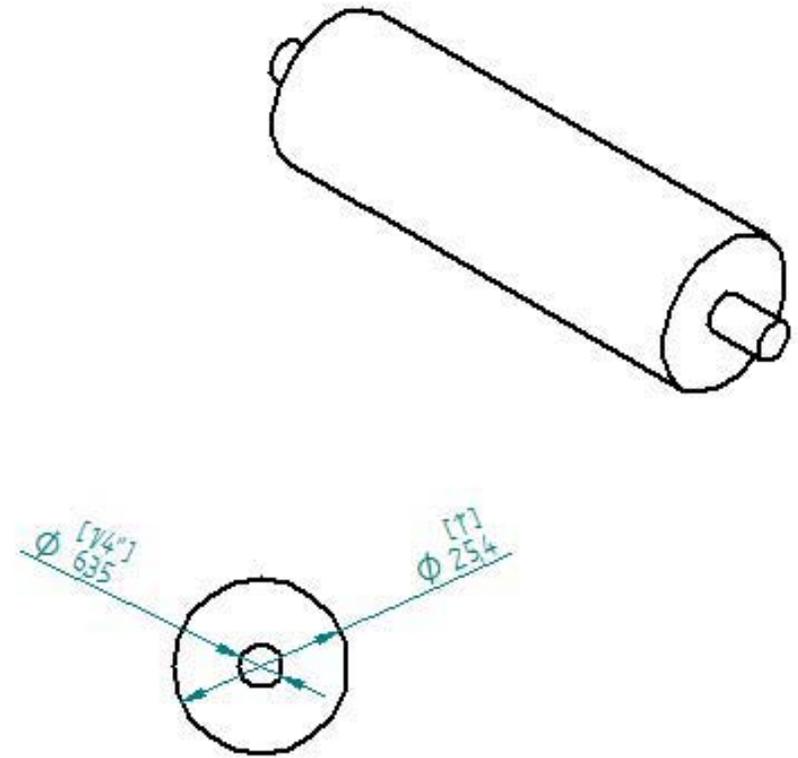


Dibujó Alan Gerson García Campos	Título Seguros y potencia
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista	No. de plano E-S
Dimensiones mm	Fecha 20 /Mayo/ 2011

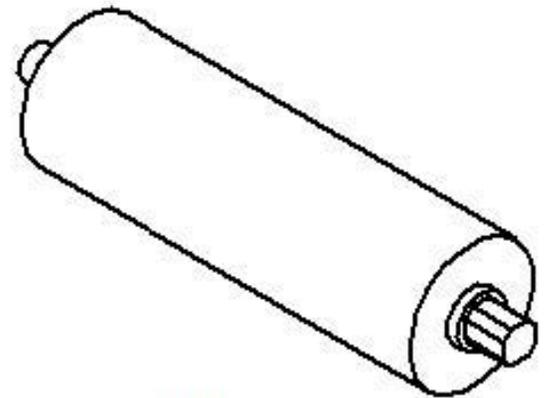
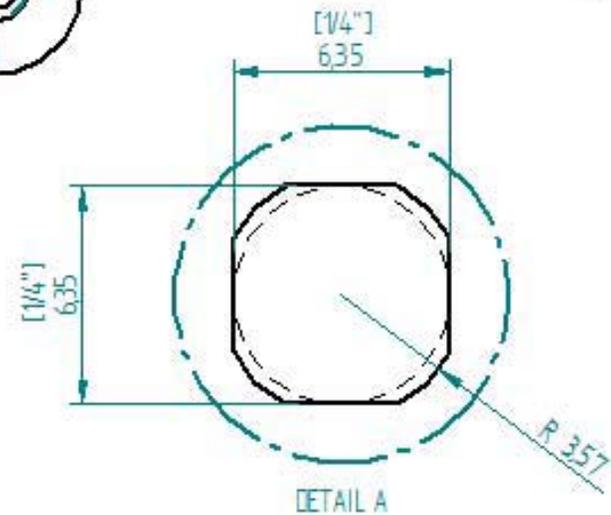
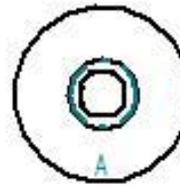
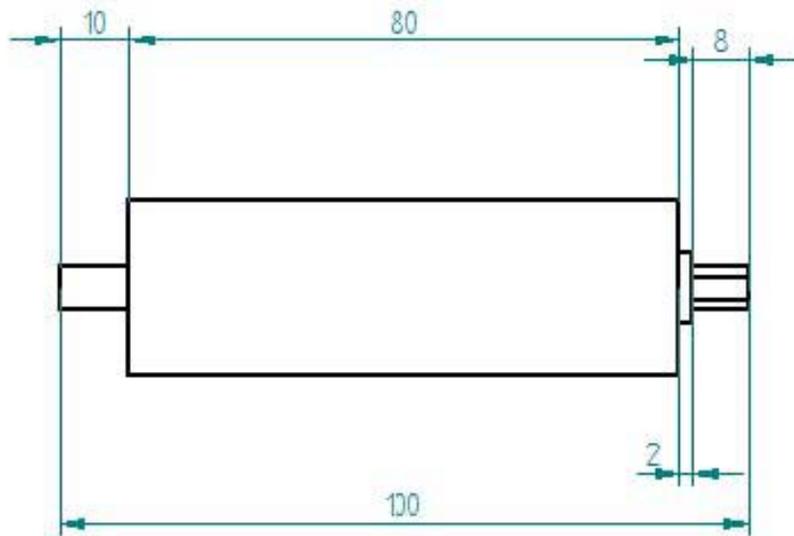




Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Caja superior	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.1	No. de plano MI-ST-CS
Materia. ABS	Dimensiones mm	Escala 1:1	Fecha 20/Mayo/ 2011

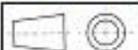


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Rodillo Loco	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-T-RL
Material NyLamid	Dimensiones mm	Escala 2 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

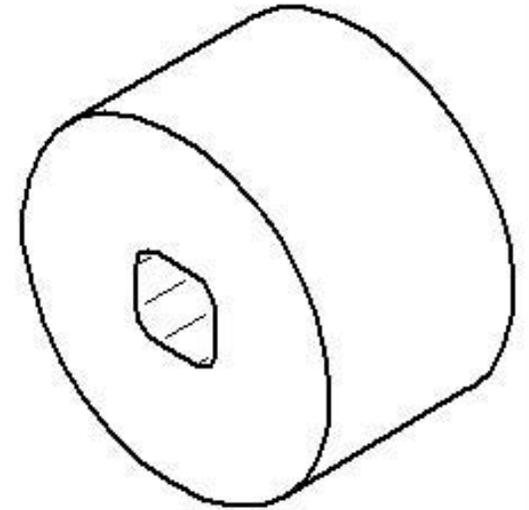
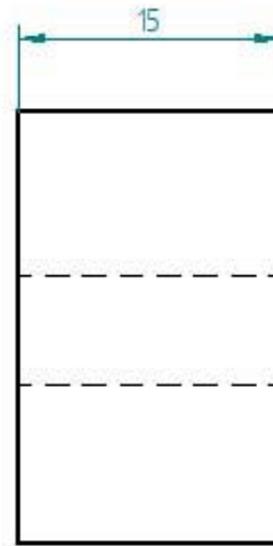
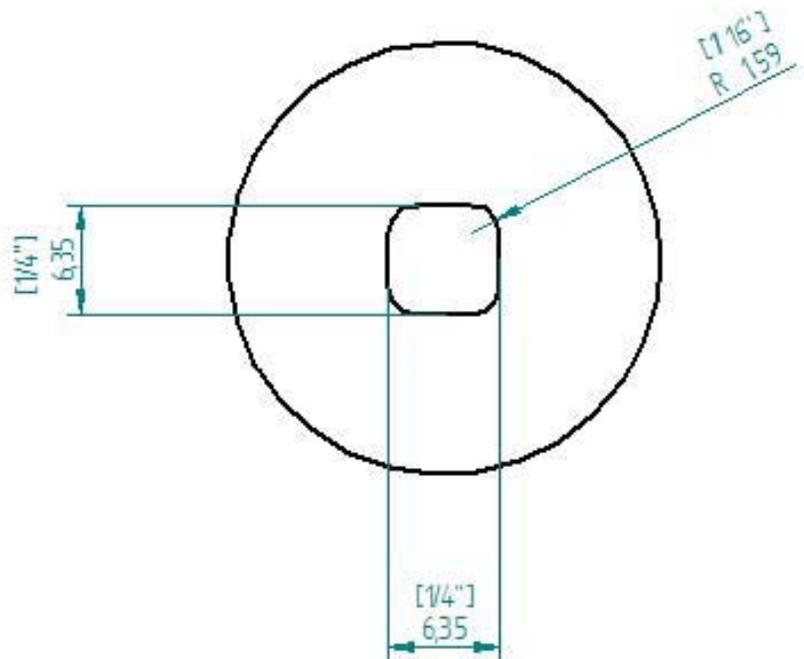


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

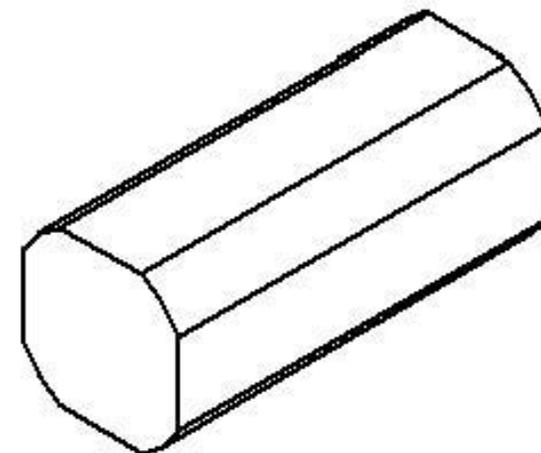
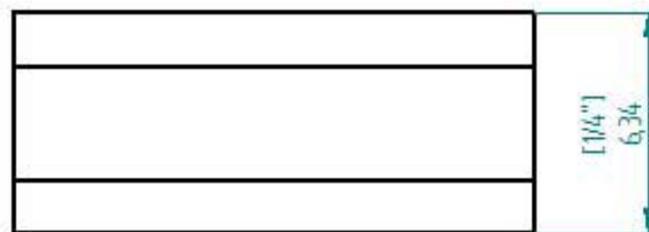
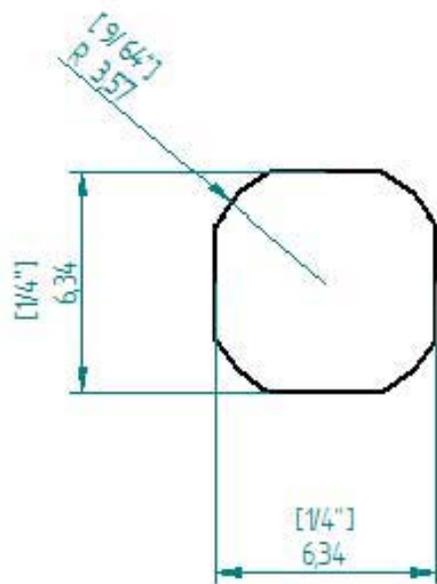
UNAM



