



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA
AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO, PARA PRODUCTOS CON
BLÍSTER**

Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez

Asesorado por el Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

Guatemala, agosto de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA
AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO, PARA PRODUCTOS CON
BLÍSTER**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE RAÚL VAN DER HENST DIÉGUEZ

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO ANTONIO PUENTE ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
Vocal III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderon
Vocal IV	Br. José Milton De León Bran
Vocal V	Br. Isaac Sultán Mejía
Secretaria	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Examinador	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Examinador	Ing. Romeo Nefthalí López Orozco
Examinador	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Secretaria	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA
AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO, PARA PRODUCTOS CON
BLÍSTER,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 2 de septiembre de 2008.



Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez

Guatemala, 15 de mayo de 2009

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Solares:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO PARA PRODUCTOS CON BLISTER”**, desarrollado por el estudiante **Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
ASESOR





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 22 de mayo de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO PARA PRODUCTOS CON BLISTER”**, desarrollado por el estudiante Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS




Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



REF. EIME 35.2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez titulado: "DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO PARA PRODUCTOS CON BLISTER" procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



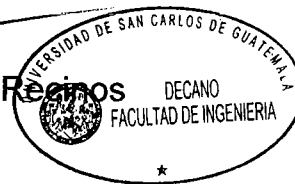
GUATEMALA, 05 DE JUNIO 2,009.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO DE UNA TIENDA AUTOMATIZADA DE BAJO COSTO, PARA PRODUCTOS CON BLÍSTER**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Raúl Van Der Henst Diéguez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reginos
DECANO



Guatemala, agosto de 2009

/cc

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Dispositivos <i>self-service</i>	1
1.2 Historia de dispositivos <i>self-service</i>	2
1.3 Descripción general de las tiendas automatizadas	4
1.4 Avances en Guatemala	6
2. MECANISMOS DE DESPACHO	9
2.1 Robot Cartesiano tipo I.....	9
2.1.1 Acerca de la empresa	9
2.1.2 Descripción del mecanismo	10
2.1.3 Componentes y características.....	12
2.2 Robot Cartesiano tipo II.....	14
2.2.1 Acerca de la empresa	14
2.2.2 Descripción del mecanismo	15
2.2.3 Componentes y características.....	17
2.3 Mecanismo de espiral	19
2.3.1 Acerca de la empresa	19
2.3.2 Descripción del mecanismo	20
2.3.3 Componentes y características.....	23
3. DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO	25
3.1 Análisis de necesidades	25
3.2 Diseño del mecanismo	27

3.2.1 Varilla de metal.....	31
3.2.2 Selenoide y componentes	33
3.3 Diseño de la bandeja	37
3.4 Características principales	38
3.5 Limitaciones.....	39
3.5.1 Doble despacho	39
3.5.2 Cantidad máxima de productos	40
4. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL	43
4.1 Computadora	43
4.2 Selección de Bandeja	45
4.3 Selección de posición	47
4.4 Circuito de potencia	47
4.5 Retroalimentación	48
4.6 Fuente de alimentación.....	49
5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	51
5.1 Costos de mecanismos existentes.....	51
5.1.1 Robot cartesiano tipo I.....	52
5.1.2 Robot cartesiano tipo II.....	52
5.1.3 Mecanismo de espiral.....	54
5.2 Costo del mecanismo propuesto.....	55
5.3 Costos de circuito de control	55
5.4 Comparación	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Primera tienda <i>self-service</i>	3
2. Fotografía de cajero automático.....	7
3. Tienda automatizada de ZoomSystems para productos Motorola.....	10
4. Mecanismo de despacho de la Tienda automatiza de ZoomSystems.....	11
5. Proceso de despacho del mecanismo de ZoomSystems.....	11
6. Tienda automatizada Shop Robotic de idX.....	15
7. Otro estilo de tienda automatizada Shop Robotic.....	15
8. Mecanismo de despacho de la tienda automatizada Shop Robotic.....	16
9. (a) Brazo telescópico en posición normal. (b) Brazo telescópico estirado.....	17
10. Tienda automatizada para venta de memorias Kingston.....	20
11. Forma de colocar los productos a ser despachados por el mecanismo espiral. ...	21
12. Componentes principales del mecanismo de espiral.....	22
13. Tren de engranajes utilizado en mecanismo de espiral.....	22
14. Ejemplo de producto empacado con blíster.....	26
15. Ejemplo de productos exhibidos utilizando el empaque de blíster.....	28
16. Componentes principales del mecanismo de despacho.....	28
17. Componentes adicionales del mecanismo..	29
18. Secuencia de despacho del mecanismo.....	30
19. Secuencia de despacho de un producto.....	30
20. Fuerzas que intervienen en el deslizamiento de un producto por la varilla.....	32
21. Ecuaciones de resolución del problema planteado en la figura 20.....	32
22. Localización del ángulo de inclinación de la varilla.....	33
23. Selenoide, resorte, pin y cabeza de hule.....	34
24. Dimensiones de la cabeza de hule.....	34
25. Dimensiones del pin de metal.....	35
26. Separación necesaria entre el selenoide y la varilla.....	36

27. Diseño de la bandeja para colocación del mecanismo de despacho.....	38
28. Dos productos con las pestañas juntas.....	39
29. Forma y posición del separador.	40
30. Productos utilizando el separador.	40
31. Varilla de metal con soporte para ayudar a la estabilidad.	41
32. Diagrama de bloques de los elementos de control.....	43
33. Configuración de pines del puerto paralelo de la computadora.....	43
34. Utilización de los ocho pines de datos del puerto paralelo.	44
35. Diseño electrónico de la selección de bandejas.....	46
36. Diseño electrónico de la selección de posición.	47
37. Diseño electrónico del circuito de potencia.	47
38. Diseño electrónico del circuito de retroalimentación.....	48
39. Diseño electrónico de la fuente de alimentación.	50

TABLAS

I. Relación entre el coeficiente de fricción y el ángulo de inclinación.....	33
II. Fuerza del selenoide en función de la distancia.....	37
III. Especificaciones eléctricas del selenoide.	37
IV. Dirección de las 36 posiciones posibles.....	45
V. Costos del mecanismo de despacho cartesiano tipo I.....	52
VI. Costos del mecanismo de despacho cartesiano tipo II.....	53
VII. Costos del mecanismo de despacho espiral.	54
VIII. Costos del mecanismo de despacho propuesto.....	55
IX. Costos del circuito de control del mecanismo propuesto.....	56
X. Resumen de costos de los mecanismos de despacho.....	57
XI. Ventajas y desventajas de los mecanismos de despacho.....	57

GLOSARIO

Actuador neumático	Mecanismo encargado de convertir la energía del aire comprimido en trabajo mecánico.
Blíster	Término utilizado para denominar varios tipos de empaques plásticos o de cartón utilizados para bienes de consumo pequeños.
Coefficiente de fricción	Expresa la oposición al movimiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto.
Coercitividad	Fuerza electromagnética requerida para magnetizar o codificar una banda magnética.
Cóncavo	Se refiere a un objeto o línea con la curva hacia adentro.
Efecto Venturi	Efecto que explica como un fluido en movimiento ejerce menos presión en las paredes del tubo que lo contiene cuando su velocidad es aumentada. Este efecto es utilizado para crear vacío.
Grado de libertad	En robótica, cada uno de los movimientos independientes que puede realizar una articulación con respecto a la articulación anterior.
Newton	Unidad de fuerza del Sistema Internacional que equivale a la fuerza necesaria para que un cuerpo de 1 kilogramo adquiera una aceleración de un metro por segundo al cuadrado. Su símbolo es N.

- Pantalla *touchscreen*** Pantalla que mediante un contacto directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes a un dispositivo.
- Selenoide** Alambre enrollado en forma de hélice sobre un cilindro, el cual al ser recorrido por una corriente eléctrica produce un campo magnético dentro del cilindro que puede ser utilizado para proporcionar movimiento lineal añadiéndosele un núcleo adecuado.
- Telescópico** Objeto que es capaz de ser extendido o comprimido utilizando partes que se deslizan una encima de otra.
- Ventosa** Pieza cóncava de material elástico en la que, al ser oprimida contra una superficie lisa, se produce el vacío, con lo cual queda adherida a dicha superficie.

RESUMEN

Los avances tecnológicos de los últimos años han permitido reemplazar a los humanos por máquinas para que estas desempeñen tareas donde los procesos son repetitivos. Un campo en el que esto se ha visto por varios años es en las fabricas, pero recientemente ha crecido el interés de ir automatizando procesos como las ventas al menudeo y es ahí donde las tiendas automatizadas están jugando un papel cada vez más importante debido a que más allá de realizar la venta crean en el usuario una experiencia al momento de comprar y lo conectan emocionalmente hacia la tienda. Uno de los ejemplos más cercanos que se tiene en Guatemala de este tipo de automatización son los cajeros automáticos que representan actualmente una forma habitual de realizar transacciones financieras.

El componente fundamental de una tienda automatizada es el mecanismo de despacho el cual dicta los productos que se pueden vender, la capacidad de inventario, la reacción de los clientes y el costo de fabricación de la tienda. Además es el mecanismo el que diferencia una tienda de otra, y es necesario que funcione adecuadamente para dar a los clientes seguridad y confianza. A nivel mundial únicamente se encuentran disponibles tres tipos de mecanismos utilizados comercialmente en tiendas automatizadas. El primero de ellos utiliza como elemento principal un espiral para ir empujando uno por uno los productos; este es utilizado ampliamente por las máquinas vendomáticas. El segundo, utiliza un robot de posicionamiento cartesiano que junto con engranajes y bandas transportadoras recoge los productos. El último, también utiliza un robot de posicionamiento cartesiano pero para recoger los productos lo hace por medio de una ventosa en la cual se crea vacío para succionar los productos.

Estos tres mecanismos tienen altos costos de inversión en la etapa de fabricación y por esto únicamente se utilizan en países desarrollados. Por esta razón se diseñó un mecanismo de bajo costo de inversión que pueda ser implementado en países en vías de desarrollo como Guatemala.

OBJETIVOS

GENERAL:

Diseñar el mecanismo de despacho de una tienda automatizada que cumpla con ser de bajo costo.

ESPECÍFICOS:

1. Dar una introducción a los conceptos básicos e historia de las tiendas automatizadas.
2. Explicar el funcionamiento de los mecanismos de despacho utilizados en el mercado actualmente.
3. Diseñar un mecanismo que sea más económico que los encontrados en el mercado actualmente.
4. Analizar y comparar los costos del mecanismo propuesto en relación a mecanismos existentes.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los comerciantes han inventado nuevas formas de vender sus productos, están cambiando la forma de vender rutinaria en la cual intervenía un vendedor, una tienda y el producto físicamente, a formas como compras desde la internet, ventas por catalogo y tiendas automatizadas. Esta última forma de vender está tomando bastante popularidad debido a que la conducta de compra de las personas ha cambiado y ahora ya no es suficiente solamente con comprar, es necesario crear en el cliente una experiencia al momento de comprar, facilitar el acceso a los productos, diseñar nuevas formas de venta y atraer al cliente. Sin lugar a dudas, las tiendas automatizadas llenan de una buena forma estas necesidades. Además de las ventajas que proporcionan para los clientes esta clase de tiendas representan muchas ventajas para los empresarios que inviertan en ellas. Por ejemplo, las primeras dificultades con las que debe enfrentarse un empresario para vender sus productos son: un capital alto para pagar el alquiler de un local en un centro comercial concurrido, decorar el local, contratar personal confiable, pagar prestaciones, etc. Por el contrario, con una tienda automatizada se puede empezar más fácilmente y la inversión sería lo equivalente al primer mes de alquiler de un local ya decorado. Agregando las ventajas de que disminuye la posibilidad de robo, reduce los salarios a pagar, funciona de manera continua por 24 horas, da toda la información que se desee, mejora el control de los inventarios y las ventas, etc. Es bastante notorio que las tiendas automatizadas son el mejor camino a tomar.

En países en vías de desarrollo como el nuestro esta clase de tiendas no se utilizan debido a su alto costo. Pero para que estas tiendas, que representan grandes ventajas no sólo para el empresario sino también para el consumidor, puedan ser rentables es necesario usar al máximo la creatividad y los conocimientos para desarrollar tiendas automatizadas que tengan un bajo costo de inversión, pero que no pierdan la eficacia. Es por esto que se propone el diseño de un mecanismo que haga que estas tiendas puedan ser construidas y rentables en Guatemala.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Dispositivos *self-service*

Los dispositivos *self-service* son aquellos dispositivos automatizados en los que una persona puede realizar varias actividades como lo son compras, pagos, búsquedas, etc., sin necesitar de otra persona que la apoye o realice esta actividad por ella. Esta clase de dispositivos están bastante ligados con lo que es la tecnología, en especial en el campo de las computadoras, el internet, pagos electrónicos en todas sus formas, automatización, robots y comunicaciones. Su uso se ha extendido debido a que no se limitan a una rama o área específica, sino que han venido a abarcar y revolucionar varias tareas cotidianas.

A continuación se mencionan varios ejemplos de áreas en las que podemos encontrar esta clase de dispositivos:

- **Bancos:** Ahora las personas pueden hacer traslados entre cuentas, pagos por diferentes servicios, retiro de efectivo, abono a tarjetas de crédito, etc. Todo sin necesitar de la ayuda del personal del banco.
- **Gobierno:** Varias municipalidades han optado a poner kioscos con información acerca de servicios, búsqueda de multas, pagos, etc.
- **Supermercados:** Además de que los clientes tomen sus productos, en estas tiendas también deben hacer el chequeo y el pago por sí mismos.
- **Renta de DVD:** Las personas escogen el DVD que desean, pagan por él y se lo llevan para después devolverlo, todo esto en una máquina.

- **Compra de boletos:** Las personas buscan y escogen los boletos que desean, pagan por ellos y la máquina se los imprime.
- **Tiendas automatizadas:** En esta clase de tiendas las personas ven los productos, pagan por ellos y una máquina se los despacha automáticamente.

Debido a todas estas áreas que están afectando, expertos en el tema declaran que estos dispositivos están cambiando las formas de hacer las cosas en el mundo entero. Muestra de ello es que en el año 2006 los usuarios gastaron US\$438 millones en estos dispositivos, mientras que en el año 2008 el grupo de consultores IHL, el cual es una firma de analistas y asesores que sirve a los comerciantes de ventas al menudeo, estima que el total gastado será de US\$230 billones. Y si esto resulta poco, se estima que el crecimiento continúe hasta alcanzar la cifra de US\$1.7 trillones para el año 2012. Todos estos grandes resultados se están dando debido a que estos dispositivos llenan una necesidad en el cliente de tener el control y sentirse independiente. Además de esto el cliente experimenta una gran experiencia, algo que sale de lo normal y que en muchos casos quiere volver a experimentar. Esto hace que más y más personas cada día sientan inclinación hacia esta clase de servicios debido a que satisface varias necesidades y más conveniente en seguridad, tiempo y calidad.

