

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Proyecto VenPRO**

**Diseño y Construcción de un Prototipo de  
Plataforma de Venta Automatizada (PVA)**

**Víctor Hugo Cabrera**

**Carlos Francisco Durán**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico

Quito, Noviembre 2010

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio Politécnico**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Diseño y Construcción de un prototipo de Plataforma de Venta automatizada, PVA.**

**Víctor Hugo Cabrera  
Carlos Francisco Durán**

Pedro Meneses, Msc.  
Director de la Tesis

---

Laurent Sass, Phd.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Edison Bonifaz, Phd.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Fernando Romo, Msc.  
Decano del Colegio Politécnico y  
Miembro del Comité de Tesis

---

Quito, Noviembre 2010

© Derechos de autor  
V́ctor Hugo Cabrera  
Francisco Durán  
2010

## **RESUMEN**

El siguiente documento presenta una respuesta al requerimiento constante de la sociedad actual por satisfacer la necesidad de adquirir ciertos productos al instante. Para poder responder a este requerimiento es necesario que diferentes áreas de la ingeniería se integren para obtener soluciones completas y flexibles; en este caso específico, la mecánica y la automatización se juntan para obtener un producto llamado Plataforma de Venta Automatizada (PVA), él mismo que se desarrolla a continuación, desde el pre-diseño hasta la construcción. La PVA pasó por las diferentes etapas necesarias para ir de un bosquejo a un prototipo real, siendo todas estas etapas descritas y justificadas.



## **ABSTRACT**

The following document presents an answer for the continuous requirement of society to satisfy their necessity of buying certain products at the instant. In order to answer this requirement, it is necessary that different areas of engineering come together to obtain a complete and flexible solution; in this specific case, such areas are mechanical and automation, which have joined to obtain a product called Automatized Vending Platform (PVA by its acronym in Spanish), the same which is developed below, from the pre-design to the construction. The PVA passed through different stages to go from a sketch to a real prototype, and all those stages are detailed and justify.

## Tabla de Contenidos

Índice de Abreviaciones y Términos .....	xv
<b>1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Planteamiento del Problema .....	2
1.3. Alcance .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.5. Objetivos Específicos .....	3
1.6. Terminología y Convenciones a Utilizarse.....	4
1.7. Requerimientos Técnicos (TRD) .....	4
1.7.1. Descripción General .....	4
1.7.2. Magnitudes .....	5
1.7.3. Confiabilidad.....	6
1.7.4. Ciclos de Vida .....	6
1.7.5. Mantenimiento .....	6
1.8. ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO I.....	8
1.8.1. Objetivos: .....	8
1.8.2. Alcance:.....	8
1.8.3. Requerimientos Técnicos: .....	9
<b>2. CAPÍTULO II: DISEÑO PRELIMINAR (PDR)</b> .....	<b>10</b>
2.1. Evolución de Diseño Preliminar .....	10
2.1.1. Evolución de partes .....	11
2.1.1.1. Equipo de despacho (Despachador) .....	11
2.1.1.2. Sistema de almacenamiento .....	16
2.1.1.3. Ejes de desplazamiento.....	19
2.1.1.4. Coche de desplazamiento .....	21
2.1.1.5. Sistema de desplazamiento.....	24
2.1.2. Prototipos Previos .....	27
2.1.2.1. Prototipo A1 .....	27
2.1.2.2. Prototipo A2 .....	28
2.1.2.3. Prototipo A3 .....	30
2.1.2.4. Prototipo A4 .....	32
2.1.2.5. Prototipo A5 .....	34
2.1.2.6. Selección de Dispositivos y elementos Finales .....	35
2.2. Lineamientos del Prototipo Final.....	36
2.2.1. Grupos de Partes.....	37
2.2.2. Codificación de Componentes .....	38
2.2.2.1. Formato del Árbol General de Partes .....	39
2.3. Planes de Pruebas y Estudios.....	41
2.3.1. Identificación de componentes Críticos .....	41
2.3.2. Planes Técnicos de Pruebas y Estudios.....	44