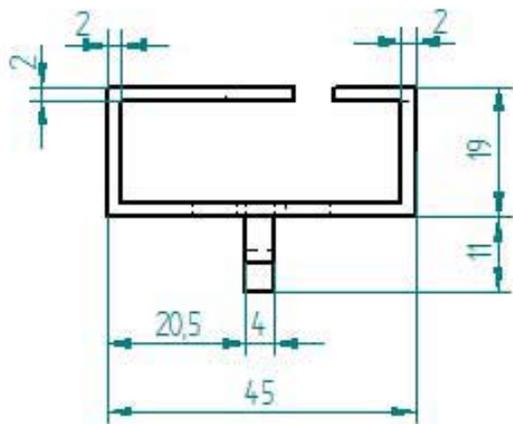
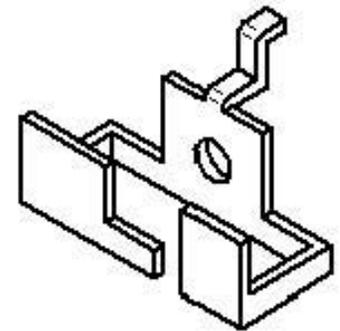
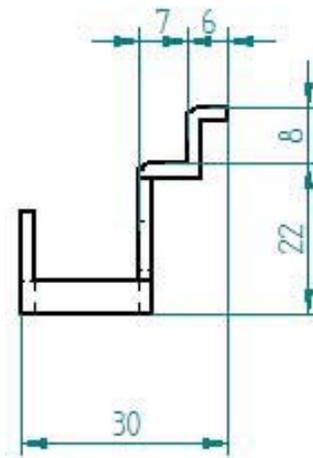
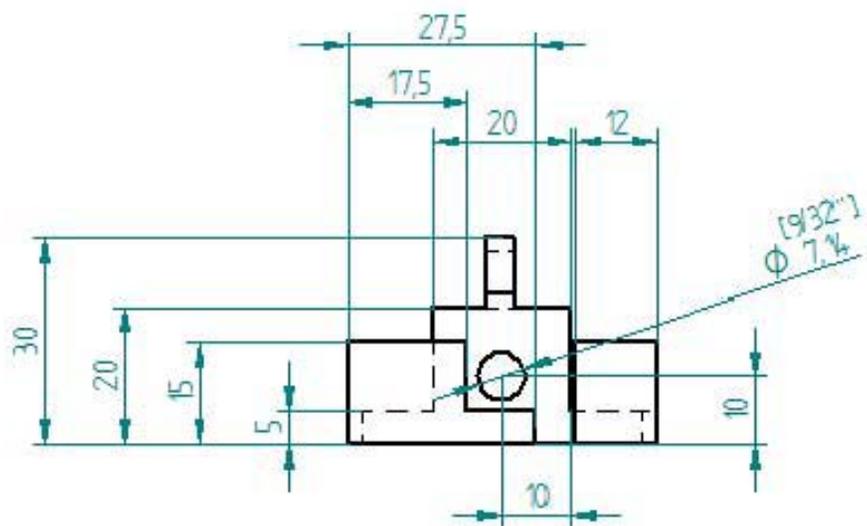
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Rodillo de la polea	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-T-RT
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 2 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Polea del rodillo	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-T-PR
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Eje alterno	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-T-CP
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 10 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

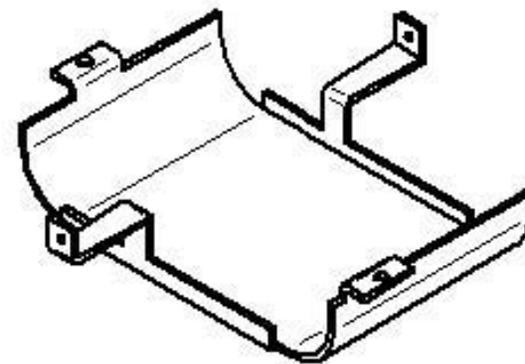
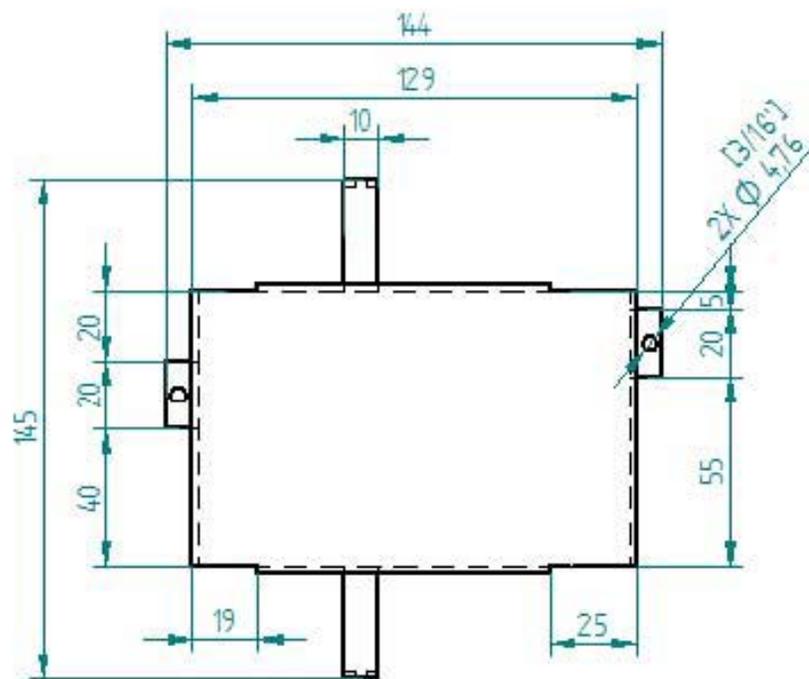
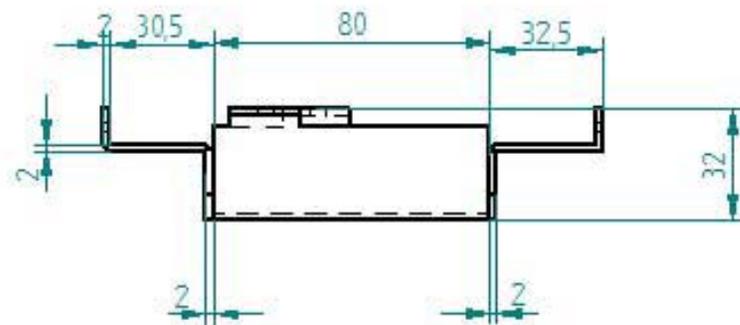
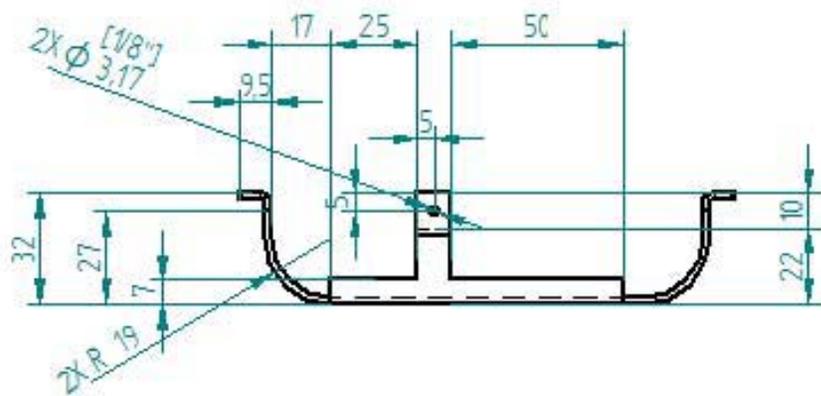


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Placa del rodillo	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.1$	No. de plano M-T-PL
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 2:1	Fecha 20/Mayo/2011