Por su parte, expertos en el tema del consumismo, como mercadólogos y psicólogos, concuerdan que el crecimiento y desarrollo de estos dispositivos continuará no sólo porque los clientes los prefieren sino porque las empresas que los utilizan pueden atraer e interactuar con más clientes, ofrecer más servicios, ampliar sus capacidades, reducir considerablemente los tiempos de espera, ofrecer horarios más convenientes, tener más puntos de venta, reducir los costos de personal, facilitar el acceso a la información y tener mejor control de sus operaciones en todo momento.

1.2 Historia de dispositivos *self-service*

A principios de 1900 una persona que iba a comprar a una tienda o a un supermercado debía pedirle al que lo atendía todo lo que quería; esta persona buscaba

los artículos, y los llevaba hasta la caja donde el cliente los pagaba para poder llevárselos; mientras este proceso se llevaba a cabo el cliente debía esperar. En el año de 1916 Clarence Saunder revolucionó esta manera de comprar con su famosa tienda llamada Piggly Wiggly. Lo innovador fue que cada persona entraba en la tienda, agarraba lo que quería comprar, y cuando terminaba se dirigía a la caja para pagar. Con esto las personas no sólo se sentían mejor comprando, sino que se les podía enseñar los nuevos productos, los precios, las ofertas y sin lugar a dudas el personal de la tienda era reducido o empleado de una mejor manera reduciendo considerablemente los costos de operación. Esto se considera como el comienzo de todos los dispositivos *self-service* en la época moderna. A pesar que fue grandemente criticada al principio, este tipo de tiendas creó un estándar que se utiliza ampliamente hasta el día de hoy.

El gran mérito de esta tienda *self-service* es que descubrió que a las personas les gusta comprar de forma activa, por ejemplo, a la hora de comprar en un supermercado la persona desea ver los productos disponibles, decidir entre los que considera mejor y pagar por ellos. Esto ayuda a crear seguridad y satisfacción en mayor grado que el hecho de participar pasivamente en la compra.

Figura 1. **Primera tienda *self-service***



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Clarence_Saunders

Además del nuevo concepto de tiendas que inventó, Clarence Saunders no se quedó con esto sino que decidió crear una tienda *self-service* completamente automatizada llamada Keedozzle. Para comprar en esta tienda los clientes inspeccionaban los artículos, los cuales se guardaban en una caja de vidrio, después ingresaban una llave debajo del artículo que querían comprar, mientras impulsos eléctricos hacían perforaciones en la superficie de las llaves. Luego los clientes llevaban la llave a la caja, la cual tenía una maquina traductora que creaba otros impulsos eléctricos que no sólo empezaban a hacer que el producto bajara sino que al mismo tiempo iba sumándolo a la cuenta.

Con esta nueva tienda Saunders dio un salto más allá al dejar que el cliente no necesitara de la intervención de otra persona a la hora de comprar y pudo vender sus productos de 10% a 15% más barato que sus competidores. Este tipo de tiendas son conocidas actualmente como tiendas automatizadas.

Sin lugar a dudas, Saunders dejó un legado en la forma de comprar y vender, el cual es utilizado hasta estos días. Saunders abrió la puerta para los dispositivos *self-service*, y estos poco a poco han ido evolucionando a tal grado que actualmente, gracias al avance de la tecnología se han podido observar actividades en las cuales el cliente ya no necesita de ninguna intervención de otra personas; un ejemplo de esto son los nuevos supermercados con *self-checkout*, en los cuales el cliente además de escoger sus productos y llevarlos hasta la caja, los chequea, paga por ellos, los empaca y se los lleva.

1.3 Descripción general de las tiendas automatizadas

Aunque existan muchas clases de dispositivos que entran bajo la categoría de *self-service*, las tiendas automatizadas en particular están convirtiéndose en uno de los más rentables y provechosos. Es un campo en el cual se están dando los primeros pasos, pero estos pasos fueron bien precedidos por los dispensadores de aguas gaseosas y las ventas de golosinas que crearon en las personas una mentalidad positiva a esta clase de dispositivos.

Las tiendas automatizadas no despachan productos baratos como lo son las aguas y las golosinas, sino que despachan productos que van desde unos veinte a más de trescientos dólares americanos. Ejemplos de estos productos lo son: cámaras digitales, consolas de juegos de video, reproductores de audio y video, discos de música, suministros de computación, memorias de varios tipos, accesorios, perfumes y software.

Además de vender productos que son necesitados por las personas frecuentemente, una tienda automatizada no trata de cambiar los hábitos de compra de las personas sino adaptarse a ellos y crear una conexión con el cliente. Es por esto que el producto es totalmente visible ya que a las personas les gusta, se sienten más motivadas y seguras al ver el producto físicamente y al ver como es despachado. El que el cliente vea el producto rompe el hielo entre la máquina y la persona, si esto no fuera así las personas simplemente preferirían no comprar.

Las ventajas de tener tiendas automatizadas son las siguientes:

- Poco personal.
- Mayor disponibilidad de horario.
- Más ventas por metro cuadrado de exhibición.
- Mejor atención a los clientes.
- Información actualizada y estandarizada de los productos.
- Mejor control de los inventarios.
- Mejor posibilidad de conseguir una buena ubicación.
- Mayor movilidad.
- Mayor atracción de clientes.

Los componentes adicionales al mecanismo de despacho que se utilizan mayormente en las tiendas automatizadas son los siguientes:

- **Pantalla *touchscreen*:** En ella se despliega información acerca de los productos, se escoge el producto que se va a comprar y se detallan los pasos

necesarios para el pago y despacho del producto comprado. Es escogida debido a su versatilidad ya que se puede cambiar el programa y la información contenida sin necesidad de quitar o poner más botones. Además es usada como medio de publicidad atrayendo al cliente para comprar. La pantalla *touchscreen* recomendada para estas tiendas es la de tecnología resistiva de cinco cables, de 15 a 17 pulgadas de tamaño.

- **Lector de banda magnética:** Estos lectores obtienen la información guardada en las bandas de las tarjetas de crédito y débito; esta información junto con los totales de la venta son enviados hacia el ente emisor para aprobar la transacción. Este medio de pago es utilizado en estas tiendas debido a que los productos a ser vendidos tienen precios relativamente altos y porque el número de tarjetahabientes está creciendo exponencialmente. El lector recomendado para este tipo de tiendas es el de tipo pasante, de alta coercitividad y con capacidad para leer la pista número dos de la banda.
- **Impresora térmica:** Esta impresora es utilizada para imprimir la factura de compra y el voucher del pago realizado. Estas impresoras son de tipo térmicas debido a su alto desempeño y bajo costo de mantenimiento, además que no requiere cambio de tinta, detectan el fin del papel, cortan automáticamente y son de alta velocidad. La impresora recomendada para este tipo de tiendas es una que tenga confiabilidad de más de 300,000 recibos impresos emitidos y que le quepa un rollo de 4" de diámetro mínimo.

1.4 Avances en Guatemala

El mayor avance que se tiene en Guatemala de dispositivos *self-service* son los cajeros automáticos que han cambiado los hábitos bancarios de muchas personas. A través de estos cajeros es posible realizar varias transacciones como los son: actualización de libreta de ahorros, obtención de contraseñas olvidadas, compra de entradas, recarga telefónica, recarga de tarjeta monedero, ingreso de dinero a una cuenta, enviar remesas al extranjero, entre otras.

Figura 2. **Fotografía de cajero automático.**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cajero_automático.htm

Es de resaltar el rápido crecimiento y la gran aceptación que los cajeros automáticos han tenido, ya que en la actualidad se encuentran ampliamente distribuidos a través de todo el territorio nacional. Jorge Montenegro, gerente general de Transacciones y Transferencias, que administra la red de cajeros automáticos del país, manifestó que Guatemala cuenta con aproximadamente mil trescientos cincuenta cajeros. Por otro lado, José Ardón, Gerente General para Centroamérica de Diebold, compañía que distribuye la mayoría de cajeros automáticos en el país, informó que por cada mil habitantes en Guatemala hay 84 cajeros. A estas declaraciones le podemos agregar que el creciente número de usuarios de estos cajeros se ha dado a todo nivel económico y social, prueba de esto es que los cajeros están en diferentes lenguas e idiomas mayas dependiendo de la región donde se encuentren.

Los datos mencionados anteriormente muestran que en Guatemala las personas están receptivas a nuevas ideas que les ayuden en su vida cotidiana, y que hagan de sus tareas comunes algo más práctico y rápido. Una característica que ha ayudado a los cajeros para lograr tanta aceptación, es que utilizan un software muy simple de manejar y bastante amigable para el usuario. En cada paso al usuario se le hace una pregunta y se le dan pocas opciones de respuesta para avanzar hacia el siguiente paso; tiene en promedio cuatro pasos para completar una transacción, y se tiene la opción de cancelar en cualquier momento. Esto hace que los usuarios no tengan temor de usarlos y se rompa el hielo entre la máquina y el cliente.

Hasta este punto sólo se ha analizado los beneficios que trae a los usuarios pero del lado del banco los cajeros también representan una opción muy favorable debido a que pueden trabajar durante 24 horas continuamente, son fáciles de instalar, hay más puntos estratégicos disponibles debido al tamaño reducido, ayudan a desocupar las agencias y aumentan el volumen de atención que un banco puede tener.

Aparte de los cajeros automáticos es muy poco el avance que ha habido en Guatemala de los dispositivos *self-service* y además de estos, sólo podemos mencionar las máquinas que usan los supermercados donde la gente consulta el precio de los artículos, las máquinas expendedoras de golosinas y las máquinas dispensadoras de aguas gaseosas.

2. MECANISMOS DE DESPACHO

El mecanismo de despacho de una tienda automatizada es el encargado de recoger el producto seleccionado y llevarlo hasta un lugar donde el cliente puede acceder a él; es por esto que se considera la parte fundamental en la creación de cualquier tienda automatizada y es la que hace la diferencia de costo y confiabilidad entre una tienda y otra. Tres son los diferentes tipos de mecanismos más utilizados comercialmente y a continuación se detalla cada uno de estos:

2.1 Robot Cartesiano tipo I

2.1.1 Acerca de la empresa

La empresa que desarrolló este mecanismo es una empresa estadounidense llamada Zoomsystems la cual tiene su sede en San Francisco, California. Esta empresa tiene un concepto revolucionario: “Usar tecnología interactiva para tomar ventaja del tráfico de personas, captación de la audiencia, y el poder de las compras por impulso en lugares concurridos como aeropuertos, centros comerciales y eventos para llevar el concepto de las máquinas vendedoras a otro nivel”. Sus tiendas de 40 pies cuadrados para ventas al menudeo están cubiertas de un vidrio especial, usan pantallas “touchscreen” y robots para disminuir el espacio y los costos de operación que tiene una tienda convencional. El lema que manejan es: “Compra lo que quieres y necesitas, donde y cuando lo necesitas”.

Según la revista electrónica St. Louis Business Journal, hablando acerca de las ventas de estas y otras tiendas declara: “Las máquinas vendedoras tradicionales generan US\$360 al mes por pie cuadrado, las que están puestas en centros comerciales generan US\$330, y las de alto desempeño en aeropuertos promedian US\$1,000. En cambio las tiendas automatizadas de 40 pies cuadrados de ZoomSystems en centros comerciales promedian entre US\$3,000 y US\$10,000 por pie cuadrado y las situadas en aeropuertos promedian entre US\$4,000 a US\$40,000”.

Los datos de ventas mencionados anteriormente dan una clara idea de la gran aceptación y la alta capacidad de venta que poseen estas tiendas. Esto es logrado debido a la colocación en puntos estratégicos que se puede lograr debido a su tamaño reducido, comparado con las tiendas convencionales.

Figura 3. **Tienda automatizada de ZoomSystems para productos Motorola.**



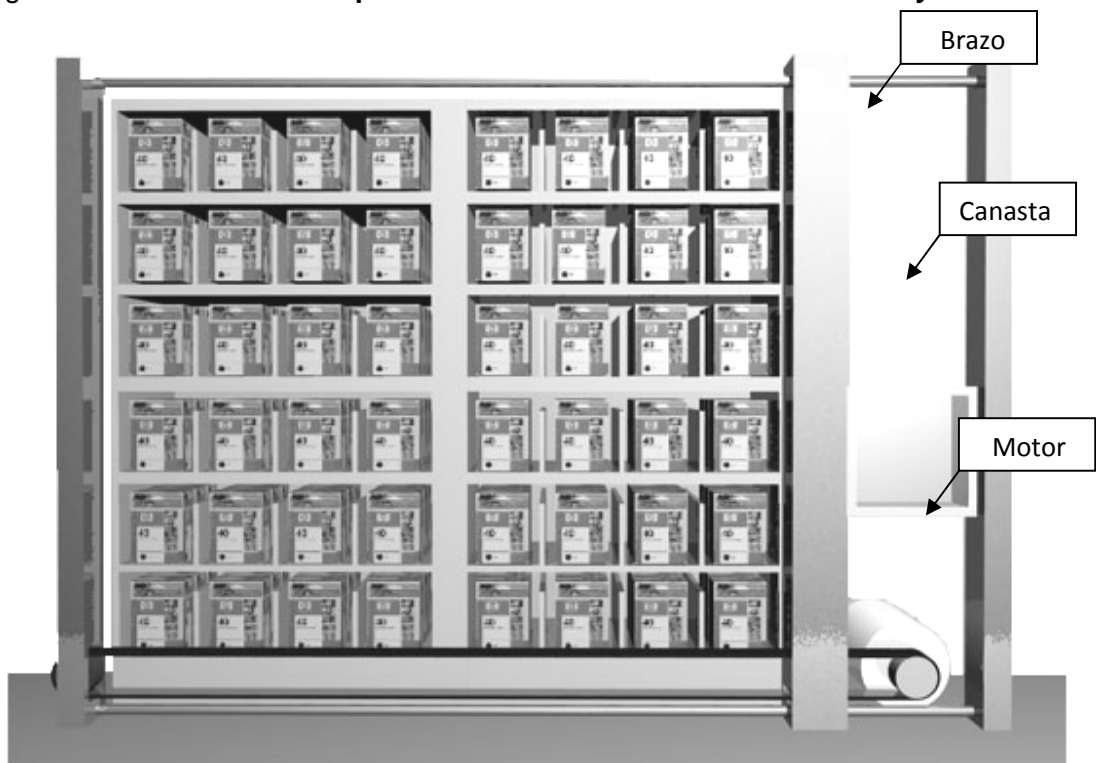
Fuente: http://asia.cnet.com/crave/image.htm?path=/i/r/2006/gb/sep/instantmoto_b1.jpg