2.4.	ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO II.....	48
2.4.1.	Objetivos: .....	48
2.4.2.	Alcance:.....	48
2.4.3.	Desarrollo: .....	48
3.	CAPITULO III: DISEÑO CRÍTICO (CDR) .....	51
3.1.	Prototipo Final .....	51
3.1.1.	Descripción General de Funcionamiento .....	51
3.1.1.1.	Codificación Final de Partes.....	55
3.2.	Modelos 3D Paramétricos.....	61
3.2.1.	Dibujos Específicos de Componentes.....	63
3.3.	Descripción de las Partes .....	64
3.4.	Justificación de Componentes.....	79
3.4.1.	Selección de Componentes.....	80
3.4.1.1.	Pistola de codificación.....	80
3.4.1.2.	Sensor Inductivo .....	81
3.4.1.3.	PLC.....	83
3.4.1.4.	Tornillo de Avance (Acme screw, lead Screw, husillo guía) .....	85
3.4.1.5.	Rodamientos .....	86
3.5.	Reportes Técnicos de Pruebas y Estudios (TR).....	87
3.6.	Manufactura .....	103
3.6.1.	Detalle de Manufactura de Componentes .....	104
3.6.1.1.	U estructural (DmP-ust1&2) .....	104
3.6.1.2.	Eje roscado (DmP-ejr1).....	105
3.6.1.3.	Bases de Almacenamiento (SbA-stk1&2).....	105
3.6.1.4.	Chumaceras (DmP-chu1&2) .....	106
3.7.	Plan de Mantenimiento .....	107
3.8.	Resultados .....	109
3.8.1.	Descripción General .....	110
3.8.2.	Ciclos de Vida .....	110
3.8.3.	Confiabilidad del prototipo .....	111
3.9.	ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO III .....	112
3.9.1.	Objetivos: .....	112
3.9.2.	Alcance:.....	112
3.9.3.	Organización de las Partes .....	112
3.9.4.	Dibujos Específicos.....	113
3.9.5.	Descripción de Componentes.....	113
3.9.6.	Justificación de Componentes escogidos .....	114
3.9.7.	Pruebas .....	114
4.	CAPITULO 4: AUTOMATIZACIÓN.....	115
4.1.	Sensores y Dispositivos .....	115
4.1.1.	Descripción y Funcionamiento.....	116
4.2.	PLC .....	126

4.2.1.	Descripción.....	127
4.2.2.	Programación .....	128
4.3.	Conexión y disposición de Equipos.....	129
4.4.	Interfaz Gráfica .....	131
4.4.1.	Pantalla.....	132
4.4.2.	Detalle Interfaz Gráfica.....	135
4.5.	Mecanismo de Cobranza.....	138
4.6.	Servicio de Mantenimiento.....	139
4.7.	Inventario y Abastecimiento.....	141
4.7.1.	Método de Control Inventario.....	141
4.7.2.	Sistema de Reabastecimiento.....	142
4.8.	ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO IV .....	143
4.8.1.	Objetivos .....	143
4.8.2.	Alcance.....	143
4.8.3.	Desarrollo.....	143
5.	CAPITULO V: ANÁLISIS FINANCIERO .....	145
5.1.	Presupuesto .....	145
5.2.	Partes y Costos.....	145
5.3.	Mantenimiento .....	149
5.4.	Análisis Financiero .....	149
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
7.	REFERENCIAS .....	158
	Cálculos y Operaciones (Anexo A).....	161
	Pruebas y Estudios (Anexo B).....	189
	Mantenimiento (Anexo C).....	194
	Planos (Anexo D) .....	201
	PVA .....	202
	Estructural (E).....	204
	Estantería (S).....	208
	Mecanismo de Desplazamiento (DmP) .....	211
	Coche de Desplazamiento (DcH).....	220
	Programación (Anexo E).....	228

## Índice de Tablas

Tabla 1.1: Requerimientos Técnicos. ....	9
Tabla 2.1: Análisis FODA de Prototipos.....	36
Tabla 2.2: Tipificación del Código de Partes .....	39
Tabla 2.3: Identificación de componentes generales por Tipos. ....	41
Tabla 3.1: Codificación Mecanismo de Cobranza .....	55
Tabla 3.2: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Coche de Desplazamiento. ....	56
Tabla 3.3: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Módulo de Posicionamiento. .....	58
Tabla 3.4: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Base Sensores. ....	58
Tabla 3.5: Codificación Grupo Electrónico.....	59
Tabla 3.6: Codificación Grupo Estructural. ....	60
Tabla 3.7: Codificación Estanterías.....	61
Tabla 3.8: Codificación Interacción Humana.....	61
Tabla 3.9: Especificaciones Técnicas DmP-rod1. (skf.com) .....	71
Tabla 3.10: Especificaciones Técnicas DcH-trc1.....	74
Tabla 3.11: Comparación entre LBBR14 (SKF 9) y KH1428 (NTN B-243). ....	76
Tabla 3.12: Codificación Grupo Estructural. ....	82
Tabla 3.13: Codificación Grupo Estructural. ....	84
Tabla 3.14: Especificaciones de rodamiento (SKF).....	98
Tabla 3.15: Tabla comparativa condiciones reales del rodamiento y especificaciones del fabricante. ....	101
Tabla 3.16: Formato de Codificación de Partes. ....	113
Tabla 4.1: Tabal de conexiones de salidas relés.....	125
Tabla 4.2: Tabla de disposición de entradas del PLC. ....	130