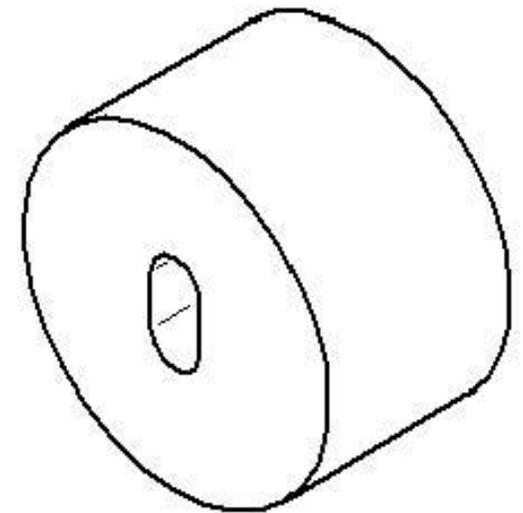
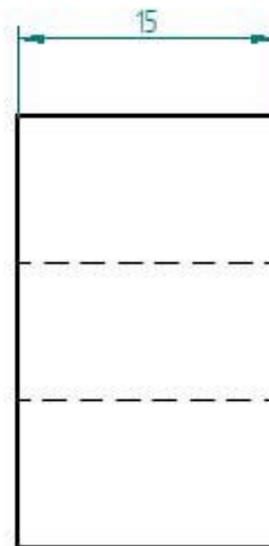
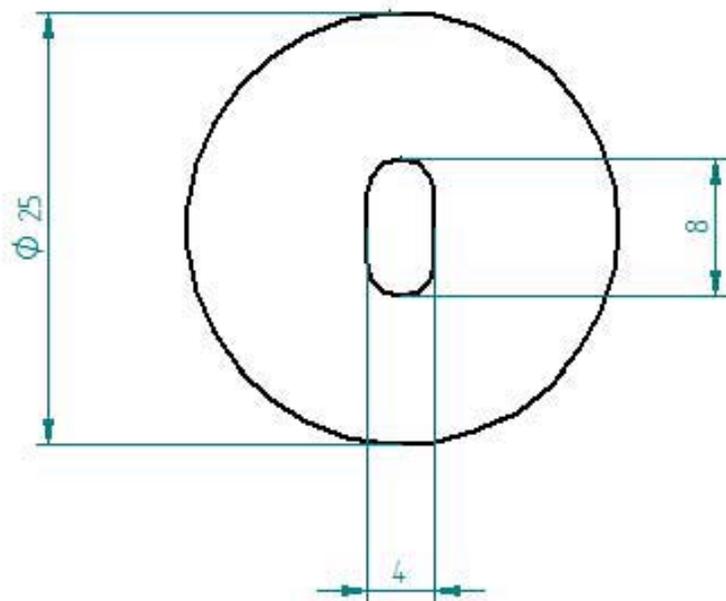


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Charola	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-T-CH
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 1: 1	Fecha 20 /Mayo/ 2011

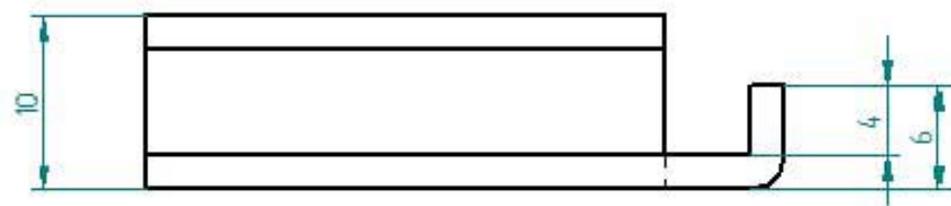
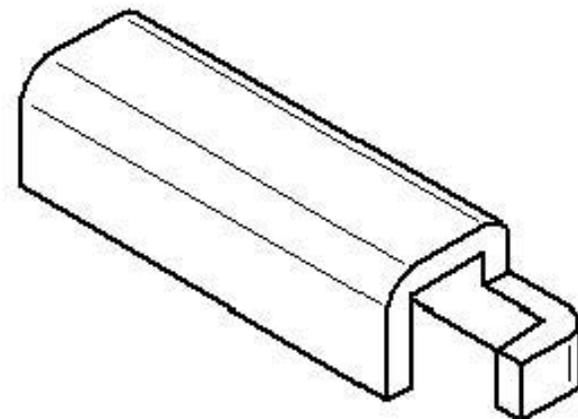
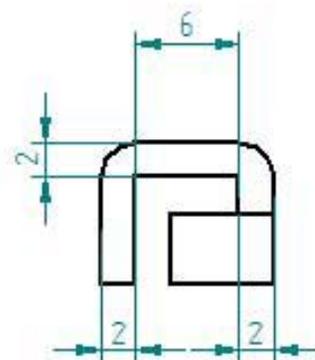


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

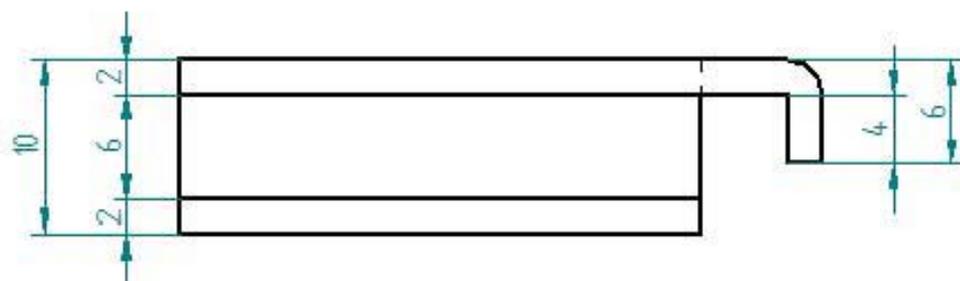
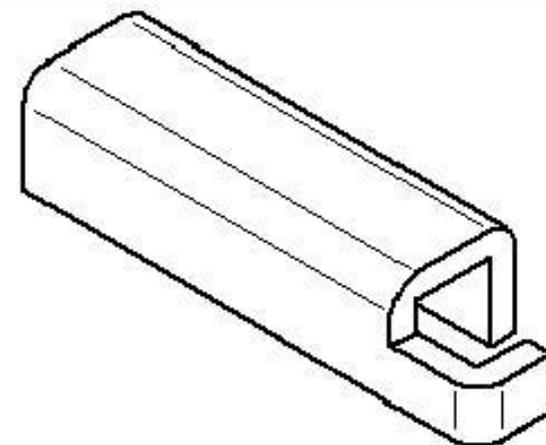
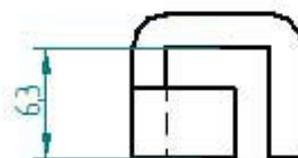
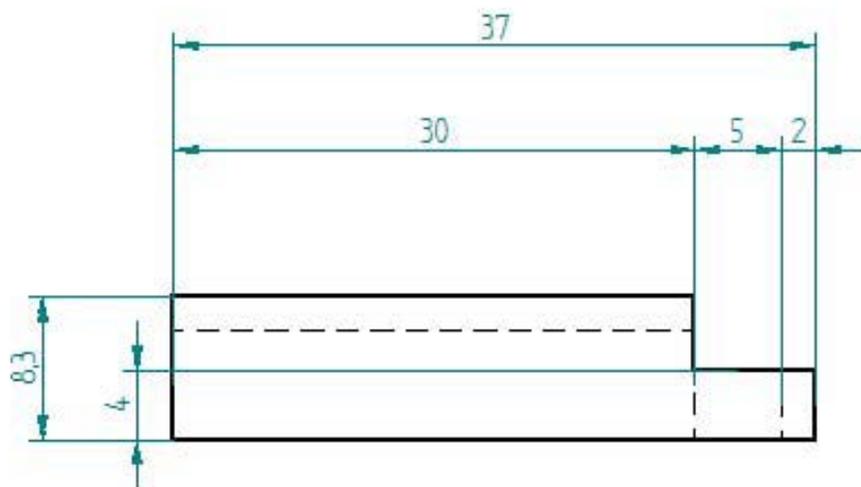
UNAM



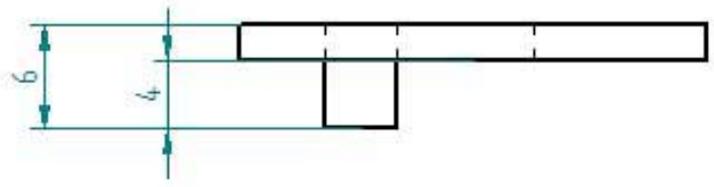
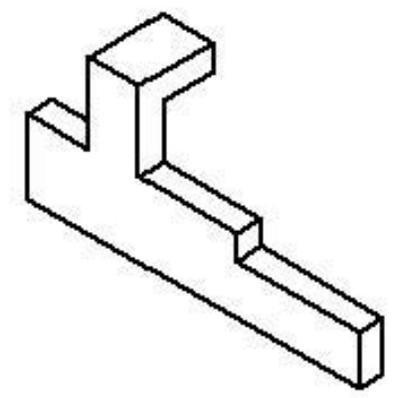
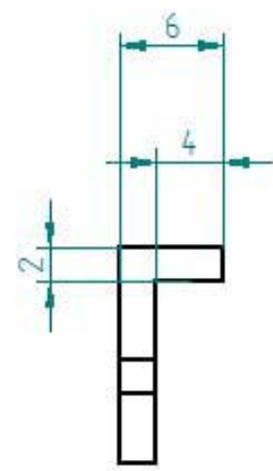
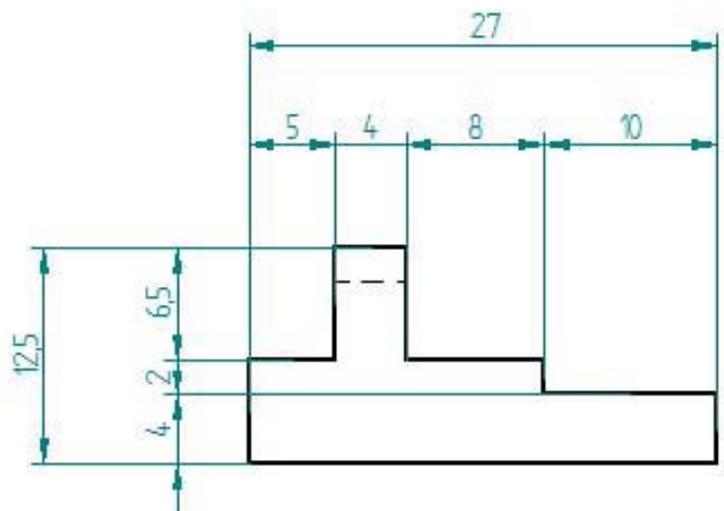
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Polea del motor	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-T-PL
Material Nylamid	Dimensiones mm	Escala 5:1	Fecha 20/Mayo/2011