2.1.2 Descripción del mecanismo

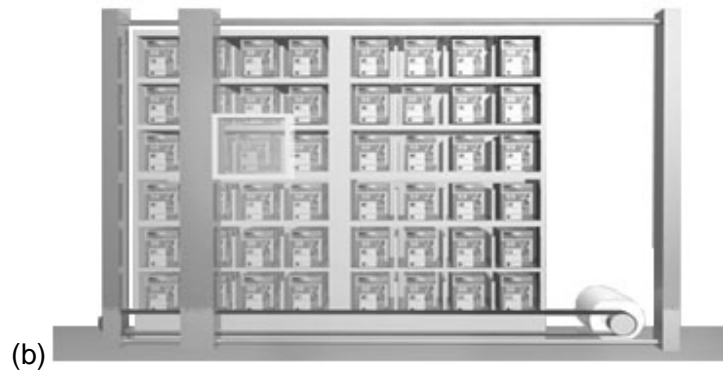
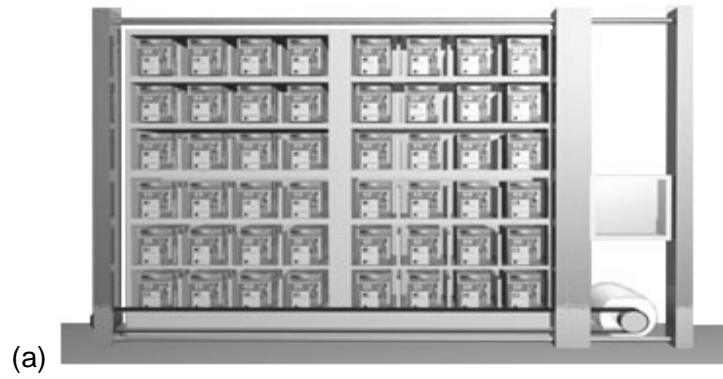
Este mecanismo consiste en un brazo robótico de dos grados de libertad que se mueve a lo largo de un plano cartesiano dispuesto verticalmente. Sus ejes de movimiento están colocados de tal forma que este pueda posicionarse en frente de cada uno de los productos sin ninguna dificultad. Por su parte, los productos están colocados en repisas con separadores a los costados de cada uno con el fin de mantenerlos fijados en un lugar adecuado para el correcto despacho.

El primer paso para realizar el despacho es ubicar el brazo robótico en la coordenada X-Y correcta donde se encuentra el producto a ser despachado. Al llegar a esta coordenada, el producto es jalado hacia una canasta de vidrio que sirve como depósito para guardar el producto hasta que es llevado al lugar donde el cliente lo recoge. Esta canasta jala el producto por medio de un mecanismo giratorio que hace que el producto a ser despachado y los que se encuentran detrás se muevan hacia adelante, por lo que el primero en la fila es el que cae en la canasta.

Figura 4. **Mecanismo de despacho de la Tienda automatiza de ZoomSystems.**



Después de todo esto, la canasta regresa a su posición original donde se abre para que el cliente tome el producto comprado. La secuencia de pasos que realiza esta tienda automatizada para realizar un despacho se muestra a continuación: Figura 5a, 5b y 5c. **Proceso de despacho del mecanismo de ZoomSystems.**



2.1.3 Componentes y características

Los componentes principales en el mecanismo de despacho de esta tienda automatizada son los siguientes:

- Motor para eje X
- Motor para eje Y
- Motores en la canasta para jalar el producto
- Canasta de vidrio para almacenar el producto
- Separadores de producto los cuales además de separar mantienen agarrados los productos para que no se salgan de su lugar de despacho.
- Rieles para los movimientos en el eje X y en el eje Y.
- Bandas para unir los motores y el brazo robótico.
- Circuitos de potencia y control de cada uno de los motores.
- Sensores de posición y de recogida del producto.

Este mecanismo tiene un despacho suave donde el producto no recibe ningún impacto en todo el proceso de despacho. Tiene como ventaja que sólo depende de un mecanismo para despachar todos los productos por lo que el tamaño de la tienda se puede incrementar sin afectar considerablemente los costos de esta. La cantidad máxima de productos que puede contener este mecanismo sólo está limitada por el espacio que se quiere que ocupe la tienda automatizada y el tamaño de cada uno de los productos. El tamaño más grande del producto que puede despachar está limitado por el tamaño de la canasta porque esta es usada para guardar el producto en el proceso de despacho. La ventaja de usar la canasta es que se pueden recoger productos con diferentes empaques y tamaños. Utiliza alrededor de 13 segundos en promedio para recoger y despachar un producto, tiempo que depende de la posición del producto dentro de la tienda.

De las desventajas que podemos mencionar de este mecanismo tenemos que en su mayoría puede despachar productos con empaques cuadrados por lo que limita de alguna forma la variedad de productos que puede despachar. Además una fila sólo puede contener productos del mismo tamaño, si se quiere acomodar productos más grandes en una fila toda la fila tiene que colocarse más espaciada para que quepa el producto grande, y esto represente una pérdida de espacio.

2.2 Robot Cartesiano tipo II

2.2.1 Acerca de la empresa

La tienda automatizada que usa este sistema de despacho fue nombrada como Shop Robotic, la cual fue creada por la empresa idX Corporation. Esta empresa se dedica al diseño, creación, instalación, manejo, supervisión de construcción, planeación de espacio, logística y modificación de tiendas convencionales a nivel mundial. La corporación idX es un líder mundial en la industria del arreglo de tiendas, compitiendo en las de gama alta, tiendas por departamento y tiendas con ambientes especiales. Esta compañía tiene como clientes principales a tiendas de vestir, tiendas de cosméticos, joyerías, hospitales, casinos y mercados de finanzas.

La tienda “self-service” completamente automatizada, como le dicen en idX, despacha productos de alto consumo en el punto de venta y proporciona una experiencia agradable a la hora de comprar. Para el diseño, desarrollo y construcción de esta tienda de ocho pies de largo, idX contó con la colaboración en el área tecnológica de la empresa Teknovation. Unión que dio como resultado una tienda automatizada con una amplia gama de productos para vender por lo que está orientada a ser una competencia directa de las tiendas convencionales.

Esta tienda fue lanzada en primer lugar en Europa pero actualmente se está introduciendo al mercado norteamericano donde espera causar un mayor impacto que sus competidores. El CEO Jason Nawding comenta que la gran característica de esta tienda es que causa una conexión mayor con los clientes debido a que los productos están pegados al vidrio y los clientes sienten que casi pueden tocarlos y agarrarlos. Además de esto posee una gran variedad de productos desde celulares hasta champús, pasando por suministros de computadoras, botellas de agua, consolas de juegos de video, etc.

Figura 6. **Tienda automatizada Shop Robotic de idX.**



Fuente: <http://ddimagazine.firstlightera.com/EN/Microsites/1/idX/GlobalShop2008>

Figura 7. **Otro estilo de tienda automatizada Shop Robotic.**



Fuente: <http://www.redpeg.co.uk/clients/shoprobotic/>

2.2.2 Descripción del mecanismo

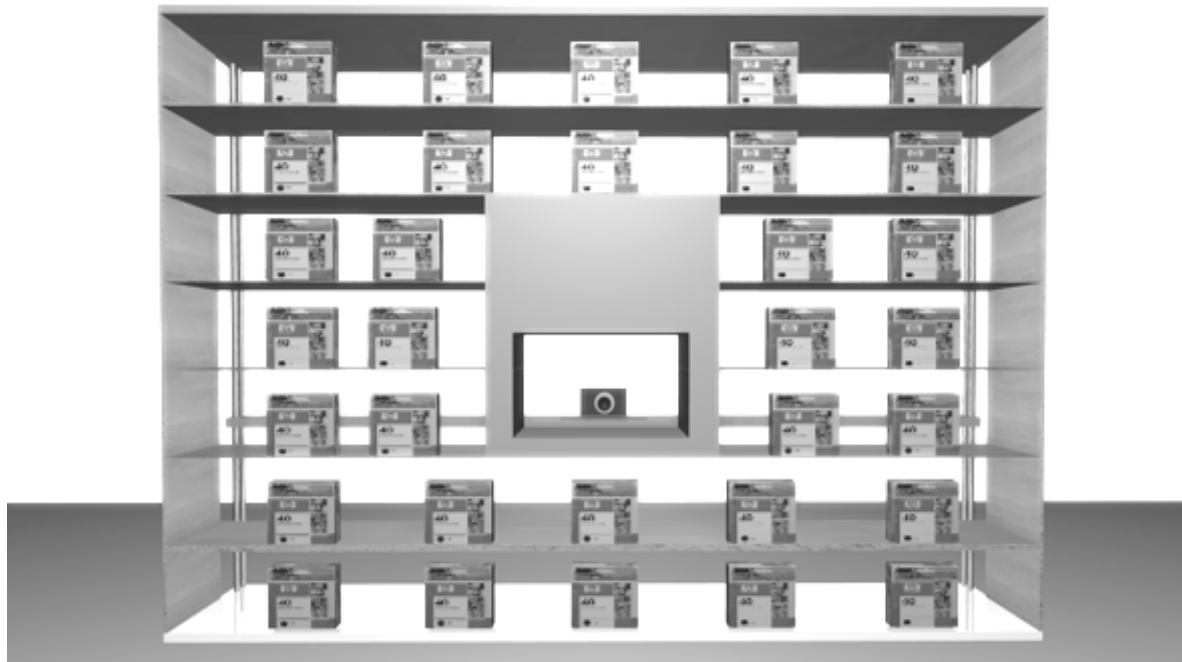
Este tipo de mecanismo es llamado por sus creadores y comercializadores como brazo telescópico con succión. Consiste en un brazo robótico que se mueve a lo largo de un plano cartesiano dispuesto verticalmente pero a diferencia del mecanismo

descrito en la sección anterior este posee tres grados de libertad. El tercer grado de libertad de este mecanismo se lo da el brazo telescópico que se encarga de estirarse hasta donde está el producto y lo toma.

Otra diferencia de este mecanismo comparado con el descrito anteriormente es que su plano Cartesiano de movimiento está en la parte posterior con el motivo de que el cliente pueda tener el producto cerca y sentir casi como que lo puede agarrar, ya que lo único que lo separa es el vidrio.

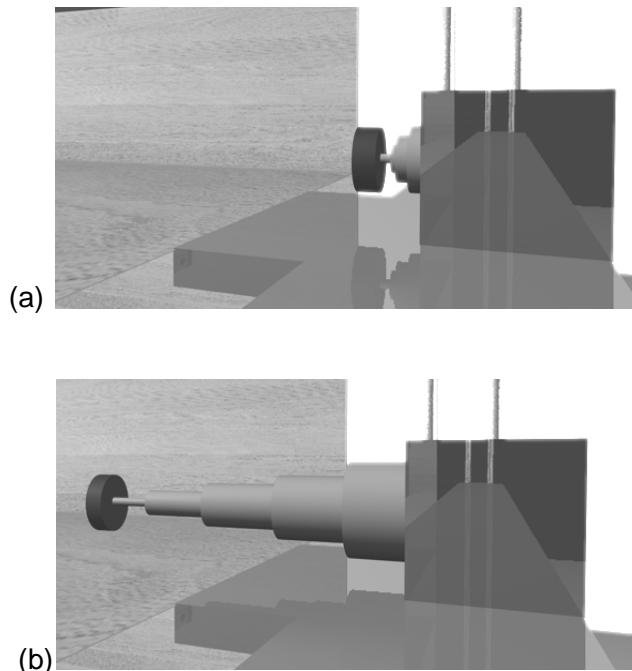
En este mecanismo los productos están parados sobre repisas sin necesitar estar agarrados ni colgados para que el despacho pueda realizarse correctamente. Esto ayuda enormemente a la presentación del producto ya que se puede contemplar totalmente sin ninguna obstrucción, da más espacio de exhibición y hace que la tienda automatizada se mire más amplia y bien organizada.

Figura 8. Mecanismo de despacho de la tienda automatizada Shop Robotic.



El primer paso para realizar el despacho es ubicar el brazo robótico en la coordenada X-Y correcta donde se encuentra el producto seleccionado por el cliente. Al llegar a esta coordenada, el brazo telescópico, que posee una ventosa en su extremo, es estirado hasta llegar al producto el cual queda adherido a la ventosa. Esta ventosa logra tomar el producto porque está conectada a un compresor que por medio del efecto Venturi se encarga de crear vacío.

Figura 9. **(a) Brazo telescópico en posición normal. (b) Brazo telescópico estirado.**



Luego que el producto fue succionado, el brazo telescópico se contrae jalando el producto hasta colocarlo sobre una plataforma que se encarga de llevarlo hasta el lugar de despacho. Cuando se ha llegado a este lugar, el brazo nuevamente se estira, la ventosa suelta el producto y este queda en el lugar donde el cliente puede tomarlo.

2.2.3 Componentes y características

Los componentes principales en el mecanismo de despacho de esta tienda automatizada son los siguientes:

- Actuador neumático para el eje X.
- Actuador neumático para eje Y.
- Brazo telescópico neumático.
- Ventosa.
- Sistema neumático para crear vacío.
- Compresor.
- Circuitos de potencia y control de cada uno de los motores.
- Sensores de posición y de recogida del producto.

Este mecanismo cuenta con tres grados de libertad, siendo dos de estos los ejes de posicionamiento cartesiano y el tercero el brazo telescópico que se extiende y se retrae. Posee la ventaja de que puede succionar productos con empaques bastante diversos como lo son botellas de bebidas, botes de champús, frutas, etc., y también es útil con varios tipos de materiales como vidrio, cartón, porcelana y plástico, los cuales están entre los más utilizados para empacar productos. Cabe mencionar que pueden despachar productos que sean frágiles o propensos a dañarse porque el despacho se hace sin que el producto reciba algún impacto en todo el proceso.

Además de las ventajas mencionadas anteriormente, tenemos que el tamaño máximo de producto que puede despachar está determinado únicamente por la compuerta de salida, mientras que el tamaño más pequeño depende del tamaño de la ventosa utilizada, ya que para succionar un producto este debe por lo menos tapar el agujero de succión. El tiempo en que este mecanismo despacha un producto es en promedio 23 segundos, tiempo que varía dependiendo de la posición del producto dentro de la tienda. Para obstaculizar los posibles robos el producto es despachado por medio de un carrusel el cual impide de que se meta alguna clase de objeto o partes del cuerpo humano para agarrar los productos que están dentro de la tienda y que no han sido despachados.