Tabla 4.3: Disposición de las Salidas del PLC.....	131
Tabla 4.4: Cadena de bytes enviada desde la pantalla y recibida por el PLC. (T. COMFILE 24).....	134
Tabla 5.1: Desglose general de precios. ....	149
Tabla B.1: Tabla de datos, prueba ciclos de vida motor. ....	193
Tabla C.1: Nomenclatura de actividades de mantenimiento. ....	195
Tabla C.2: Acciones mantenimiento preventivo .....	196
Tabla C.3: Costos de repuestos mantenimiento preventivo .....	198
Tabla C.4: Costos de acciones realizadas para mantenimiento.....	199
Tabla C.5: Costo mensual operador .....	199
Tabla C.6: Costo de mantenimiento por ciclo de vida, incluye repuestos y mano de obra. .....	200

## Índice de Figuras

Figura 2.1. Pistón neumático (festo.com).....	12
Figura 2.2: Solenoide lineal (kuhnke.de) .....	13
Figura 2.3: Pistón lineal con tornillo (INVENTOR).....	15
Figura 2.4: Pistón lineal con tornillo, motor con desplazamiento. (INVENTOR).....	16
Figura 2.5: Primer prototipo de estante. ....	17
Figura 2.6: Segundo prototipo de estante. ....	18
Figura 2.7: Estantería Final .....	19
Figura 2.8: Riel (casia.cl) .....	20
Figura 2.9: Ejes guías roscados. ....	20
Figura 2.10. Ejes guías, sujeción E clips. ....	21
Figura 2.11: Coche de bocón y rosca. ....	22
Figura 2.12: Coche de PP. ....	23
Figura 2.13: Base de Coche de desplazamiento cH. ....	23
Figura 2.14: Sistema de desplazamiento piñón-cadena.....	25
Figura 2.15: Sistema de desplazamiento eje roscado. ....	26
Figura 2.16: Sistema de transmisión de movimiento mediante poleas. ....	27
Figura 2.17. Prototipo A1.....	28
Figura 2.18: Prototipo A2.....	30
Figura 2.19: Prototipo A3 (Construido) .....	32
Figura 2.20: Prototipo A4.....	33
Figura 2.21. Prototipo A5 .....	34
Figura 3.1: Diagrama de Flujo Interacción Usuario - PVA.....	54
Figura 3.2: Coche de Desplazamiento (Ensamblaje con actuador y sensor).....	62
Figura 3.3: Modulo de desplazamiento. ....	62

Figura 3.4: Estantería.....	63
Figura 3.5: E-clip DIN 6799 estándar. (calebcomp.co.uk).....	66
Figura 3.6: Vista en perspectiva de chumacera acoplada a eje roscado.....	67
Figura 3.7: Vista en perspectiva de guías (color azul), ensamblaje del DmP. ....	68
Figura 3.8: Vista en perspectiva de eje roscado (color azul), ensamblaje del DmP.....	69
Figura 3.9: Motor.....	69
Figura 3.10: Polea eje roscado (DmP-pol1) (color azul).....	70
Figura 3.11: Polea motor (DmP-pol2) (color azul). ....	70
Figura 3.12: Vista en corte DmP-rod1. (skf.com).....	71
Figura 3.13: Tuerca guía para eje roscado.....	74
Figura 3.14: Rodamiento Lineal de bolas (NTN B-236).....	75
Figura 3.15: Rodamiento lineal, vista lateral en corte y vista frontal en corte (SKF 9).....	76
Figura 3.16: Placa base de coche de desplazamiento. ....	76
Figura 3.17: Base de sensores, anclados sobre el coche de desplazamiento.....	77
Figura 3.18: Base de servo motor, anclada al coche de desplazamiento.....	77
Figura 3.19: Bastidor. ....	78
Figura 3.20: Simulación mediante de elementos finitos de base de estantería. ....	88
Figura 3.21: Simulación mediante elementos finitos, de ensamblaje de estantería. ....	89
Figura 3.22: Perfil T, que reforzará la estantería.....	90
Figura 3.23: Simulación mediante elementos finitos, de perfil T. ....	90
Figura 3.24: Simulación mediante elementos finitos, del eje roscado. ....	91
Figura 3.25: Prueba de ciclos de vida de finales de carrera. ....	93
Figura 3.26: Banco neumático de prueba de ciclos de vida. ....	93
Figura 3.27: Banco de pruebas de desgaste de motor. ....	95
Figura 3.28: Banco de pruebas de desgaste de motor y banda.....	95