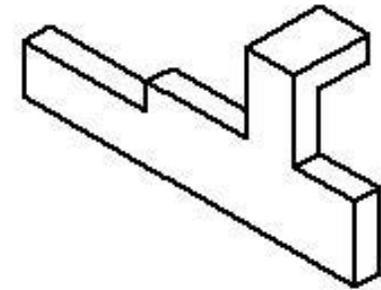
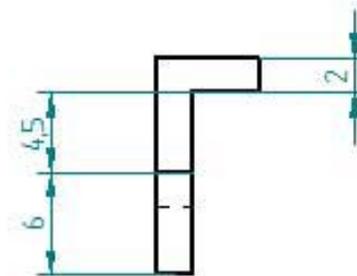
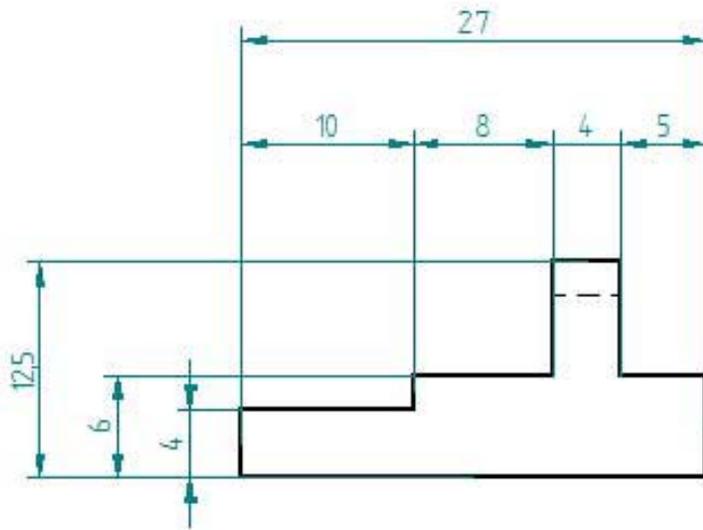
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Corredera Lateral L	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-S-CL
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 5:1	Fecha 20/Mayo/2011



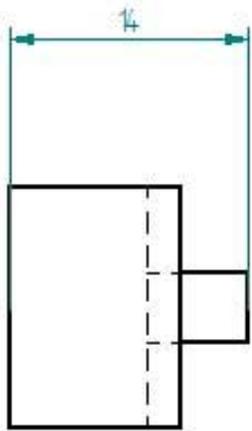
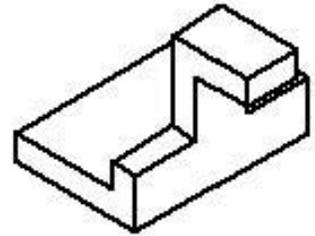
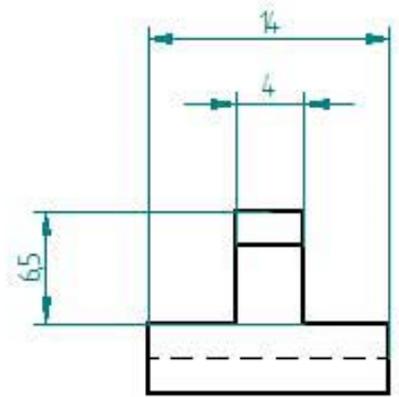
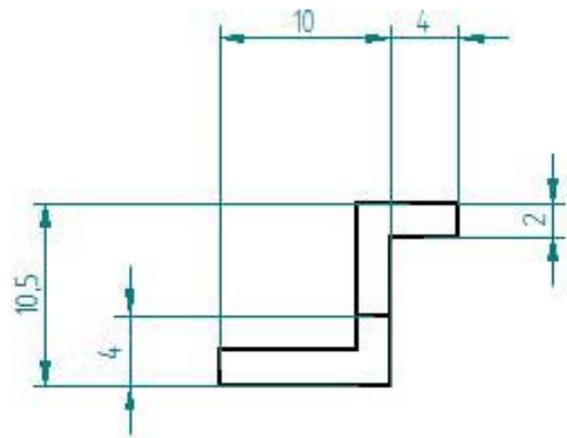
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Corredera Lateral R	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-S-IR
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Botador L	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-S-BTL
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Botador R.	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia $\pm 0.025$	No. de plano M-S-BTR
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

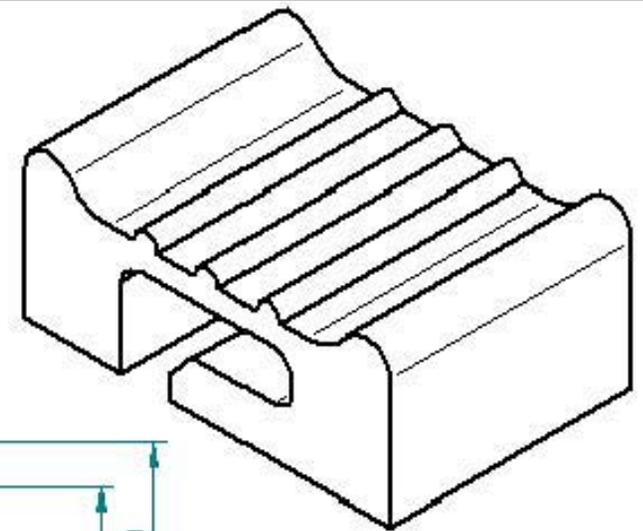
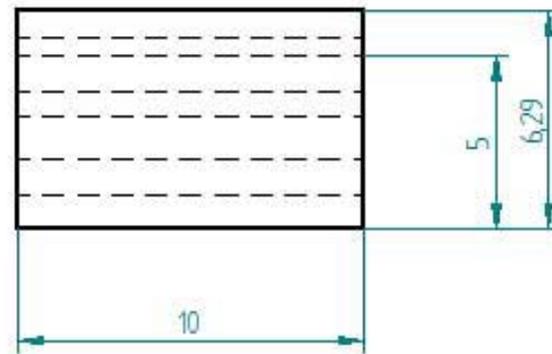
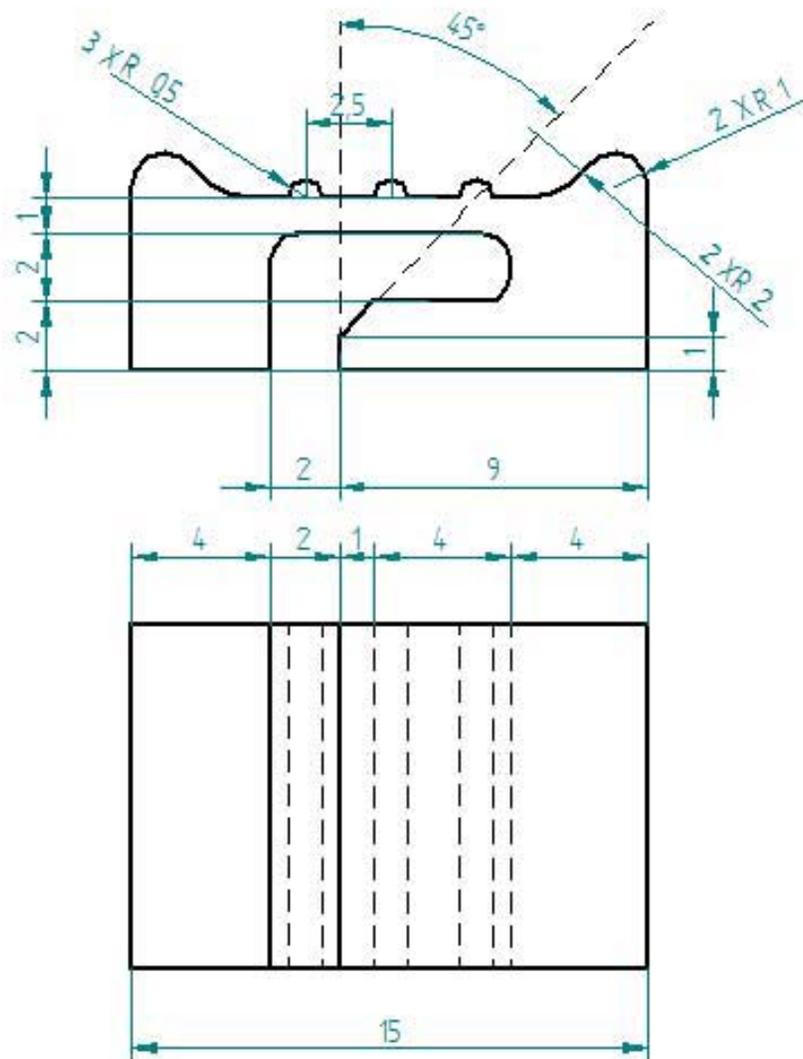


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Botador Lateral	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-S-BL
Material Lámina aluminio	Dimensiones mm	Escala 5 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