Una de las principales ventajas de este mecanismo es que el producto no está agarrado por lo que no se desperdicia espacio en separadores que aumentan el costo

del mismo y roban espacio de exhibición. Debido a esto se ofrece una mayor visibilidad de los productos y ayuda en la conexión con el cliente ya que el cliente siente como que puede agarrarlo y además no se desperdicia espacio cuando hay producto de diferentes tamaños en la misma fila ya que se pueden hacer subdivisiones. Esto hace que la cantidad máxima de productos que está tienda puede almacenar sea superior al mecanismo descrito anteriormente.

2.3 Mecanismo de espiral

2.3.1 Acerca de la empresa

Este mecanismo no posee una empresa oficial que lo produzca debido a que es el estándar mundial utilizado en las máquinas vendedoras que despachan golosinas, dulces y otro tipo de productos comestibles. Una de las pocas excepciones que se encuentra disponible de máquinas que utilicen este mecanismo pero que despachen productos similares a los despachados por las dos tiendas automatizadas mencionadas anteriormente es realizada por la empresa MyMemory y es utilizada por la empresa Kingston para promover su amplia variedad de memorias. Además de la construcción de la máquina, la empresa MyMemory es responsable de llenar la máquina regularmente y monitorear las ventas remotamente usando una nueva tecnología de telemetría.

Esta máquina es considerada la primera máquina vendedora que despacha memorias Flash y en ella se ofrece el rango completo de capacidades y tipos de Kingston. Posee un selector de memorias para que los clientes puedan estar confiados de que están comprando la memoria correcta para el dispositivo que desean. Viene a cubrir la gran necesidad que se está viendo de que las personas constantemente quieren más capacidad de almacenaje para sus teléfonos celulares, cámaras digitales y dispositivos USB para almacenar música, imágenes, juegos, videos e información personal.

Figura 10. Tienda automatizada para venta de memorias Kingston.



Fuente: <http://www.trustedreviews.com/storage/news/2007/04/16/Kingston-Launches-UK-Memory-Vending-Machines-/p1>

2.3.2 Descripción del mecanismo

La base del mecanismo es un espiral en el cual se colocan varios productos en cada una de las vueltas que posee. Este espiral es girado por un motor con el fin de que empuje los productos hacia adelante y vayan cayendo uno a uno en un espacio

destinado con este propósito para que el cliente los puede agarrar. La forma de colocar los productos es la siguiente.

Figura 11. Forma de colocar los productos a ser despachados por el mecanismo espiral.

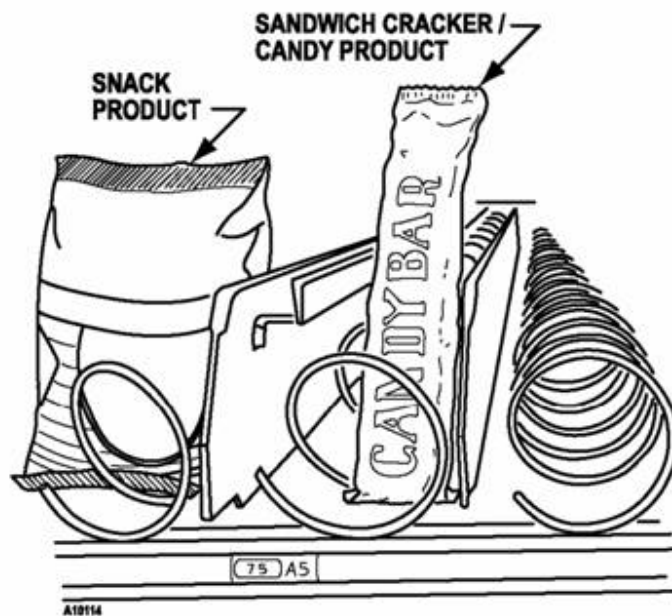


FIGURE 2. LOADING PRODUCTS

Fuente:http://www.vending.com/vending_machines/snack_vending_machines/23_selections/manual/

Es necesario resaltar que para cada uno de los diferentes productos que se vayan a vender en las máquinas o tiendas automatizadas que utilicen este tipo de mecanismo es necesario crear un mecanismo completo. Este mecanismo aunque es hecho de diferentes maneras, debido a la diversidad de empresas que lo utilizan, en general está compuesto por un espiral, un motor, un tren de engranajes, los separadores en los costados y el adaptador de hélice (spline), el cual sirve como unión entre el espiral y el tren de engranajes. Cada una de estas piezas se muestra en la siguiente figura:

Figura 12. Componentes principales del mecanismo de espiral.

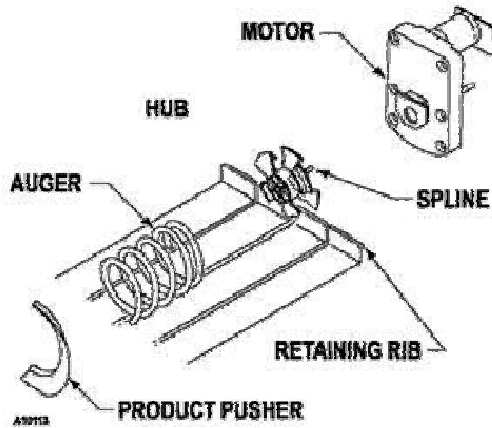
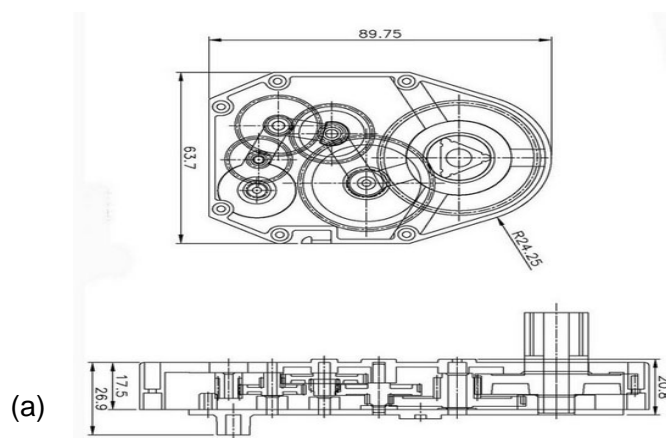


FIGURE 3. MOTOR & AUGER

Fuente: http://www.vending.com/vending_machines/snack_vending_machines/23_selections/manual/

El componente principal es el tren de engranajes el cual convierte la alta velocidad y poco torque del motor en velocidad y torque adecuados para que el espiral pueda despachar de forma efectiva un producto. La clase de tren de engranajes usado para esta aplicación tiene en promedio unos de 90mm de largo, 65mm de ancho, 20mm de alto, pesa 300g, tiene una razón de reducción de 1:873, produce un torque de 8kgw.cm y posee una velocidad de 6 RPM.

Figura 13. Tren de engranajes utilizado en mecanismo de espiral.





(b)

Fuente: <http://www.plastic-gear-manufacturer.com/vending-machine-gearbox.htm>

Para realizar un despacho correctamente, los fabricantes de este clase de mecanismo, aconsejan que el tamaño del producto a ser vendido debe ser mayor que el diámetro del espiral que va a ser utilizado, y también aconsejan que la mejor posición que puede tener la terminación del espiral es la posición de las seis en punto, tomando en consideración un reloj de agujas. Esto se alcanza debido a que cada espiral puede ser rotada por incrementos de 20 grados dándole diferentes terminaciones al espiral.

2.3.3 Componentes y características

Los componentes principales en el mecanismo de despacho de esta tienda automatizada son los siguientes:

- Motor
- Espiral
- Tren de engranajes
- Adaptador de espiral
- Separadores

Este mecanismo es ampliamente utilizado a nivel mundial porque representa una de las formas más simples, visto desde el punto de visto mecánico y electrónico, de despachar diferente clase de productos sin necesitar de muchos cambios, sin

importar la forma o constitución del producto. Es de resaltar su alta fiabilidad comparado con su costo ya que únicamente necesita de un sensor óptico que detecte el paso del producto para garantizar que el despacho se haya realizado correctamente.

Como desventajas de este mecanismo se tiene que el producto sufre un impacto al momento de ser despachado por lo que el empaque puede resultar dañado y en un caso extremo el producto puede quedar severamente dañado o incluso inservible. Esto de alguna manera disminuye la variedad de productos que pueden ser vendidos por tiendas que utilicen este mecanismo. Otra desventaja es que por cada uno de los diferentes productos es necesario armar completamente un mecanismo, por lo que una tienda automatizada grande va a tener un costo elevado si lo comparamos con las tiendas que utilizan únicamente un mecanismo para todos los productos.

3. DISEÑO DEL MECANISMO DE DESPACHO

3.1 Análisis de necesidades

Antes de realizar el diseño del mecanismo es importante hacer un análisis de todas las necesidades que se desea que este supla y las características principales que debe tener para que sea agradable a la gente, funcione adecuadamente y tenga un costo bajo que haga rentable su creación en el país. Esto va a ser logrado en gran parte tomando en cuenta las características, ventajas y desventajas mencionadas para cada uno de los mecanismos presentados anteriormente.

El primer análisis que debe hacerse es en base a los tipos de productos que el mecanismo podrá despachar; más específicamente, debemos delimitar los tipos de empaques y el contenido de los productos. Para ello es importante notar que los productos que actualmente son de alto consumo son aquellos que se relacionan de alguna manera con la tecnología, en especial en el área de la computación y el entretenimiento. Prueba de esto es que las tres tiendas automatizadas presentadas en el capítulo anterior venden esta clase de artículos. La mayoría de estos productos utilizan el empaque de tipo blíster en el cual se tiene una abertura en medio en el extremo superior para que el producto pueda ser colgado adecuadamente para su exhibición y para que sea de fácil acceso para el cliente.

El blíster es un excelente empaque que permite ver el producto al mismo tiempo que lo protege y lo exhibe. Por lo general para utilizar este tipo de empaque se utiliza un material de soporte que puede ser cartón, o el mismo material polimérico plegado, sobre el cual se adhiere una burbuja rígida y transparente que cubre y asegura el producto. Este tipo de empaque tiene la ventaja de que aunque las dimensiones y las formas de los productos varíen, la abertura se mantiene en la misma posición y con las mismas dimensiones en todos los empaques. Esto hace que una varilla de metal

utilizada para colgar los productos sea estándar y se use para exhibir toda la variedad de productos que son empacados con blíster.

Figura 14. **Ejemplo de producto empacado con blíster.**



Fuente: <http://www.kmc-computers.com/InkPhoto/hp29lg.jpg>

Los productos empacados con blíster son por lo regular de alto consumo, esto significa que se necesitan constantemente y es necesario que estén en lugares bastante accesibles. Estos requisitos se cumplen si se utiliza una tienda automatizada para vender estos productos, ya que están regularmente en lugares de alto tráfico de personas por su tamaño y costo reducido. Entre los principales productos que poseen empaque de blíster y que tienen gran demanda en el mercado tenemos los siguientes:

- Suministros de computación
- Memorias flash USB
- Tarjetas de memoria
- Baterías
- Mouses
- Cables
- Cargadores de baterías
- Estuches

Otra característica con la que debe contar el mecanismo de despacho, y que poseen los tres mecanismos mencionados anteriormente es que el producto esté

visible al cliente. Según expertos del comportamiento humano con lo referente a las ventas, el hecho que el cliente vea el producto le transmite seguridad al momento de comprar y rompe el hielo entre la máquina y el cliente. Esto es una característica muy importante debido a que este tipo de máquinas no pretende cambiar los hábitos de compras de las personas sino que trata de adaptarse a ellos; de lo contrario lo más probable es que el cliente decida no comprar, o comprar en otro lugar.

Además es importante analizar el mecanismo basados en los costos de fabricación del mismo. Si se comparan los tres mecanismos anteriores resulta obvio que el mecanismo de espiral es más económico que los otros dos mecanismos los cuales cuentan con posicionamiento cartesiano de un brazo robótico. Lo que lo hace ser más económico es el hecho de necesitar únicamente de un sensor de paso para saber si el producto fue despachado y que utiliza la gravedad para llevar el producto hasta el lugar donde el cliente lo puede tomar. Esto reduce la variedad de productos a despachar debido al impacto que se sufre en la caída, pero visto desde una perspectiva económica beneficia en gran manera.

3.2 Diseño del mecanismo

Como base para realizar el diseño del mecanismo de despacho de bajo costo podemos tomar el análisis realizado en la sección anterior, en el cual se encontraron los siguientes puntos principales:

- Permitir que el producto sea visible.
- Adaptarse a productos empacados con blíster.
- Utilizar la gravedad como ayuda para el despacho del producto.

Para empezar con el diseño es importante notar que los productos empacados con blíster son hechos para que cuelguen de una varilla de 5mm de diámetro y en la cual se cuelgan varios productos, uno detrás de otro. La varilla es totalmente horizontal pero al final tiene un quiebre con ángulo hacia arriba para que los productos no caigan fácilmente cuando no han sido tomados. De esta manera los productos se

exhiben manteniendo siempre un orden y el consumidor toma fácilmente el que desea. Esta forma de vender es utilizada ampliamente en tiendas de conveniencia y supermercados, representando una de las mejores opciones para cuando se tiene un gran inventario y una alta demanda de productos.

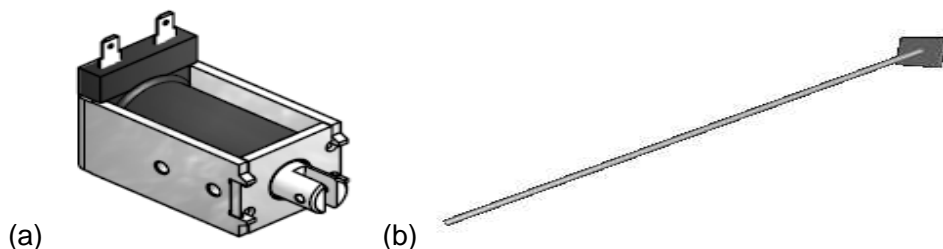
Figura 15. Ejemplo de productos exhibidos utilizando el empaque de blíster.



Fuente: <http://www.instintoguapo.com/2006/07/productos-borrados-en-exhibicin.html>

Una varilla como la mencionada anteriormente y que es mostrada en la figura anterior, con unas modificaciones en su forma, y además un selenoide con algunos componentes adicionales son la base del mecanismo de despacho.