Figura 3.29: Gráfica Tiempo vs Temperatura del motor.....	96
Figura 3.30: Gráfica Tiempo vs velocidad de giro del eje. ....	97
Figura 3.31: Gráfica Tiempo vs Temperatura de la banda.....	97
Figura 3.32: Simulación dinámica de sistema de desplazamiento. ....	99
Figura 3.33: Simulación mediante elementos finitos del ángulo del bastidor.....	102
Figura 3.34: Simulación mediante elementos finitos de perfiles estructurales en U, del sistema de desplazamiento. ....	103
Figura 4.1: Sensor Final de carrera.....	117
Figura 4.2: Pistola de Codificación. ....	118
Figura 4.3: Soporte para pistola de codificación.....	119
Figura 4.4: Sensor inductivo.....	120
Figura 4.5: Sistema de despacho (Despachador).....	122
Figura 4.6: Servo motor FUTABA.....	122
Figura 4.7: Motor DC .....	124
Figura 4.8: Relés y ubicación dentro de la plataforma.....	125
Figura 4.9: Interruptor 3 posiciones y, pulsadores de Encendido y parada.....	126
Figura 4.10: PLC CUBLOC .....	127
Figura 4.11: Mapa de identificación de PLC.....	129
Figura 4.12: Pantalla táctil CUBLOC CUWIN4300A/SA 10.2". (CUBLOC).....	132
Figura 4.13: Conexión serial cruzada para pantalla y PLC. ....	133
Figura 4.14: Ejemplo de programación Basic para pantalla táctil.....	134
Figura 4.15: Pantalla de Bienvenida.....	135
Figura 4.16: Pantalla de listado de productos.....	136
Figura 4.17: pantalla de descripción y aceptación de producto.....	136
Figura 4.18: Pantalla de confirmación de pago. ....	137

Figura 4.19: Pantalla de valor restante a cancelarse.....	137
Figura 4.20: Pantalla de agradecimiento. ....	138
Figura 4.21: Dispositivo de cobro HI-06CS.....	139
Figura 4.22: Pantalla de mantenimiento.....	140
Figura 5.1: Flujo de Caja Pesimista.....	152
Figura 5.2: Flujo de Caja Realista. ....	152
Figura 5.3: Flujo de Caja Realista. ....	153
Figura A.1: Relación de velocidades piñon-cadena. ....	162
Figura A.2: Relación de velocidad poleas.....	163
Figura A.3: Esquema distribución de cargas sobre estantería.....	166
Figura A.4: Esquema distribución de cargas sobre Eje Roscado.....	168
Figura A.5: Esquema para obtención de cargas estáticas sobre rodamientos.....	170
Figura A.6: Esquema de sección transversal del ángulo de bastidor.....	172
Figura A.7: Esquema distribución de cargas sobre ángulo de bastidor.....	173
Figura A.8: Método de Superposición.....	174
Figura A.9: Esquema primer caso, método de superposición.....	174
Figura A.10: Esquema de flexión de la viga por peso propio.....	175
Figura A.11. Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.....	176
Figura A.12: Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.....	176
Figura A.13: Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.....	176
Figura A.14: Esquema primer caso, método de superposición.....	178
Figura A.15: Esquema de flexión de la viga por carga distribuida.....	178
Figura A.16: Esquema de flexión de la viga por momentos en los extremos.....	179
Figura A.17: Esquema para determinación de ángulo de la banda.....	186
Figura B.1: Sistema neumático modelado en FluidSim Demo.....	190

Figura B.2: Figura B.2: Ciclos de vida de rodamientos. ....	191
Figura B.3: Prueba ciclos de vida motor. ....	193

## Índice de Abreviaciones y Términos

PVA.	Plataforma de Venta Automatizada.
TRD.	Requerimientos Técnicos de Diseño (por sus siglas en inglés).
PDR.	Revisión de Diseño Preliminar (siglas en inglés).
CDR.	Revisión de Diseño Crítico (siglas en inglés).
IH.	Interfaz Humana.
PLC.	Programmable Logic Controller.
PC.	Personal Computer.
NA.	Normalmente Abierto.
NC.	Normalmente Cerrado.
MP.	Mantenimiento preventivo (MP).
MC.	Mantenimiento Correctivo.
Despachador.-	Dispositivo encargado de empujar el producto.