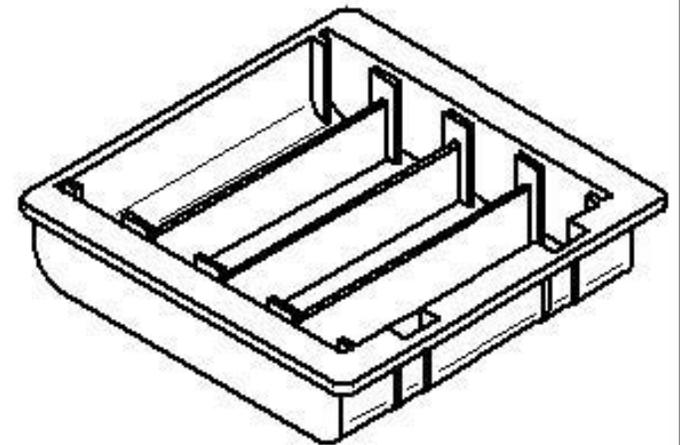
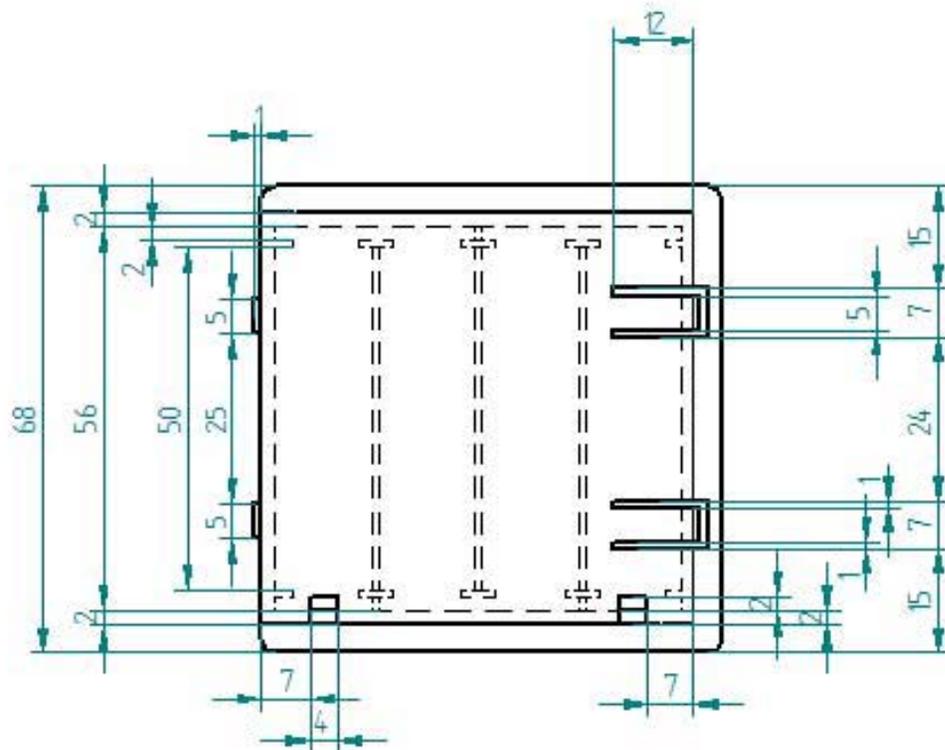
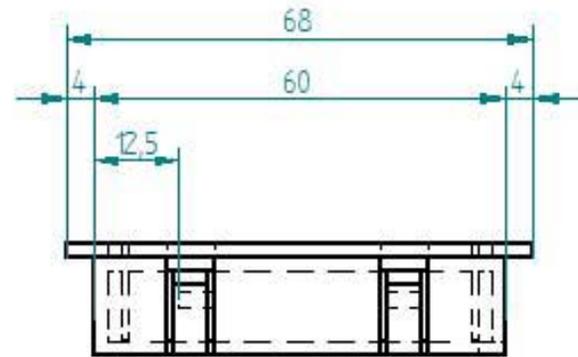
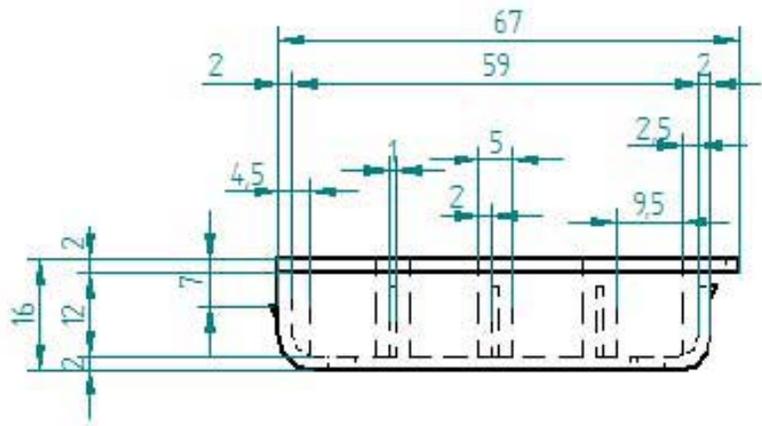


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Sujetador corredera	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-S-SC
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 10 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011

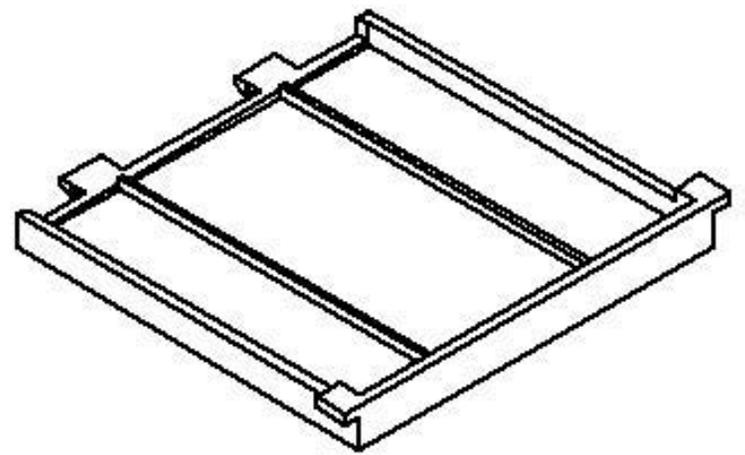
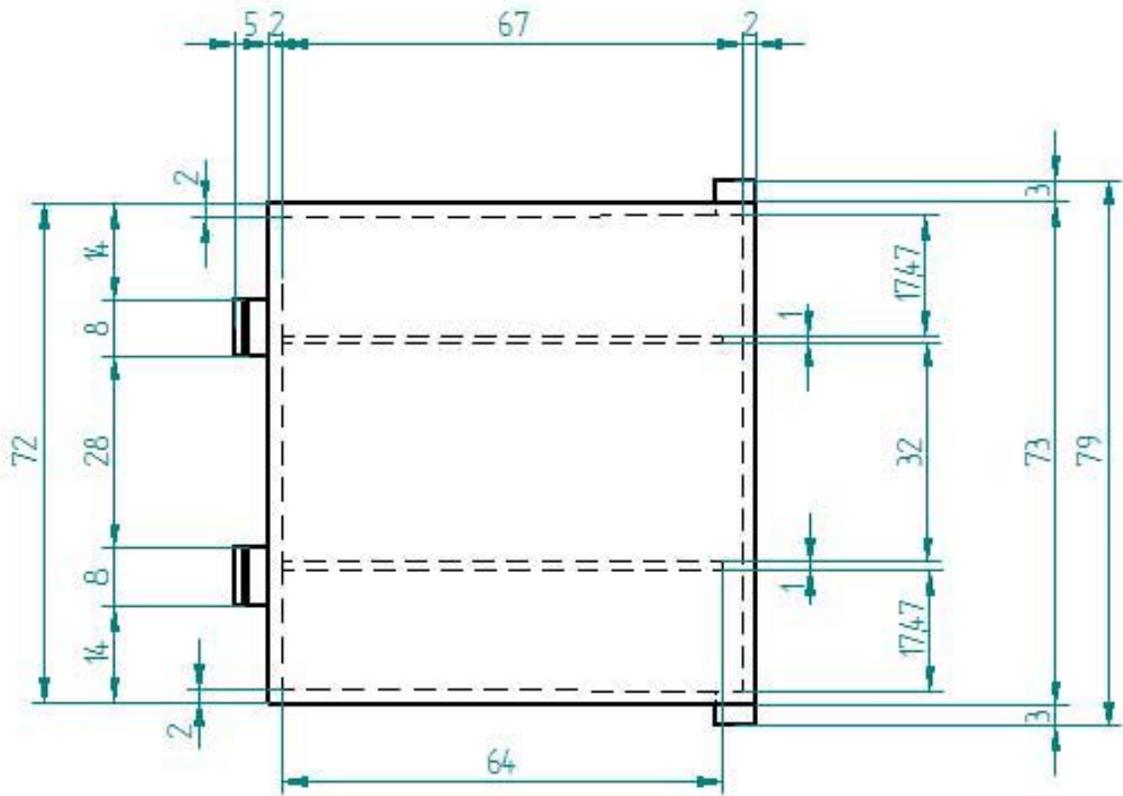
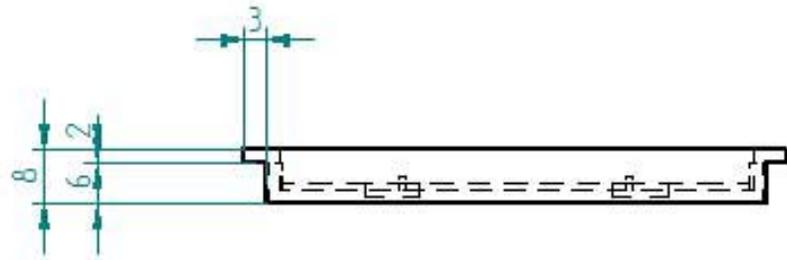
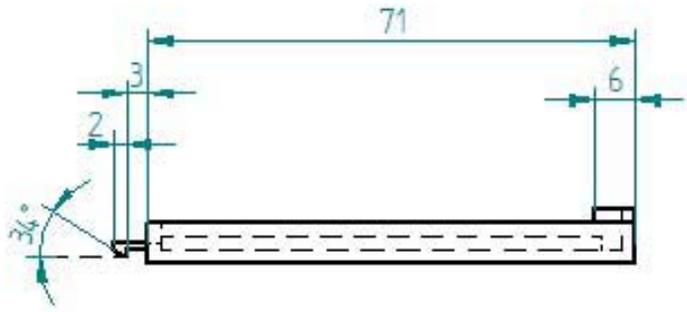


Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica

UNAM



Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Porta baterías	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-P-PB
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 2 : 1	Fecha 20 / Mayo / 2011



Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica			
UNAM			
Dibujó Alan Gerson García Campos		Título Tapa baterías	
Revisó Dr. Adrián Espinosa Bautista		Tolerancia ± 0.025	No. de plano M-P-TB
Material ABS	Dimensiones mm	Escala 2 : 1	Fecha 20 Mayo/ 2011

# **A2 Data sheets**

**MOTORREDUCTOR GORILLA1**

Clave: 238



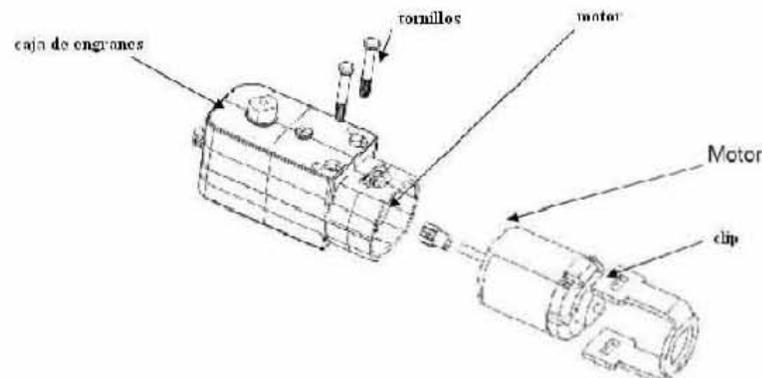
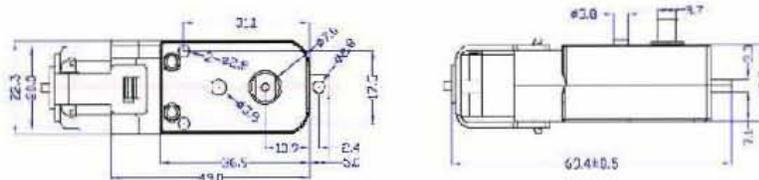
Excelente motor reductor para pequeños robots y proyectos en general, su bajo voltaje y poca corriente lo hacen el ideal para manejarlo con circuitos TTL y puentes H, este motor ahorrará mucha energía en tu batería.