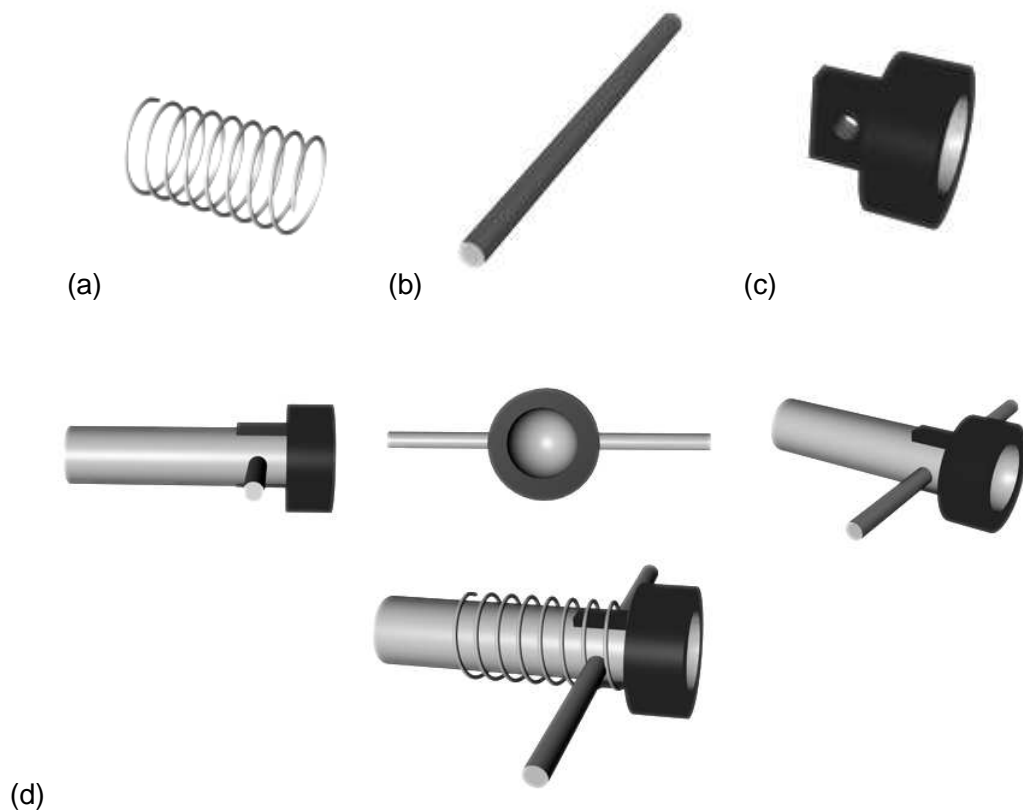
Figura 16a y 16b. Componentes principales del mecanismo. (a) Selenoide (b) Varilla



Fuente: (a) <http://www.deltrol-controls.com/files/D30%20Dim%20Dwg.pdf>

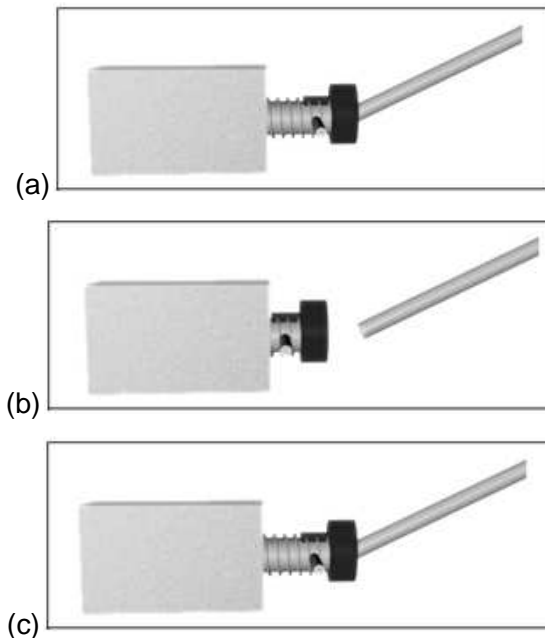
Los componentes adicionales que debe llevar el selenoide son una cabeza de hule, un pin de metal y un resorte de acero. Estos son mostrados en la figura 17:

Figura 17a, 17b, 17c, 17d. **Componentes adicionales del mecanismo. (a) Resorte (b) Pin de metal (c) Cabeza de hule (d) Diferentes vistas de los componentes adicionales ensamblados en el selenoide.**



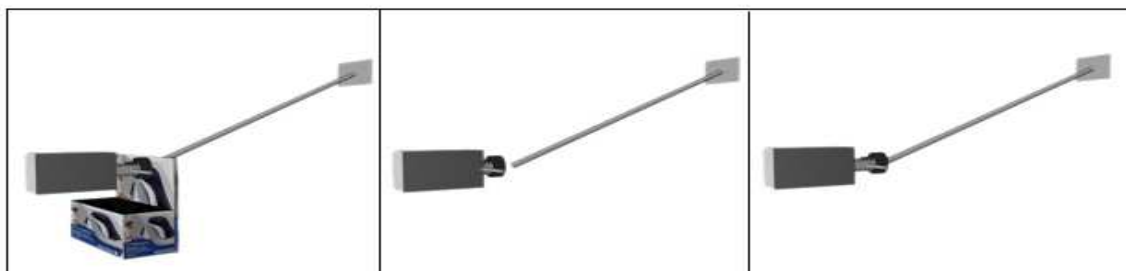
Juntando los dos componentes principales (selenoide y varilla) y los componentes adicionales (cabeza, pin y resorte) tenemos que la acción general del mecanismo de despacho es únicamente activar el selenoide por un breve período de tiempo para que vayan cayendo uno a uno los productos colgados en la varilla. Cuando el selenoide deja de recibir señal de activación la fuerza del resorte lo obliga a regresar a su posición inicial. Este proceso se muestra a continuación:

Figura 18a, 18b y 18c. **Secuencia de despacho del mecanismo.**



Cuando el selenoide está desactivado mantiene su cabeza afuera por la fuerza que aplica el resorte, razón por la cual, este tiene que tener la suficiente fuerza para mantener sostenidos los productos en la varilla. Cuando el selenoide es activado debe retraer la cabeza sólo unos cuantos milímetros permitiendo que un único producto sea el que caiga. También es necesario tomar en cuenta que si el selenoide está demasiado separado de la varilla, puede darse el caso que el selenoide no posea la fuerza necesaria para retraerse y el despacho no se realice por lo que la separación debe ser la mínima posible. En los siguientes dibujos se muestra la forma en la que va a realizar el despacho de un producto:

Figura 19. **Secuencia de despacho de un producto.**



Ya que se ha analizado la idea general del mecanismo y se ha mostrado la forma en que funciona, se describirán los valores y cálculos necesarios para cada uno de los elementos que intervienen con el fin de tener un mecanismo funcionando adecuadamente.

3.2.1 Varilla de metal

Esta varilla de metal de 5mm tiene la única restricción que debe ser de un material no propenso a la magnetización para que no sea atraído cuando se accione el selenoide y no contribuya a que este desperdicie fuerza. Los ejemplos más comunes de este tipo de material que son utilizados para hacer varillas son el acero inoxidable y el aluminio. De estos dos materiales es preferible el acero inoxidable por su rigidez y por ser un material utilizado ampliamente en la industria.

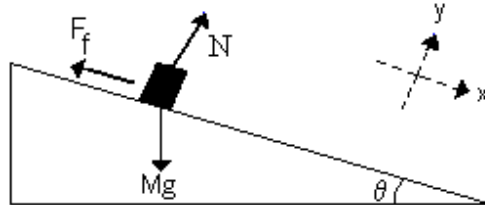
Es necesario que esta varilla tenga el ángulo de inclinación tal que el despacho se realice adecuadamente debido a que poca inclinación haría que el producto no resbalara, y por el contrario, mucha inclinación hace que caigan dos productos en un despacho. Para calcular el ángulo de inclinación necesario se utiliza la segunda Ley de Newton la cual relaciona todas las fuerzas involucradas con la masa:

$$\sum F = ma$$

Ecuación 3.1.

Las fuerzas que intervienen en el deslizamiento de los productos por la varilla son el peso del producto, la normal y la fuerza de fricción entre el empaque y la varilla. Es importante notar que para el análisis no se utiliza la fuerza que ejerce el producto de atrás debido a que el último no posee esa fuerza y necesitamos que el último producto también resbale hasta llegar al final, por lo que el ángulo que va a tener la varilla es el necesario para que resbale un solo producto aunque no hayan otros empujándolo. Las fuerzas y los parámetros que intervienen se muestran en la siguiente figura:

Figura 20. Fuerzas que intervienen en el deslizamiento de un producto por la varilla.



Tomando por separado los componentes de fuerzas del eje X y del eje Y tenemos el siguiente conjunto de ecuaciones que nos indican cual es el ángulo de inclinación correcto para el despacho:

Figura 21. Ecuaciones de resolución del problema planteado en la figura 20.

$\sum F_x = ma_x$ $Mg \sin \theta - F_f = ma_x$ $Mg \sin \theta - \mu N = ma_x$ $Mg \sin \theta - \mu Mg \cos \theta = ma_x$ $Mg \sin \theta = \mu Mg \cos \theta$ $\mu = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$ $\theta = \tan^{-1}(\mu)$	$\sum F_y = ma_y$ $N - Mg \cos \theta = 0$ $N = Mg \cos \theta$
--	---

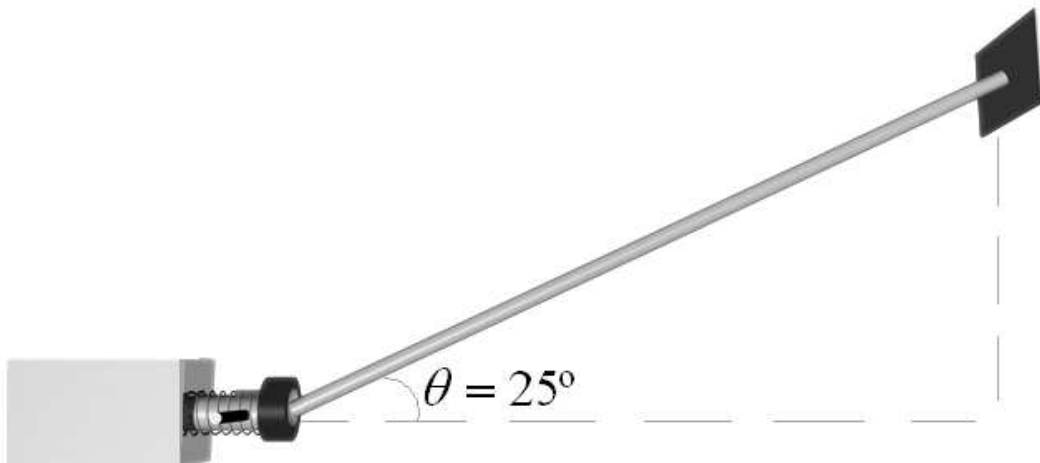
Como se puede ver en el resultado final el ángulo no depende del peso del producto sino que depende únicamente del coeficiente de fricción entre la varilla y el material utilizado para empaquetar el producto. El material utilizado comúnmente para empaquetar productos es cartón o plástico, y el coeficiente de fricción entre estos materiales y el acero inoxidable varía desde 0.35 hasta 0.45. A continuación se muestra una tabla que relaciona cada valor de coeficiente de fricción con un ángulo de inclinación:

Tabla I. Relación entre el coeficiente de fricción y el ángulo de inclinación.

Coeficiente de fricción μ	Ángulo de inclinación θ
0.35	19.29°
0.36	19.80°
0.38	20.81°
0.39	21.31°
0.40	21.80°
0.41	22.29°
0.42	22.78°
0.43	23.27°
0.44	23.75°
0.45	24.23°

Según los resultados de la tabla anterior podemos ver que todos los productos van a resbalar sin ningún problema si el ángulo de inclinación está arriba de 24.23°. Por esto es que se va a utilizar para la varilla un ángulo de 25° de inclinación.

Figura 22. Localización del ángulo de inclinación de la varilla.



3.2.2 Selenoide y componentes

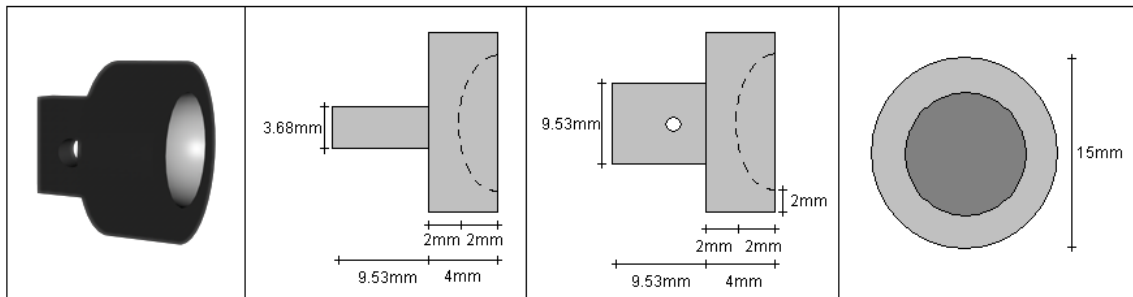
Los componentes que acompañan al selenoide son la cabeza de hule, el pin de metal y el resorte.

Figura 23. **Selenoide, resorte, pin y cabeza de hule.**



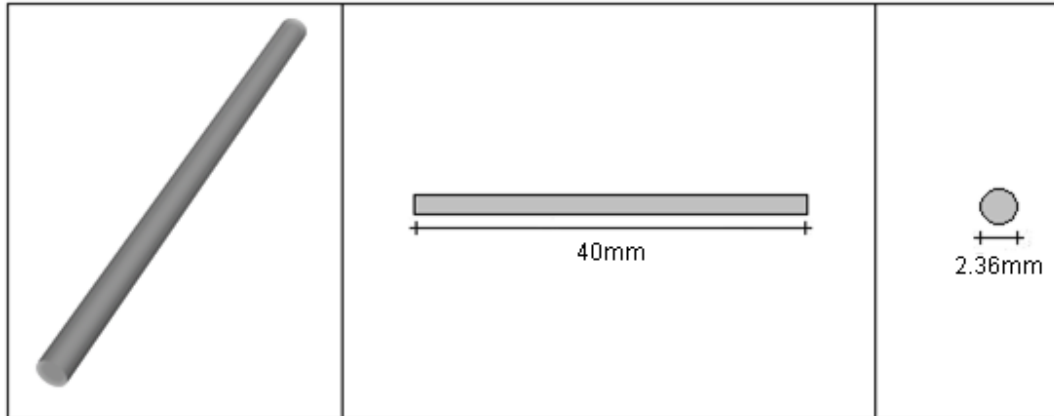
La cabeza está hecha de hule debido a que es un material no magnético, se pueden realizar varios diseños y tiene un costo bajo debido a que para su fabricación se utiliza un molde que hace que su producción sea bastante rápida y queden todas muy parecidas. Posee un hoyo cóncavo de dos milímetros de profundidad en el cual se introduce la varilla y le sirve como juego para que el producto no caiga cuando no ha habido algún despacho.

Figura 24. **Dimensiones de la cabeza de hule.**



El pin de acero inoxidable es usado para sujetar la cabeza al selenoide y además sirve para tener un método adecuado para recargar el mecanismo con más productos, o accionarlo manualmente.

Figura 25. Dimensiones del pin de metal.



Para escoger el selenoide y el resorte es necesario tomar en cuenta los pesos de los productos que van a despacharse, ya que el resorte debe soportar este peso sin permitir que caigan y el selenoide debe comprimir el resorte lo suficiente para permitir el despacho correctamente. Se toma que el máximo peso de los productos colgados de una varilla es de una libra en total, que convertidos a Newtons son 4.45 N. Debido al ángulo de la varilla no todo el peso va a ir hacia el resorte sino únicamente la componente paralela a la varilla, y esto nos da como resultado que el peso que debe soportar el resorte sin comprimirse es de:

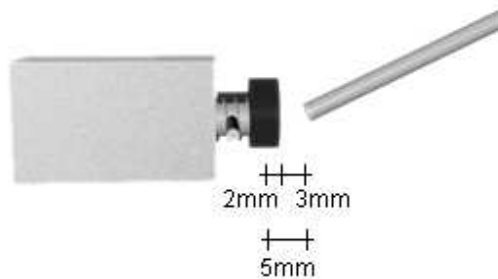
$$Mg \sin \theta = 4.45 \sin 25 = 1.88 \text{ N} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Entonces el peso que va a caer sobre el resorte son únicamente los 1.88 N. En este punto es donde la cabeza de hule ayuda al resorte, ya que está diseñada para que pueda tener un juego de 2mm sin que el producto caiga. Esto se consigue por medio de la profundidad del hoyo que se hace en medio a la cabeza. Con estos datos y por medio de la relación que existe entre la fuerza y la distancia, podemos obtener la constante de elasticidad K del resorte:

$$K = \frac{F}{x} = \frac{1.88}{0.002} = 940 \frac{N}{m} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Tomando en cuenta un margen de error se deja la constante de elasticidad del resorte en 1,000 N/m. Después de escoger esta constante se escoge el selenoide que va a ser el encargado de comprimir el resorte y para ello debemos tomar en cuenta que para que caiga el producto es necesario superar los 2mm de profundidad que tiene la cabeza de hule y además debe existir 3mm de separación entre la varilla y la cabeza de hule. Estas distancias se muestran en la siguiente figura:

Figura 26. **Separación necesaria entre el selenoide y la varilla.**



Con estas distancias se calcula que el selenoide apto para esta aplicación debe ser capaz de comprimir el resorte escogido una distancia de 5mm:

$$F = kx = (1000)(0.005) = 5 N \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Entonces, el selenoide debe tener una fuerza mayor de 5 N a 5mm de distancia para ser capaz de retraerse. Para tener un margen de error por las caídas de voltaje que existen en los componentes de control y para que la velocidad de reacción del selenoide sea rápida se escoge un selenoide con las siguientes características:

Tabla II. **Fuerza del selenoide en función de la distancia.**

Distancia mm	Fuerza N
0	36.98
3.175	16.12
6.35	11.12
9.525	6.95
12.7	4.45
15.875	0

Como se observa en la fila resaltada en la tabla anterior, a 6.35mm de distancia este selenoide tiene una fuerza de 11.12 Newton, lo cual representa suficiente fuerza para comprimir el resorte con una aceleración adecuada tomando en cuenta un margen de error amplio para garantizar el despacho. En la siguiente tabla se muestran todas las características eléctricas que posee el selenoide escogido:

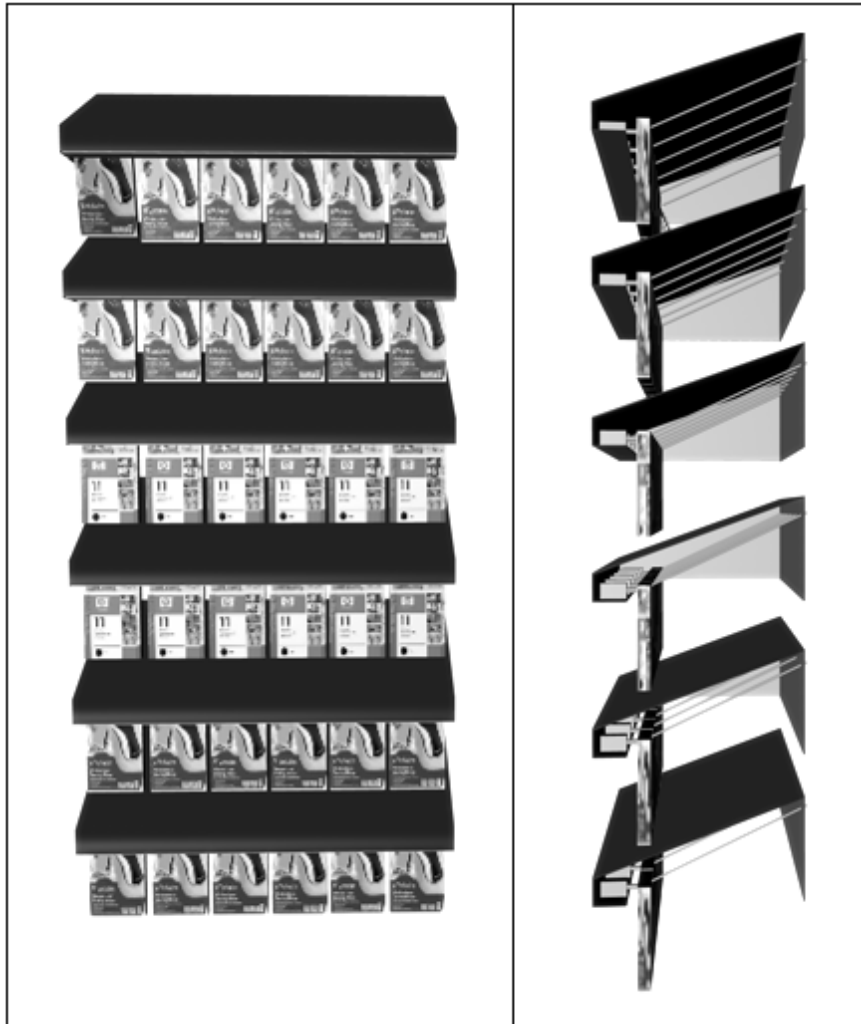
Tabla III. **Especificaciones eléctricas del selenoide.**

Parámetro	Valor
Voltaje	12 VDC
Resistencia	6.71
Potencia	21 Watts
Ciclo de trabajo	Intermitente
Tiempo	25% - 3 min. Máximo.
Fuerza dieléctrica	500 VRMS por 1 min.

3.3 Diseño de la bandeja

Para mantener ordenada la exhibición y ocultar el mecanismo de despacho es necesario que este se coloque dentro de una bandeja. El tamaño de esta bandeja depende de la cantidad y las dimensiones de los productos que se vayan a despachar. Si se considera que estos miden 15cm de ancho y que hay 6 por cada bandeja con un centímetro de separación entre cada uno, el ancho de cada una de estas es de 97cm.

Figura 27. Diseño de la bandeja para colocación del mecanismo de despacho.



3.4 Características principales

Un resumen de las características que posee el mecanismo diseñado en este capítulo es el siguiente:

- Bajo costo
- Pocos componentes
- Fácil de ampliar
- Fácil de mantener

- Utiliza únicamente un sensor para garantizar el despacho
- Mantiene seguro el producto
- Despacha productos de varios tamaños

3.5 Limitaciones

El mecanismo diseñado posee dos limitaciones, las cuales serán explicadas a continuación junto con las soluciones.

3.5.1 Doble despacho

Debido a que los productos cuelgan de la misma varilla y están uno detrás de otro se puede dar el caso que cuando se accione el mecanismo de despacho sean despachados dos productos en lugar de uno. Esto se da cuando los empaques de los productos a despachar son delgados o cuando la misma forma del empaque hace que las pestañas de la parte de arriba donde cuelgan los productos tiendan a juntarse.

Figura 28. **Dos productos con las pestañas juntas.**



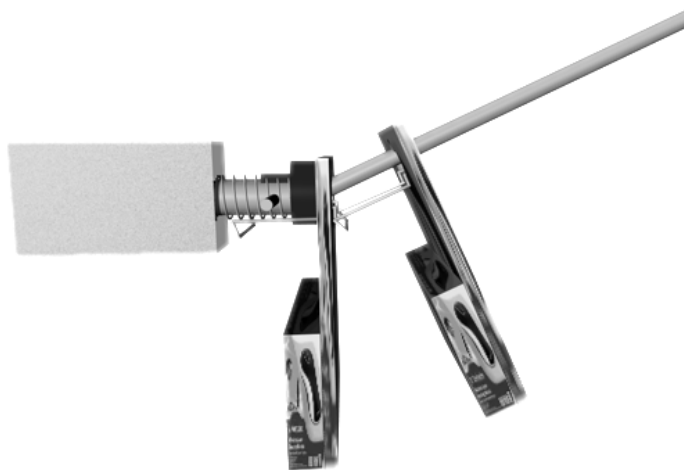
Para solucionar este problema primero hay que revisar que el tiempo que tarda el mecanismo estando accionado sea el necesario ya que un tiempo largo hace que dos productos sean despachados al mismo tiempo. En promedio este tiempo debe ser menor a 150 milisegundos para un funcionamiento adecuado. Si este tiempo ha sido revisado y el problema continuó es necesario utilizar un separador especialmente diseñado para que el espacio entre productos sea el adecuado.

Figura 29. **Forma y posición del separador.**



Este separador es colocado en cada producto de la forma mostrada en la figura anterior y el ponerlo tiene como resultado que las distancias entre productos se vuelven homogéneas. La separación necesaria promedio es de 2.5cm entre cada producto para garantizar que no se despachen dos productos. En la siguiente imagen se muestran como quedan los productos cuando es utilizado el separador:

Figura 30. **Productos utilizando el separador.**



3.5.2 Cantidad máxima de productos

Otra limitación que presenta el mecanismo es la cantidad de productos que pueden ser colocados en la misma varilla. Esto es debido a que los productos que

están en la cola ejercen una fuerza en la componente horizontal con su mismo peso y cuando esta fuerza es mayor que el peso del producto se da el problema que en lugar de caer, el producto queda pegado al hule. Para determinar cuántos productos pueden ser colocados en la misma varilla hay que tomar como referencia el ángulo de 25° de inclinación que se estableció anteriormente. Suponiendo que el peso de un producto es X Newton, el peso en la componente horizontal se obtiene así:

$$X \sin \theta = X \sin 25 = X (0.4226) \quad \text{Ecuación 3.5}$$

O sea que 42.26% del peso del producto se ejerce como fuerza sobre el de adelante, por lo que para saber cuántos productos podemos poner atrás del primero lo hacemos de la siguiente manera:

$$\text{No. productos} = \frac{\text{Peso del producto}}{\text{Fuerza de los otros productos}} = \frac{X}{0.4226X} = 2.37$$

Con esto llegamos a la conclusión que teóricamente se pueden colocar 2 productos detrás del primero, por lo que cada varilla puede tener 3 productos máximo. Ahora bien, en la práctica se han probado que puede tener hasta 4 productos cada varilla. Además de esto es importante notar que la varilla no debe ser muy larga porque los productos producen un torque y hacen que esta se salga de su lugar establecido en la cabeza de hule por lo que puede verse afectado el despacho. Este problema puede arreglarse colocando un soporte que haga esta varilla más rígida.

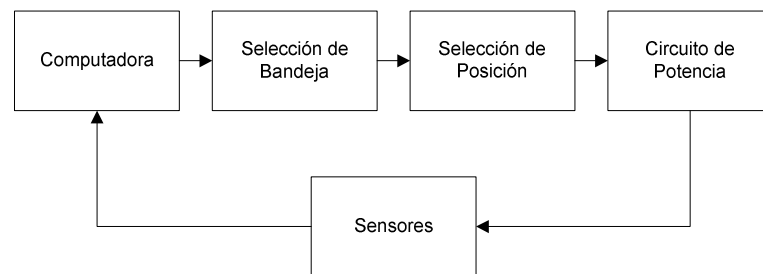
Figura 31. Varilla de metal con soporte para ayudar a la estabilidad.



4. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL

En el capítulo anterior se mostró que la exhibición de la tienda automatizada está compuesta por seis bandejas y que en cada una de estas bandejas hay seis posiciones posibles para colocar productos. Con base en lo mencionado anteriormente a continuación se muestra el diagrama de bloques de los elementos de control:

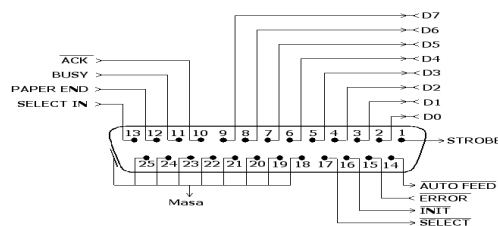
Figura 32. Diagrama de bloques de los elementos de control.



4.1 Computadora

La computadora es la encargada de interactuar con el cliente, por medio de una pantalla *touchscreen*, y de controlar al resto de la circuitería electrónica. Este control será realizado por medio del puerto paralelo debido a que no necesita ningún dispositivo intermedio, como un micro controlador. Esto es debido a que por la cantidad de pines en este puerto el dato es recibido inmediatamente y no se necesita un buffer para recolectar la información, como es particular de los puertos seriales.

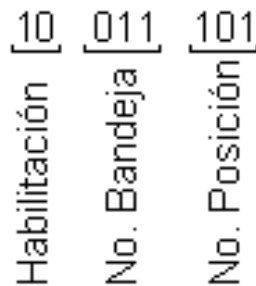
Figura 33. Configuración de pines del puerto paralelo de la computadora.



Fuente: <http://www.ucontrol.com.ar/Articulos/monitorpp/monitorpp.htm>

La forma en que la computadora envía la señal de control es utilizando los 8 pines de datos (D0...D7) del puerto paralelo LPT1 cuya dirección lógica es 378h. Los valores enviados por este puerto serán decodificados de la siguiente manera: los dos bits más significativos serán utilizados como habilitadores, los siguientes tres para escoger la bandeja y los últimos tres para escoger cual posición de esa bandeja se va a accionar.

Figura 34. Utilización de los ocho pines de datos del puerto paralelo.