**CARACTERISTICAS TECNICAS:**

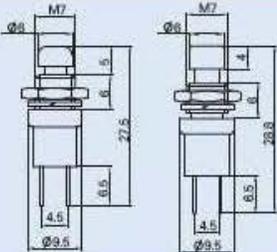
<b>Material:</b> Plástico (polipropileno)	<b>Torque:</b> 3 kgf*cm	<b>Voltaje:</b> 5V DC constantes entre terminales
<b>Eje:</b> Plástico (alto impacto) con orificio interior para tornillo	<b>Velocidad sin Carga:</b> 33± 10% rpm	<b>Relación de Reducción:</b> 1:220
<b>Dirección de Rotación:</b> bidireccional	<b>Temperatura de Operación:</b> -10°C ~ +60°C	<b>Corriente con Carga:</b> 0.7 A
<b>Caja de Engranajes:</b> Plástico	<b>Humedad Soportada:</b> 20% ~ 70%	<b>Corriente sin Carga:</b> 0.18 A Max.

PESO: 30 g

**RUIDO ELECTRICO** = En operación sin carga a una distancia de 100mm entre el micrófono y el motor se aplica la prueba de ruido eléctrico donde se encuentra que la caja de engranes tiene un ruido de 75 db y el ruido en el motor es de 50 dB máximo



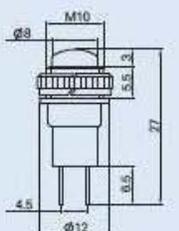
CS312 接通 OFF-(ON) 前装  
MS313 按断 ON-(OFF)

安装孔  $\phi 7.2$



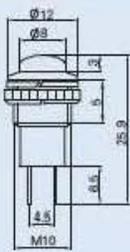
CS314 接通 OFF-(ON) 前装  
MS315 按断 ON-(OFF)

安装孔  $\phi 10.2$



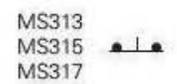
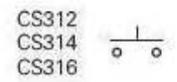
CS316 接通 OFF-(ON)  
MS317 按断 ON-(OFF)

安装孔  $\phi 10.2$



电路图



额定电压: 250VAC  
额定电流: 0.5A

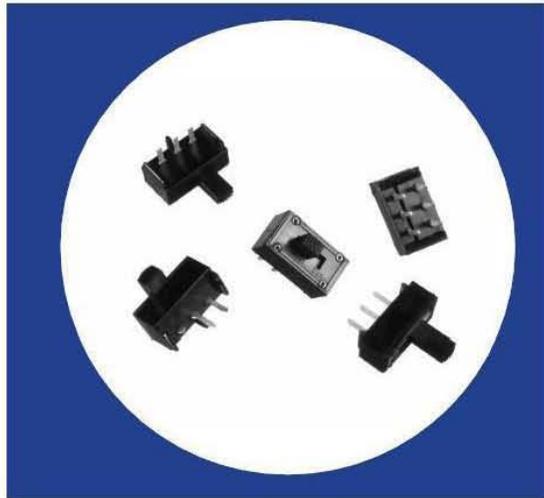


# Series 065 Data Sheet Slide Switch

## Miniature Slide Switches

### Features

- UL and CSA approved for SPST and SPDT functions  
UL file E10412
- Insulated case, UL grade 94V-2 fire retardant housing
- Dust-proof construction
- Metal to metal wiping contacts
- Withstands flow soldering without deformation
- High performance, low cost design
- RoHS Compliant



### Electrical and Mechanical Specifications

#### Switch Function

- Single pole single throw
- Single pole double throw
- Double pole single throw (top actuated only)
- Double pole double throw (top actuated only)

#### Current Rating

- 1 Amp @ 24 VDC
- 1 Amp @ 125 VAC

#### Switch Contact Resistance

- 15 milliohms maximum initial
- 30 milliohms (typical) after life

#### Insulation Resistance

- 100 megohms minimum

#### Dielectric Strength

- 1,000 VAC (60Hz) for 1 minute

#### Switch Electrical Life

- 20,000 cycles min. @ 1 Amp, 24 VDC full load
- 6,000 cycles min. @ 1 Amp, 125 VAC full load

#### Temperature

- Operating: 0°C to +70°C
- Storage: -25°C to +125°C

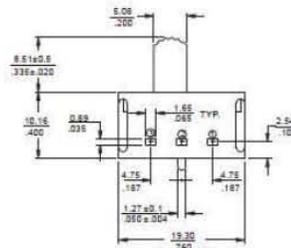
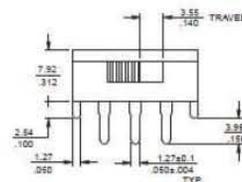
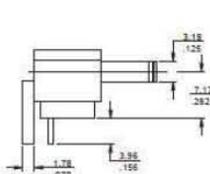
#### Operating Force

- SPST/ SPDT/ DPST:  
220 gf - 500 gf (7.7 oz - 17.5 oz)
- DPDT:  
220 gf - 600 gf (7.7 oz - 21 oz)

#### Materials

- Housing and Actuator - Black nylon 6/6 UL 94V-2
- Contactors - Silver plated phosphor bronze
- Terminal - Silver plated brass

### 065S Side Actuated



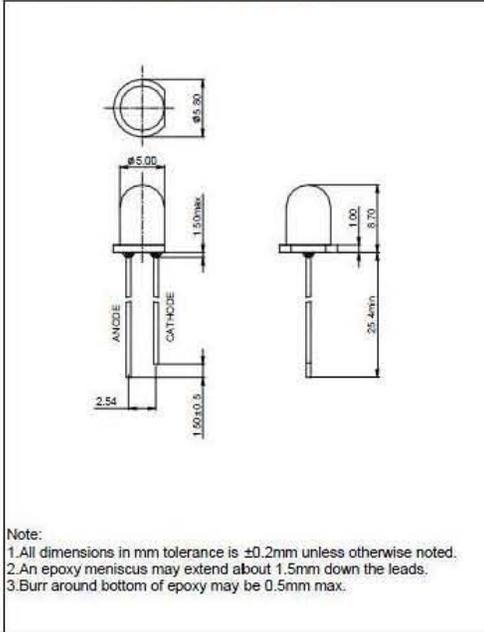
MODEL NO	SWITCH FUNCTION				REMARK
	POS1		POS2		
065S SPST	ON	① - ②	OFF	① - ②	Only equips terminal 1, 2.
065S SPDT	ON	① - ②	ON	② - ③	

DIMENSION:  $\frac{\text{mm}}{\text{INCH}}$

**O5 Round Type**

Model No: ZL-504G0CA10

**Dimension Drawing**



**Applications:**

- Toys
- Lighting Switches
- Automotive
- Commercial Outdoor Advertising
- Front Panel Indicator

**Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)**

Items	Symbol	Absolute maximum Rating	Unit
Forward Current( DC )	I <sub>F</sub>	25	mA
Peak Forward Current*	I <sub>FP</sub>	100	mA
Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	5	V
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	120	mW
Operation Temperature	T <sub>opr</sub>	-30 ~ +85	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-30 ~ +80	°C
Lead Soldering Temperature	T <sub>sol</sub>	Max.260°C for 3 sec Max. (3mm from the base of the epoxy bulb)	

\*pulse width ≤0.1msec duty ≤1/10

**Typical Electrical & Optical Characteristics ( Ta = 25°C)**

Items	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>F</sub> = 20mA	2.8	---	4.0	V
Reverse Current	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub> = 5V	---	---	10	μA
Dominant Wavelength	λ <sub>D</sub>	I <sub>F</sub> = 20mA	514	---	520	nm
Luminous Intensity	I <sub>V</sub>	I <sub>F</sub> = 20mA	4000	---	7000	mcd
50% Power Angle	2θ <sub>1/2</sub>	I <sub>F</sub> = 20mA	---	30°	---	deg

**Ranks Combination (IF = 20mA)**

Rank	0H	0J	---	---	---
Dominant Wavelength (nm)	514-517	517-520	---	---	---
Rank	0T	0U			
Luminous Intensity (mcd)	4000-5000	5000-7000			
Rank	0F	0G	0H	0J	
Forward Voltage(V)	2.8-3.0	3.0-3.2	3.2-3.4	3.4-3.6	

**Important Notes:**

- 1) Tolerance of measurement of luminous intensity is ±15%.
- 2) Tolerance of measurement of dominant wavelength is ±1nm.
- 3) Tolerance of measurement of forward voltage is ±0.05 V.
- 4) Pb content < 1000PPM.

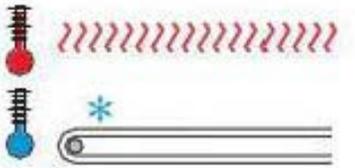
## Características y ventajas de las bandas con revestimiento TPU

Cada material o compuesto de revestimiento, así como el diseño y el tipo del material de la superficie de la banda, tienen sus propias características inherentes e influyen en la aplicación como banda de transporte o de proceso.

Para seleccionar el material de revestimiento más apropiado, consulte las «características y ventajas» de cada grupo de materiales en las siguientes páginas.

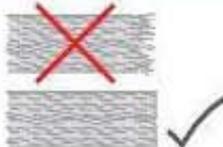
### Bandas con revestimiento de TPU

Las bandas con revestimiento de TPU combinan excelentes propiedades para un proceso de producción de alimentos higiénico y fiable. Bandas con revestimiento de TPU para aplicaciones muy exigentes como las que utilizan pequeñas poleas y zonas estrechas de transferencia, amplias gamas de temperatura y aplicaciones que requieren superficies resistentes al corte y a la abrasión.

	Características	Ventajas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies de banda de TPU tratadas en calandria</li> <li>• Disponible con revestimiento en la cara trasera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Superficie más cerrada y homogénea</li> <li>→ Reducción de la suciedad en la superficie de la banda</li> <li>→ Buenas propiedades de liberación</li> <li>→ Fácil limpieza</li> <li>→ Mayor higiene</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a aceites y grasas</li> <li>• Muy buena resistencia a las sustancias químicas</li> <li>• Buena resistencia a la abrasión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sin daños ni cambios en la superficie</li> <li>→ Transporte fiable / constante</li> <li>→ Banda de larga vida</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena resistencia a la temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aptas para temperaturas de hasta 100 °C</li> <li>→ Pueden funcionar en ambientes de alta o baja temperatura sin cambio en las características</li> <li>→ Fiabilidad de proceso</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad longitudinal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Las bandas pueden funcionar con poleas de pequeño diámetro (barras frontales), diseño compacto</li> <li>→ Transferencia de producto suave y sin averías</li> <li>→ Bajo consumo de energía</li> </ul>

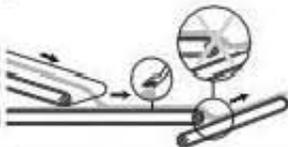
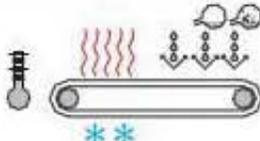
## Bandas frayless o non-fray – Bandas con revestimiento de silicona y de PVC HySAN®

### Bandas de TPU frayless o non-fray (Charles Walker)

	Características	Ventajas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor resistencia de los bordes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Menor deshilachamiento del tejido de la banda</li> <li>→ Reducción del riesgo de contaminación del producto por deshilachamiento de los bordes (fibras de la capa de tracción)</li> <li>→ Larga vida útil de la banda</li> </ul>

### Bandas con revestimiento de silicona

Las bandas con revestimiento de silicona están expresamente destinadas a la manipulación de productos pegajosos.

	Características	Ventajas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibles con superficies adhesivas y no adhesivas</li> <li>• SI – Revestimiento de silicona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alineación y arrastre precisos</li> <li>→ Carga y descarga fiables</li> <li>→ Sin adherencias a la banda</li> <li>→ Excelente liberación</li> <li>→ Manipulación del producto eficiente y sana</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agarre y liberación efectivos de productos pegajosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Agarre efectivo y fiable</li> <li>→ Flujo constante del material</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a temperaturas elevadas y a las sustancias químicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Funcionamiento sin averías</li> </ul>

**Bandas con revestimiento de TPU frayless y non-fray (no se deshilacha)**

Código de producto/banda	Construcción del producto/diseño				Datos técnicos									
	Lado de transporte				Grosor		Radio del canto vivo		Diám. de la polea mínimo		Temperatura de funcionamiento			
	Material	Superficie	Propiedad	Color	[mm]	[in]	[mm]	[in]	[mm]	[in]	max °C	min °C	max °F	min °F
TT12 Frayless	TPU	Suave/plano	Med. adhes.	Blanco	1.3	0.05	6	0.24	12	0.5	100	-20	212	-4
TT12 Matt Blue Frayless	TPU	Estera	No adhesivo	Azul cobalto	1.3	0.05	6	0.24	12	0.5	100	-20	212	-4
TT12/AS Matt White Frayless	TPU	Estera	No adhesivo	Blanco	1.3	0.05	6	0.24	12	0.5	100	-20	212	-4
TT12/U Emb Frayless	TPU	Patrón cuadro	Adhesivo	Blanco	1.5	0.06	6	0.24	12	0.5	80	-30	176	-22
TT12/U Frayless	TPU	Suave/plano	Adhesivo	Blanco	1.3	0.05	6	0.24	12	0.5	80	-30	176	-22
TT122	TPU	Suave/plano	Med. adhes.	Blanco	1.5	0.06	13	0.51	25	1	100	-20	212	-4
T131/U Matt Non Fray	TPU	Estera	Med. adhes.	Blanco	1.5	0.06	5	0.2	10	0.4	80	-30	176	-22
T154/U Non Fray	TPU	Suave/plano	Med. adhes.	Blanco	1.1	0.04	2.5	0.1	10	0.4	80	-30	176	-22
TT173/U Non Fray	TPU	Suave/plano	Med. adhes.	Blanco	2.2	0.09	5	0.2	10	0.4	80	-30	176	-22
TT225	TPU	Estera	No adhesivo	Blanco	2	0.08	15	0.59	30	1.2	100	-20	212	-4
4T12 Frayless	TPU	Suave/plano	No adhesivo	Blanco	3	0.12	NA	NA	125	4.9	100	-20	212	-4

## Tres conceptos de correas – tome la elección correcta

Habasis ha desarrollado la gama de correas de transmisión HabaDRIVE® para que pueda elegir la correa que más se adapte a su aplicación específica.

A continuación, se muestra una visión general de los tres materiales de la capa de tracción utilizados en los diferentes conceptos de correas:

	<b>Poliéster</b> correas de transmisión		<b>Poliamida</b> correas de transmisión		<b>Aramida</b> correas de transmisión
	<b>La correa versátil</b>		<b>La correa eficiente</b>		<b>La correa sofisticada</b>
	Extraordinaria relación calidad-precio  Las preferidas por los fabricantes de máquinas y usuarios finales en todo el mundo		Conocida por su fiabilidad y por su larga vida útil  Robusta y con una elevada elasticidad, puede hacer frente a sobrecargas intermitentes y a altas temperaturas (hasta 100 °C)		La mejor elección para las correas largas. Bobina receptora pequeña y elevada precisión para números de revoluciones (rpm)
	<b>TC-</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo consumo de energía</li><li>• Alta flexibilidad</li><li>• Fáciles de empalmar</li><li>• Rendimiento fiable</li></ul>	<b>TCF-xxEL</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo consumo de energía</li><li>• Los surcos permiten un buen agarre</li><li>• Alta flexibilidad</li><li>• Fácil empalme</li></ul>	<b>S-</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elástica</li><li>• Resistente a los golpes</li></ul>	<b>A-</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elástica</li><li>• Resistente a los golpes</li><li>• Los surcos permiten un buen agarre</li></ul>	<b>TF-</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo consumo de energía</li><li>• Alta flexibilidad</li><li>• Fácil empalme</li><li>• Elevado módulo E</li></ul>
<b>Aplicación como/para</b>					
Accionamiento tangencial	●	-	●	-	●
Accion. de poleas múltiple	●	●	●	●	●
Accionamiento de rodillos	●	-	●	-	●
Transmisión de doble cara	●	-	●	-	●
<b>Diseño y materiales</b>	p.ej.: TC-55ER 	p.ej.: TCF-20EL 	p.ej.: S-250H 	p.ej.: A2 	p.ej.: TF-50 
Capa de fricción (material)	Goma NBR	Goma NBR o Hamid para TCF-xxEL	Goma NBR	Goma NBR	Goma NBR
Capa de tracción (material)	Poliéster		Poliamida		Aramida
Capa del reverso (material)	Goma NBR	Hamid	Goma NBR	Goma NBR (cubierta protectora)	Goma NBR
Temperatura de funcionamiento admisible (continua)	-20°C / 70°C		-20°C / 100°C		-20°C / 65°C
Sistema de fabricación/empalme	Flexproof (sin adhesivo)		Thermofix		Flexproof (sin adhesivo)

	<b>Poliéster</b> correas de transmisión	<b>Poliamida</b> correas de transmisión <sup>11</sup>	<b>Aramida</b> correas de transmisión	
	<b>TC- TCF-xxEL</b>	<b>S- A-</b>	<b>TF-</b>	
<b>Ventajas</b>				<b>Motivos</b>
<b>Bajo consumo de energía</b>	●●●	●●	●●●	- Elevada flexibilidad de las correas
<b>Elástica y resistente a los golpes</b>	●●	●●●	●	- Propiedades de la capa de tracción
<b>Adecuada para un diseño de máquina compacto y diámetros de polea pequeños</b>	●●●	●	●●●	- Elevada flexibilidad de las correas
<b>Recomendada para bobinas muy pequeñas y precisión de rpm</b>	●●	●	●●●	- Elevado módulo de elasticidad
<b>Resistencia a la temperatura</b>	●●	●●●	●●	- Concepto de correa
<b>Método de empalme sin adhesivo</b>	●●●	○	●●●	- Concepto de correa
<b>Mínima carga sobre los rodamientos, mayor vida útil</b>	●●●	●●	●●●	- Poca vibración de la correa gracias a un sistema de empalme homogéneo (Flexproof)