Los primeros dos bits de habilitación deben ser de valor 1 y 0 respectivamente para que la circuitería esté activada y cualquier otra combinación para deshabilitarla. Según el ejemplo mostrado en la figura 32 podemos ver que la circuitería sí está habilitada, que la bandeja seleccionada es la número cuatro (011 debido a que la cuenta empieza desde 00) y que la posición seleccionada es la número seis (101). Después de poner la instrucción en el puerto es necesario esperar un tiempo y luego volver a inhabilitar la circuitería (01 000 000) para que el mecanismo funcione correctamente. Un ejemplo del código necesario para utilizar el puerto paralelo usando el lenguaje de programación C# es el siguiente:

```
private void PuertoParalelo(int bandeja, int posicion, int tiempo)
{
    int activar = 128; //10 000 000
    int desactivar = 64; //01 000 000
    int dato = activar + (bandeja - 1) * 8 + (posicion - 1);

    PortAccess.Output(adress, dato);
    Thread.Sleep(tiempo);
    PortAccess.Output(adress, desactivar);
}
```


El código anterior es un procedimiento que recibe como parámetros un número entero indicando la bandeja, un número entero indicando la posición dentro de la bandeja y el tiempo en milisegundos por el cual el mecanismo va a ser activado. Con el código mostrado es posible direccionar 64 diferentes posiciones, pero debido a que el mecanismo va a diseñarse tomando únicamente 36 posiciones sólo esta cantidad serán direcciones válidas. A continuación se muestra una tabla donde se especifican las direcciones válidas:

Tabla IV. Dirección de las 36 posiciones posibles.

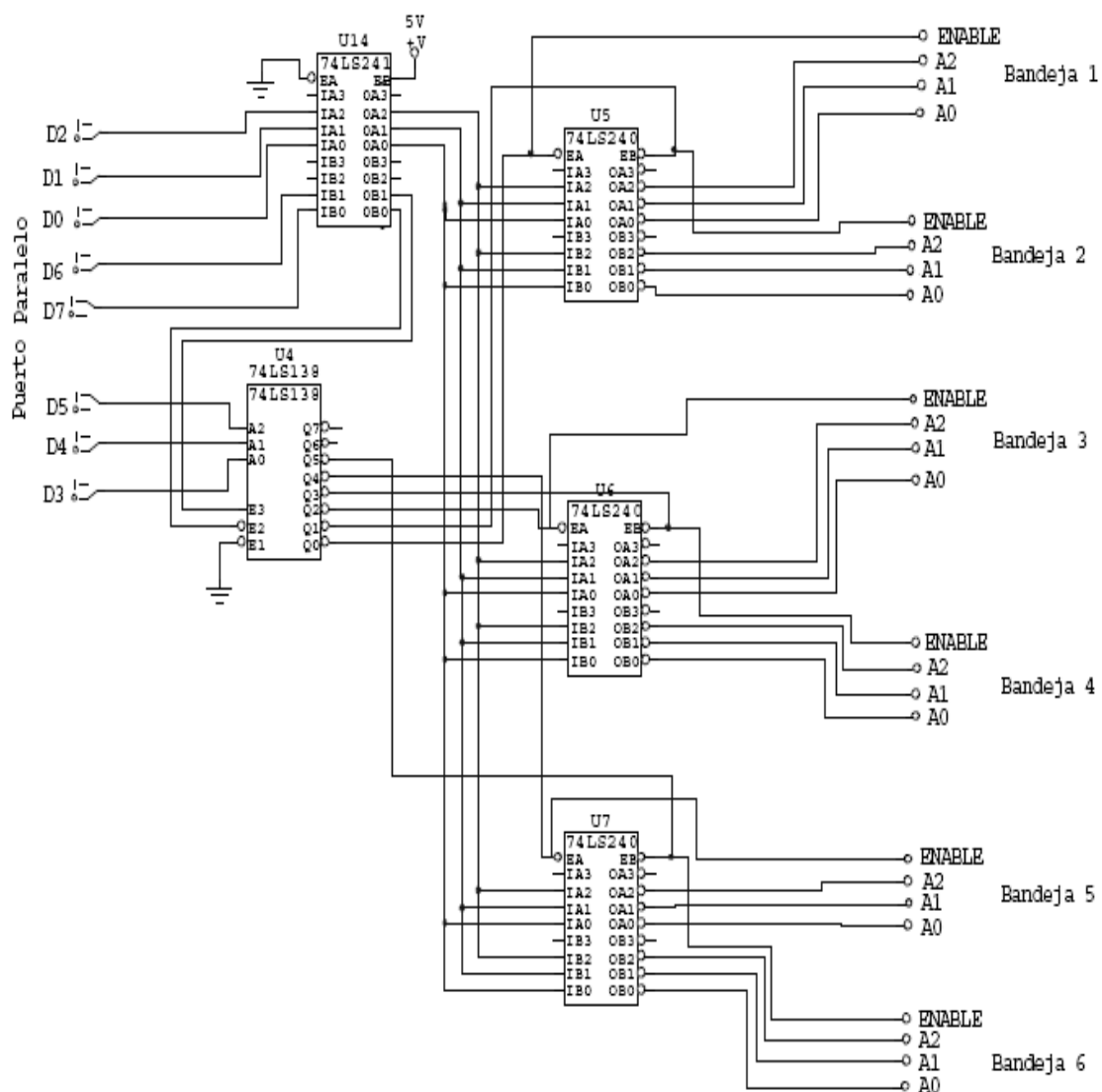
Bandeja	Posición	Dirección		
1	1	10	000	000
1	2	10	000	001
1	3	10	000	010
1	4	10	000	011
1	5	10	000	100
1	6	10	000	101
2	1	10	001	000
2	2	10	001	001
2	3	10	001	010
2	4	10	001	011
2	5	10	001	100
2	6	10	001	101
3	1	10	010	000
3	2	10	010	001
3	3	10	010	010
3	4	10	010	011
3	5	10	010	100
3	6	10	010	101
4	1	10	011	000
4	2	10	011	001
4	3	10	011	010
4	4	10	011	011
4	5	10	011	100
4	6	10	011	101
5	1	10	100	000
5	2	10	100	001
5	3	10	100	010
5	4	10	100	011
5	5	10	100	100
5	6	10	100	101
6	1	10	101	000
6	2	10	101	001
6	3	10	101	010
6	4	10	101	011
6	5	10	101	100
6	6	10	101	101

4.2 Selección de bandeja

Esta etapa de la parte de control recibe la señal de la computadora y selecciona por medio de un demultiplexor de 3 a 8 (74LS138), representado en la figura 33 como U4, una de las seis bandejas disponibles. Es habilitado por medio de los dos bits más significativos del registro de datos del puerto paralelo conectados a la entrada E3 y E2, siendo estas de habilitación positiva y negativa respectivamente. Para seleccionar una

de las seis bandejas el demultiplexor realiza dos funciones: Primero manda una señal de habilitación a la siguiente etapa de control (Pin ENABLE en la figura 33) y, segundo, habilita una sección de uno de los buffer tri-estado (74LS240), representados con U5, U6 y U7, para que mande a la siguiente etapa los tres bits menos significativos del puerto paralelo que sirven para escoger la posición de la bandeja.

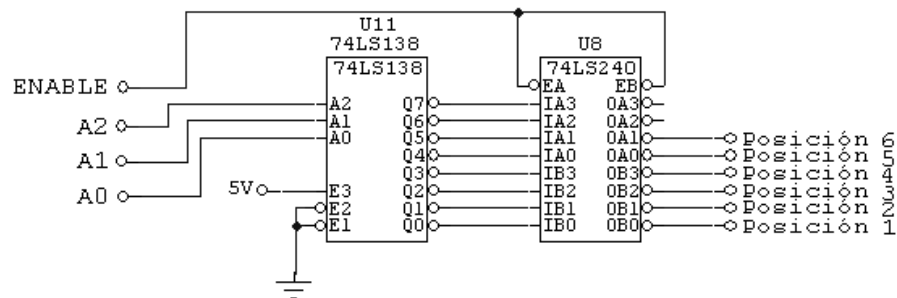
Figura 35. **Diseño electrónico de la selección de bandejas.**



4.3 Selección de posición

Después que se ha seleccionado una de las seis bandejas, se selecciona una de las seis posiciones posibles dentro de la bandeja. Esto se hace por medio de un demultiplexor 3 a 8 (74LS138) que con las señales A0, A1 y A2 decide a cuál de las posiciones mandarle la señal de activación. Antes de pasar a la etapa de potencia la señal pasa por un buffer inversor tri-estado (74LS240) que es controlado por la señal de habilitación desde la etapa anterior y que además sirve para que la corriente que le llegue a la etapa posterior tenga el suficiente nivel de corriente para funcionar.

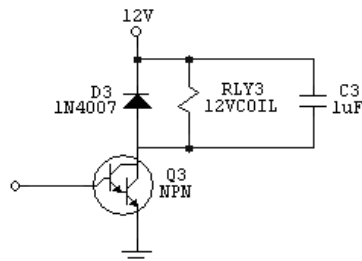
Figura 36. Diseño electrónico de la selección de posición.



4.4 Circuito de potencia

El circuito de potencia utilizado para activar el selenoide consiste en un transistor Darlington (Q3), un capacitor (C3) y un diodo de circulación libre (D3).

Figura 37. Diseño electrónico del circuito de potencia.



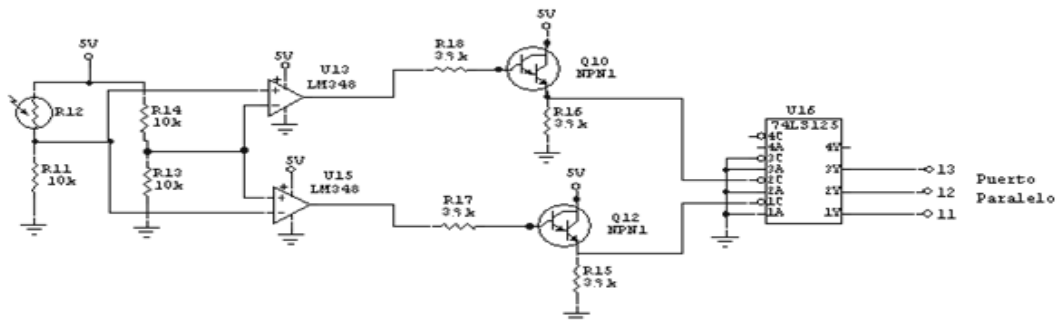
Este circuito funciona como un interruptor usando el transistor en corte y saturación. Mientras la base no tenga una corriente suficiente para activar el transistor este se encuentra en corte, pero cuando se envía una señal tal que excite lo suficiente al transistor este logra entrar en saturación haciendo que la corriente de colector aumente hasta darle al selenoide la suficiente energía para que se active. El transistor utilizado es un TIP110 que posee configuración Darlington con suficiente ganancia para que los flancos de la señal de entrada se mantengan verticales y sin deformaciones. Posee una ganancia de corriente en DC de 2500, y una corriente de colector máxima de 4 amperios si la señal es intermitente, como la aplicación para la cual lo vamos a utilizar, por lo que no necesita disipador.

El diodo de circulación libre es necesario debido a los efectos de voltaje inverso elevado que desarrolla un inductor (selenoide) cuando se le corta la corriente instantáneamente. Este voltaje inverso puede llegar a ser de cientos de voltios, lo que arruinaría el transistor inmediatamente por lo que el diodo es un camino por el cual este voltaje circule. Este diodo es ayudado por el capacitor el cual cumple la función de que el voltaje se vuelva oscilatorio para controlar el voltaje elevado.

4.5 Retroalimentación

Para determinar si el producto fue o no despachado se utiliza un sensor óptico que detecta el paso del producto. El sensor está compuesto por un led láser que junto a una fotorresistencia son los encargados de detectar el paso de los productos.

Figura 38. **Diseño electrónico del circuito de retroalimentación.**



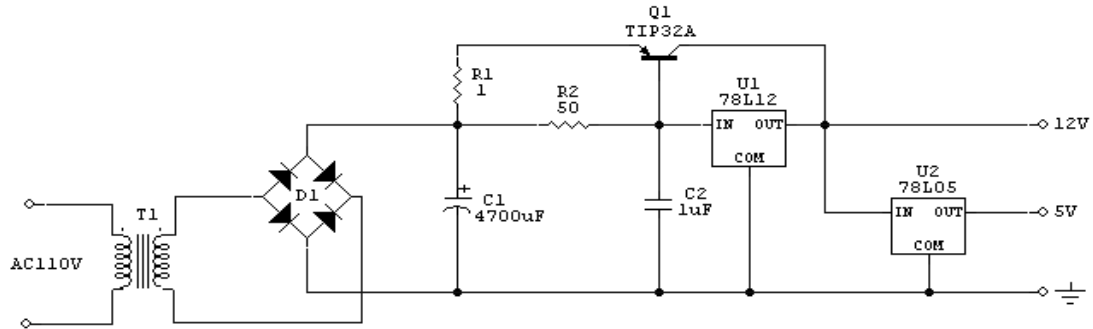
La señal que transmite la fotorresistencia (R12) va a un amplificador operacional (U13 y U15) que se encarga de dar un voltaje dependiendo de lo que sea detectado. Después de esto se tiene un transistor (Q10 y Q12) que funciona en corte y saturación para poder suministrar voltajes lógicos TTL que entienda el integrado. Por último tenemos un buffer tri-estado (U16) que se encarga de mandar las señales obtenidas a los pines 11, 12 y 13 del puerto paralelo, los cuales son parte de un registro de lectura del puerto.

En la figura 36 hay dos amplificadores operaciones, dos transistores y dos señales al puerto que salen de la fotorresistencia; esta configuración dual tiene como objetivo no sólo detectar si un producto pasó sino también si el láser está encendido y dirigido hacia el lugar correcto. La tercera señal que es ingresada al puerto paralelo (Pin 13) sirve para determinar si la fuente de alimentación del circuito de control está encendida antes de realizar cualquier despacho para no realizar un despacho ficticio. Con esta etapa de retroalimentación podemos garantizar que el despacho se realice y que el cliente reciba su producto ya que si no se detecta el paso del producto se despacha nuevamente. Si después de tres intentos el producto no es despachado se le devuelve el dinero al cliente y la máquina entra en modo de fuera de servicio.

4.6 Fuente de alimentación

Los voltajes que se utilizan son 5V para la circuitería digital y 12V para el circuito de potencia. Según lo visto en los diagramas anteriores la fuente de 5V proporciona poca corriente ya que únicamente alimenta circuitos integrados de poca potencia; mientras que el circuito de potencia necesita aproximadamente 1.75 amperios los cuales no pueden ser entregados por el 78L12 (U1), por lo que se le agrega un espejo de corriente (Q1) que se encarga de proporcionar más corriente manteniendo el mismo voltaje.

Figura 39. Diseño electrónico de la fuente de alimentación.



Esta fuente de alimentación utiliza un transformador (T1) que convierte de 110VAC a 12VAC, los cuales son rectificadas por el puente de diodos (D1), luego se le elimina el rizo con el capacitor electrolítico (C1) y esta señal es ingresada a los reguladores (U1 y U2), los cuales son los encargados de proporcionar el voltaje requerido.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico que se presenta a continuación tiene como principal propósito definir si es factible fabricar tiendas automatizadas en Guatemala, y en especial comprobar si el mecanismo propuesto representa la manera más económica de comenzar esta clase de tiendas. Este análisis se realiza en base a la comparación de los costos entre los mecanismos de despacho que existen actualmente, los cuales fueron presentados en el segundo capítulo de este trabajo de tesis, y el mecanismo propuesto, el cual es específicamente para despachar productos con empaque de blíster.

5.1 Costos de mecanismos existentes

Debido a que las empresas creadoras de los mecanismos no proporcionan datos de los costos de sus mecanismos de despacho ni de los costos de sus tiendas automatizadas a personas particulares, los costos que se presentan son obtenidos de personas que conocen del tema y de empresas nacionales, que según los bosquejos presentados cotizaron dicho mecanismo de despacho. Para piezas muy específicas de los mecanismos se utilizaron páginas de internet para tener los costos más apegados a la realidad.

Es necesario aclarar que la comparación se realiza únicamente de la parte mecánica de los mecanismos de despacho, obviando toda la circuitería electrónica la cual únicamente se analizará para el mecanismo propuesto; así también no se tomará en cuenta la estructura externa, ni ninguno de los componentes adicionales que debe llevar una tienda automatizada para su funcionamiento. A continuación se describen detalladamente los costos de cada uno de los componentes de los mecanismos que se describieron en capítulos anteriores:

5.1.1 Robot Cartesiano tipo I

Este mecanismo fue cotizado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Ángel Rojas de la Universidad Rafael Landívar. Los componentes, con sus respectivos costos, que son necesarios para la creación del mecanismo de despacho del robot cartesiano de tipo I se muestran a continuación:

Tabla V. **Costos del mecanismo de despacho cartesiano tipo I.**

Cantidad	Descripción	Precio U.	Subtotal
2	Motores grandes para ejes	650.00	1,300.00
2	Motores medianos para canasta	420.00	840.00
2	Bandas para mover brazo	550.00	1,100.00
1	Estructura metálica	15,000.00	15,000.00
1	Brazo con canasta	3,300.00	3,300.00
6	Bandejas para colocar productos	615.00	3,690.00
		TOTAL	Q25,230.00

Es importante notar que este mecanismo lleva más componentes de los que se describieron anteriormente, pero se toman los más significativos para tener una idea del costo de esta máquina. Además, debido a los movimientos que realiza, y a la forma en la que toma los productos son necesarios varios sensores para poder garantizar que el despacho se realice correctamente. Por último, los materiales que fueron listados en la cotización no son de la más alta calidad. Esto con el objetivo de que se llegue a competir en cierto modo con el mecanismo propuesto.

5.1.2 Robot Cartesiano tipo II

Este mecanismo de despacho fue cotizado por la empresa ACISA, la cual trabaja únicamente con productos Festo, y está dedicada a realizar proyectos de

automatización. A continuación se muestran los componentes, con sus respectivos costos, que son necesarios para la creación del mecanismo de despacho del robot cartesiano de tipo II:

Tabla VI. **Costos del mecanismo de despacho Cartesiano tipo II.**

Cantidad	Descripción	Precio U.	Subtotal
1	Ventosa	710.70	710.70
1	Tobera aspiradora	563.70	563.70
4	Racores	27.80	111.20
1	Filtro regulador	864.40	864.40
1	Electroválvula	1,497.60	1,497.60
5	Metro de manguera	14.40	72.00
2	Silenciadores	90.90	181.80
1	Vacuos tato	1,032.00	1,032.00
1	Conector con cable	359.40	359.40
1	Compresor 2.5 HP	1,800.00	1,800.00
3	Actuadores sin vástago	16,912.50	50,737.50
		TOTAL	Q57,930.30

Como se observa en la tabla anterior, el precio de hacer todo el sistema de forma neumática es bastante alto debido a que cada uno de los actuadores cuesta alrededor de 17,000 quetzales. Estos actuadores son los encargados de posicionar el robot en el lugar adecuado y alcanzar el producto a ser despachado. En esta cotización se toma un compresor de aire de bajo costo, pero este debe ser instalado con elementos que absorban el sonido por el nivel elevado de ruido en su funcionamiento; ya que un compresor con cabeza silenciosa cuesta tres o cuatro veces más.

Al igual que con el mecanismo anterior es importante notar que no se han tomado en cuenta todos los sensores necesarios para el correcto funcionamiento de este mecanismo; y estos elevan mucho más la cifra del total. Pero los elementos presentados dan una clara idea del precio elevado al realizar este tipo de mecanismo.

5.1.3 Mecanismo de espiral

Como se mencionó en capítulos anteriores este mecanismo es fabricado por varias compañías por lo que los precios mostrados son tomados de la página de una empresa que tiene una amplia gama de repuestos, la página es: www.vendingmachinesworldwide.com:

Tabla VII. **Costos del mecanismo de despacho espiral.**

Cantidad	Descripción	Precio U.	Subtotal	Descripción
36	Motor con engranajes	212.93	7,665.48	
36	Espirales	60.98	2,195.28	
1	Otros	3,000.00	3,000.00	Separadores, bandejas
1	Gastos de importación	4,930.38	4,930.38	
		TOTAL Q	17,791.14	

A los precios mostrados para el motor y los espirales es necesario incrementarles los gastos de importación debido a que esta clase de dispositivos no son comunes en Guatemala. Los gastos de importación se toman el 50% de los productos importados, para tener una buena aproximación al dato real.

Por el tipo de despacho que se realiza con este mecanismo se utiliza únicamente un sensor para garantizar que el despacho se haya realizado correctamente. En relación a este aspecto este mecanismo nos da una clara idea de que aventaja a los mencionados anteriormente, si la comparación se toma desde el punto de vista económico.

5.2 Costo del mecanismo propuesto

A continuación se listan cada uno de los componentes necesarios, con sus respectivos costos, para armar el mecanismo propuesto:

Tabla VIII. **Costos del mecanismo de despacho propuesto.**

Cantidad	Descripción	Precio U.	Subtotal
36	Selenoides	85.00	3,060.00
36	Cabezas de hule	22.50	810.00
36	Pines de metal	3.50	126.00
36	Resortes compresores	5.00	180.00
36	Varillas de metal	35.00	1,260.00
1	Gastos de importación	1,530.00	1,530.00
		TOTAL	Q6,966.00

Los componentes listados anteriormente fueron cotizados con distintos proveedores. Se presentan los precios de los lugares donde se encontró el mejor balance entre calidad y precio. Todos los componentes son fabricados por empresas guatemaltecas, con la excepción de los selenoides que deben ser importados desde los Estados Unidos. Y por último, los gastos de importación son tomados de igual manera como fueron tomado para el mecanismo de espiral.

5.3 Costos de circuito de control

Los costos del circuito de control necesarios para armar el mecanismo propuesto fueron cotizados por la empresa nacional Consultores Electrónicos del Futuro, Sociedad Anónima. Esta empresa fue escogida por su amplia gama de componentes electrónicos, su disponibilidad de inventario y sus excelentes precios. A continuación se listan cada uno de los componentes con sus respectivos costos:

Tabla IX. Costos del circuito de control del mecanismo propuesto.

Cantidad	Descripción	Precio U.	Subtotal
36	Capacitores 0.1uf	1.04	37.44
4	Resistencias 3.9K	0.50	2.00
36	Diodo 1N4007	0.50	18.00
1	Conectores varios	396.60	396.60
38	Transistor TIP 110	2.47	93.86
7	74LS138	6.25	43.75
9	74LS240	6.00	54.00
1	74LS241	5.00	5.00
50	Terminales planas	0.65	32.50
1	Placa Electrónica	475.00	475.00
1	74LS125	5.00	5.00
1	LM348	10.00	10.00
3	Resistencias 10K Ohm	0.29	0.87
1	78L12	5.00	5.00
1	78L05	5.00	5.00
1	TIP32A	4.50	4.50
2	Resistencias Varias	0.60	1.20
1	Puente de diodo	7.00	7.00
1	Transformador 110V a 12V	75.00	75.00
1	Capacitor 4700uF	1.50	1.50
1	Capacitor 1uF	3.50	3.50
1	Fotorresistencia	5.50	5.50
		TOTAL	Q1,282.32

5.4 Comparación

Para realizar la comparación se muestra un resumen de los costos obtenidos:

Tabla X. **Resumen de costos de los mecanismos de despacho.**

Mecanismo	Costo
Cartesiano Tipo I	Q25,230.00
Cartesiano Tipo II	Q57,930.30
Espiral	Q17,791.14
Propuesto (Mecanismo + electrónica)	Q8,248.32

Tabla XI. **Ventajas y desventajas de los mecanismos de despacho.**

	Ventajas	Desventajas
Cartesiano Tipo I	<ul style="list-style-type: none"> - Despacho realizado sin impacto sobre el producto. - Fácil de ampliar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de fabricación. - Limitado a productos empacados en cajas. - Utiliza varios sensores.
Cartesiano Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> - Alta variedad de productos a despachar. - Despacho realizado sin impacto sobre el producto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de fabricación. - Utiliza varios sensores para garantizar el despacho.
Espiral	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo de fabricación. - Alta variedad de productos a despachar. - Utiliza un sensor para garantizar el despacho. 	<ul style="list-style-type: none"> - El producto es despachado con un gran impacto. - Presenta dificultades a la hora de ampliar o subdividir.
Propuesto	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo costo de inversión. - Utiliza un sensor para garantizar el despacho. - Utiliza circuitería electrónica simple. 	<ul style="list-style-type: none"> - El producto sufre un impacto. - Limitado únicamente a productos empacados con blíster. - Presenta dificultades a la hora de ampliar o subdividir.

Analizando las dos tablas presentadas anteriormente resulta bastante notorio el hecho de que entre más variedad de productos puede despachar un mecanismo, posee un costo más elevado, y prueba de esto es que el mecanismo más caro es el cartesiano tipo II. Este mecanismo representa la mejor opción si se toma únicamente el funcionamiento como característica decisiva. Por el contrario, el mecanismo con el costo más bajo es el mecanismo propuesto, que está diseñado únicamente para productos con blíster. Pero cumple la función para la cual fue diseñado, que es ser una opción factible para empezar a construir tiendas automatizadas en este país; aunque se restrinja a sólo productos con blíster.

A pesar que el costo presentado para el mecanismo propuesto incluye no sólo el mecanismo sino que la parte electrónica podemos ver que representa la mejor opción debido a que el costo total es aproximadamente la mitad de lo que cuesta el otro mecanismo que también posee un costo bajo. Es importante tomar en cuenta que los otros mecanismos de despacho utilizan una circuitería de control más compleja y con más elementos externos para realizar su función correctamente.

CONCLUSIONES

1. Los cajeros automáticos representan el ejemplo más claro que en Guatemala la automatización de procesos cotidianos, como lo son las ventas, beneficia a los usuarios, es bastante aceptada y recompensa la inversión inicial.
2. Las tiendas automatizadas representan una opción atractiva y rentable para las personas que deseen incursionar en este campo especialmente con productos de alto consumo, los cuales los consumidores conocen y utilizan constantemente.
3. Debido a que esta clase de tiendas están diseñadas para trabajar sin intervención humana, es necesario dotarlas de sensores y sistemas de retroalimentación que indiquen si un producto fue despachado correctamente, avisar de cualquier dispositivo con anomalía o alertar remotamente de cualquier inconveniente.
4. El mecanismo propuesto, que fue diseñado especialmente para despachar productos empacados con blíster, representa la opción más factible para comenzar con tiendas automatizadas en Guatemala, si la decisión es tomada en base a factores estrictamente económicos.
5. El empaque de blíster representa una buena opción para tomar como base en el diseño de un mecanismo de despacho debido a que existe una amplia variedad de productos que son empacados de esta manera, y además la mayoría de estos productos son de alto consumo.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que las universidades impulsen y desarrollen en los jóvenes estudiantes de las carreras tecnológicas la experiencia y las habilidades necesarias para desarrollar proyectos multidisciplinarios, es decir, proyectos realizados por estudiantes de varias carreras, formados por varias etapas, que deban ser entregados funcionando correctamente y que sean utilizados por terceros para comprobar el funcionamiento.
2. Se deben realizar convenios entre empresas y la Escuela de Mecánica Eléctrica para que a los estudiantes universitarios y a las personas egresadas de esta Escuela se les proporcione el capital para realizar proyectos tecnológicos que sirvan para el desarrollo de Guatemala y para que estas personas pongan en práctica los conocimientos adquiridos a través de su carrera universitaria.
3. Al lanzar al mercado proyectos nuevos como una tienda automatizada es necesario realizar estudios de mercado y lanzar campañas publicitarias para dar a conocer a los usuarios finales todas las ventajas que tiene ese proyecto, y además crear en ellos confianza e interés hacia dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Boylestad, Robert L. 2004. **Introducción al análisis de circuitos**. 10ma. Edición. Editorial Prentice Hall. México. 1248pp.
2. Boylestad, Robert L. y Nashelsky, Louis. 1994. **Electrónica Teoría de circuitos**. 5ª. Edición. Editorial Prentice Hall. México. 981pp.
3. Network Alliance. 2008. [El beneficio de kioscos de menudeo]. **The benefits of retail kiosks**. Kioskmarket Place y Netkey. Estados Unidos.
4. Network Alliance. 2008. [El beneficio de kioscos multifuncionales]. **The benefits of multifuncional kiosks**. Kioskmarket Place y Retail customer experience. Estados Unidos.
5. Network Alliance. 2008. [Kioscos de alquiler de DVD]. **DVD Rental kiosk**. Kioskmarket Place y Retail customer experience. Estados Unidos.
6. Sedra, Adel S. y Smith, Kenneth. 1999. **Electrónica Teoría de circuitos**. 4ª. Edición. Editorial Oxford University Press. México. 1315pp.
7. <http://www.plastic-gear-manufacturer.com/vending-machine-gearbox.htm> (02/Ene/2009)
8. <http://www.retailcustomerexperience.com/specialpub.php> (02/Ene/2009)
9. <http://www.reuters.com/articlePrint?articleId=US129349+17-Dec-2007+PRN20071217> (02/Ene/2009)
10. http://www.selfservice.org/article_2540_23.php (02/Ene/2009)