**Clave**

- = excelente
- = bueno
- = suficiente
- = no aplicable

**Leyenda**

- <sup>11</sup> dimensionalmente sensible a los cambios de humedad ambiental

Grupo de correa	Código de correa	Transmisión de doble cara, accionamientos tangenciales	Transmisión de una cara	Grosor [mm]	Diámetro mínimo de la polea con contraflexión [mm]	Fuerza de tracción para un 1% alargamiento por unidad de ancho [N/mm] ( $k_{1\%}$ después del rodaje)	Fuerza periférica nominal por unidad de ancho [N/mm]		
<b>Poliéster</b> correas de transmisión	<b>TC-</b>	TC-10EF	●	●	1,8	25	5	10	
		TC-20EF	●	●	2,0	25	10	21	
		TC-20/25EF	●	●	2,5	50	11	23	
		TC-35ER	●	●	2,5	50	18	38	
		TC-35/30ER	●	●	3,0	50	18	38	
		TC-35/35ER	●	●	3,5	70	18	38	
	<b>TCF-</b>	TC-55ER	●	●	3,0	70	25	53	
		TCF-20EL	○	●	2,6	80	10	21	
		TCF-35EL	○	●	3,0	100	18	38	
		TCF-55EL	○	●	3,5	150	25	53	
		TCF-20H	●	●	1,5	25	10	20	
	TCF-50H	●	●	2,0	60	24	48		
	<b>Poliamida</b> correas de transmisión	<b>S-</b>	S-10/15	●	●	1,5	40	4.4	12
S-18/20			●	●	2,0	63	8	22	
S-18/30			●	●	3,0	63	8	22	
S-33/40			●	●	4,0	125	13	37	
S-33/50			●	●	5,0	125	13	37	
S-140H			●	●	1,7	40	4.8	13	
S-141H			●	●	2,3	40	4.8	13	
S-250H			●	●	2,3	100	11	29	
S-250HR			●	●	2,6	100	11	29	
S-251H			●	●	3,0	100	11	29	
S-321H			●	●	3,2	132	13	35	
S-390H			●	●	3,2	160	14	38	
S-391H			●	●	4,0	160	14	38	
<b>A-</b>			A-2	○	●	2,7	56	7.5	22
		A-3	○	●	3,4	125	12	36	
		A-4	○	●	5,0	280	21	63	
		A-5	○	●	6,8	450	30	92	
		<b>Aramida</b> correas de transmisión	<b>TF-</b>	TF-10	●	●	1,7	25	10
TF-15				●	●	2,0	32	15	15
TF-15H	●			●	1,5	32	15	15	
TF-22	●			●	2,4	63	22	22	
TF-33	●			●	3,0	90	33	33	
TF-50	●			●	3,9	140	50	50	
TF-75TE	○			●	4,4	200	70	70	

**Clave**

- = Sí
- = No

# **A3 Código fuente**



```

#include <16f630.h>          //se establece con que pic se trabaja
#fuses XT,PUT
#use delay(clock=8000000)   //se indica la velocidad de trabajo
//////////////////////////////////*****//////////////////////////////////
int1 key=False, key2=false, key3=false; //se declaran las banderas
int cuenta=0, seguro=0, i=0;      //se declaran las variables de conteo
//////////////////////////////////*****//////////////////////////////////
#INT_EXT
void ext_isr(){              //se atiende a la interrupción externa
    key=True;               //se levanta la bandera 1 en caso de que se apriete un botón
}

void operacion(){
    while(key==False){      //se asegura que los botones no están accionados
        if(seguro>=20)
            key2=true;      //se levanta la segunda bandera
        while(key==false && key2==true){ //entra ciclo de trabajo si no haya señal de los botones
            if(cuenta<=175){ //condición de conteo para la primera etapa
                output_high(pin_C2); //se acciona solo el motor de la banda
                output_low(pin_C1);
            }
            if(cuenta>=176 && key3==false){ //Segunda etapa
                output_low(pin_C2); //Se acciona solo el motor de la compuerta
                output_high(pin_C1);
                output_toggle(pin_C0); //se cambia el sentido de giro de la compuerta
                key3=true;
            }
            if(cuenta>=250){ //se reinicia la cuenta
                cuenta=0;
                key3=false;
            }
            if(i>=200){ //se ajusta el tiempo deseado con el conteo
                i=0;
                cuenta++;
            }
            i++;
        }
        seguro++;
    }
    output_low(pin_C1); // se detienen los motores
    output_low(pin_C2);
    seguro=0; //se reinician los contadores y las banderas
    key=false;
    key2=false;
}
//////////////////////////////////*****//////////////////////////////////

```

```
void main(){

    set_tris_A(0xFF);           //se declara el puerto A como entrada
    set_tris_C(0X00);           //se declara el puerto C como salida
    output_C(0X00);             //se asegura de tener 0 en las salidas
    enable_interrupts(int_ext); //habilitamos la interrupción externa
    ext_int_edge(L_to_H);       // interrupción externa es en flanco de subida
    enable_interrupts(global);  //activamos las interrupciones
    delay_ms(500);

    while(1){                   //el programa se queda en el modo espera
    if( input(pin_A0) == 0 )     //Se reviza la señal en el puerto A0
    if( input(pin_A1) == 0){    //Se reviza la señal en el puerto A1
        key=false;             //inicializamos la bandera 1
        operacion();           //llamamos la función operación
    }
    }
}
```

## **A4 Marco teórico *amelia* y *meromelia* congénita**

### Problemas del Desarrollo: susceptibilidad y causas

A comienzos del siglo XIX, Etienne Geoffroy de St. Hilaire acuñó el término teratología para describir la ciencia que estudia las malformaciones congénitas. Al final del siglo XIX, fue cuando por fin se comenzaron a poner las bases científicas al publicar varios tratados enciclopédicos que cubrían casi todos los aspectos anatómicos de las malformaciones genéticas. Pero fue hasta el siglo XX con el desarrollo de la embriología experimental y la genética que se comenzó la búsqueda de explicaciones racionales y científicas para estos defectos.

De acuerdo con la mayoría de los estudios, entre el 2% y el 3% de todos los recién nacidos vivos muestran al menos una malformación congénita reconocible. Las malformaciones congénitas van desde la deficiencia enzimática causada por sustituciones únicas de nucleótidos en la molécula de ácido desoxirribonucleico hasta complejas asociaciones de anomalías anatómicas macroscópicas.

La terminología empleada para describir las anomalías en extremidades según la nomenclatura internacional, señala:

- Amelia (Gr. *a*, carencia y *melos*, extremidad), ausencia de un miembro o extremidad.
- Meromelia (Gr. *meros*, parte y *melos*, extremidad), ausencia de parte de una extremidad o extremidades.

En ciertos períodos críticos del embarazo, los embriones son más susceptibles a los agentes o factores que provocan anomalías del desarrollo, pues durante las primeras tres semanas de la embriogénesis las agresiones pueden o bien matar al embrión o son compensados por las propiedades reguladoras del embrión precoz. Así mismo, es poco probable que se produzcan malformaciones estructurales mayores después de la octava semana de gestación ya que en ese momento el desarrollo de la mayoría de los órganos ya está bien establecido; por lo que el periodo de máxima susceptibilidad al desarrollo anómalo se da entre las semanas 3 y 8. La *amelia* se da en la supresión del desarrollo de las yemas de las extremidades durante la primera parte de la cuarta semana, dando lugar a la ausencia de extremidades. Por otro lado, la *meromelia* se da en la interrupción o alteración de la diferenciación o crecimiento de las extremidades a lo largo de la quinta semana. A continuación se muestra la Tabla A3 que muestra los periodos donde el embrión es susceptible a ciertas embriopatías.

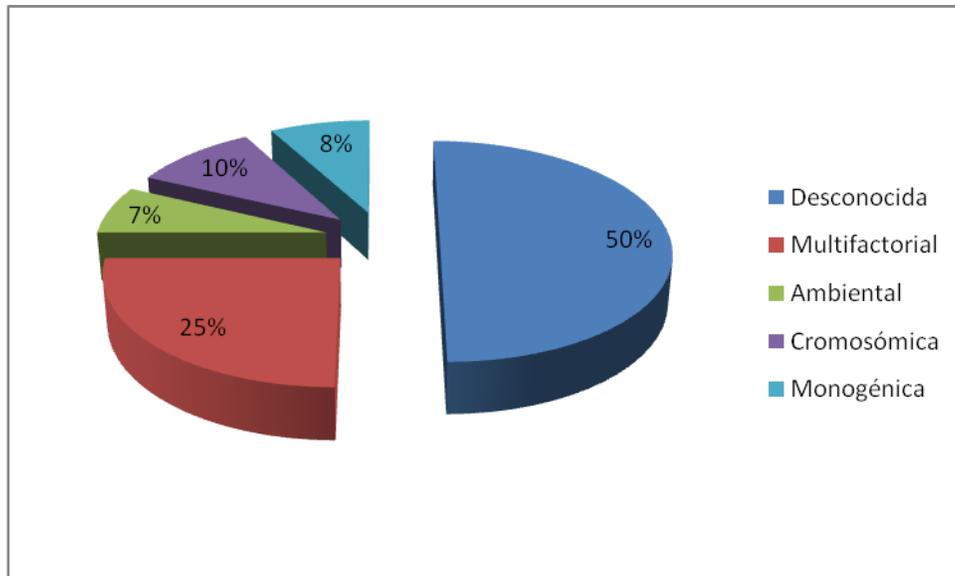
**Tabla A3** Periodos y grados de susceptibilidad de los órganos embrionarios a los teratógenos, marcando en color más oscuro los periodos de mayor susceptibilidad, e color claro los de menor.

Segmentación		Periodo embrionario (semanas)						Periodo fetal (meses)					
1	2	3	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	9
Respuesta a los teratógenos		Corazón											
		Sistema nervioso central											
		Ojos											
		Oídos											
		Labios y región facial											
Muerte o regulación		Paladar											
		Dientes											
		Miembros superiores											
		Miembros inferiores											
		Genitales externos											

A pesar de las investigaciones realizadas aun se desconocen muchas de las causas de las malformaciones congénitas de los seres humanos, algunas causas detectadas para estos males congénitos son:

- Factores genéticos, como anomalías cromosómicas asociadas a la monosomía (falta de uno de los miembros de un par de cromosomas) y trisomía (una triplete en lugar de un par normal de cromosomas). Surgen durante la división celular, en especial la meiótica. Los errores numéricos de los cromosomas redundan en aneuploidía, que se define como cualquier número de cromosomas diferentes de los 46 normales.
- Genes mutados, se expresan como anomalías morfológicas, pueden ser producidas por genes dominantes o recesivos ya sea de los autosomas o de los cromosomas sexuales.
- Factores ambientales y teratógenos, siendo la talidomida (substancia empleada como sedante y en algunos medicamentos, prohibidos en gran parte del planeta) uno de los principales causantes de embriopatías como la *amelia*.

En la Figura A3 se pueden ver los porcentajes al que se le es atribuido cada uno de los factores anteriores con respecto al número de malformaciones congénitas.



**Figura A3** Principales causas de las malformaciones congénitas.