# **1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO**

## **1.1.Introducción**

La tecnología está inmersa en la vida del hombre y por esta razón los equipos mecánicos han tenido que dar un paso adelante para acoplarse a las necesidades y demandas del usuario del siglo XXI. De esta manera la mecánica en conjunto con la automatización ofrece la posibilidad de integrarse con mayor facilidad a la sociedad actual. Tanto la autonomía como la interacción usuario - equipo son las principales herramientas que han surgido en este camino de integración. La interacción usuario – equipo debe darse por medio de alguna interfaz que cumpla con principios ergonómicos para que resulte en una experiencia placentera. La ergonomía en el diseño mecánico está definida como “la relación entre el hombre y la máquina, y la aplicación de principios anatómicos, fisiológicos y psicológicos para resolver los problemas hombre – máquina”. (Bhandari 25)

La mecánica llega a cubrir un espectro más amplio de necesidades con la incorporación de la automatización, porque existe la posibilidad de responder a nuevos retos. Los equipos mecánicos automatizados tienen la capacidad de realizar diferentes tareas, las mismas que pueden ser programadas. En algunos casos la programación se hace en la unidad y en otros en una terminal externa. La facilidad de programar en una terminal externa permite eliminar la necesidad de hacer una “parada del equipo” mientras la programación se lleva a cabo. Esto minimiza el tiempo de implementación. Cuando la nueva rutina ha sido programada en la terminal externa se utiliza algún medio de conexión, como por ejemplo un cable RS232, para descargar la nueva programación en el controlador del equipo y ejecutarla.

De esta manera la mecánica automatizada ha llegado a tocar puertas en la industria, en el hogar y en la vida diaria. Aspectos como el comercio de productos también han encontrado en equipos mecánicos automatizados la solución para sus ventas.

La sociedad actual tiende a requerir productos y servicios de forma rápida y eficiente, motivo por el cual se la conoce como sociedad de la inmediatez. La realidad nacional no se despega de la aseveración anterior, debido a que la convergencia de tecnologías ha permitido el acceso a diferentes bienes y servicios con solo hacer una llamada, dar un “click” o simplemente desplazarse al punto de venta más cercano. (Pantropia.es) Sin embargo, la difusión de estos mecanismos de venta todavía no ha sido masificada en el medio en que vivimos, por lo cual gran parte de la población aún no ha podido acceder a este tipo de servicios.

## **1.2.Planteamiento del Problema**

VenPRO es un proyecto desarrollado bajo el concepto de la “Tienda Electrónica” la misma que busca satisfacer la necesidad que tiene el cliente de adquirir productos a toda hora y en todo lugar.

## **1.3.Alcance**

El proyecto VenPRO pretende diseñar y construir un prototipo de una Plataforma de Venta Automatizada de productos (PVA). Para ejecutar el diseño y la construcción se pasará por una serie de etapas previas e intermedias que son descritas más adelante.

## **1.4.Objetivos**

- Poner en práctica los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Diseñar y construir un prototipo de una Plataforma de Venta Automatizada de productos (PVA).

## **1.5.Objetivos Específicos**

- a. Buscar y analizar literatura y/o patentes relacionadas al diseño de máquinas automatizadas de venta.
- b. Diseñar los mecanismos de almacenamiento, cobro y despacho del producto para el equipo de venta automatizada.
- c. Dimensionar partes.
- d. Comprar Suministros y equipos.
- e. Crear la interfaz gráfica entre el usuario y la PVA.
- f. Construir prototipos de los mecanismos antes mencionados.
- g. Realizar las pruebas de los mecanismos tanto de forma individual como integrada.
- h. Redactar el respectivo informe de cada fase.

## **1.6. Terminología y Convenciones a Utilizarse**

El formato numérico que se utilizará a lo largo del documento establece al punto como separador decimal y a la coma para denotar el millardo.

Las tablas y figuras que se presentan contienen una etiqueta con una numeración, donde los dígitos previos al punto indican el capítulo y los dígitos a la derecha del punto indican el orden numérico dentro del capítulo.

Se establece que el personal de mantenimiento, que es aquél capacitado para realizar las operaciones de servicio y/o de abastecimiento de las PVA, será denominado operario. Por otro lado, las personas que utilicen la PVA para realizar una compra de producto, es decir, beneficiarios del servicio, se los denominarán usuarios.

## **1.7. Requerimientos Técnicos (TRD)**

Los requerimientos técnicos determinan los parámetros de diseño y forjan las directrices necesarias para la evolución del proyecto. Estos requerimientos han sido presentados por la parte interesada en la construcción del prototipo PVA.

### **1.7.1. Descripción General**

El equipo PVA deberá ser capaz de contener 70 productos, los mismos que pueden ser iguales, o diferentes, pero siempre cumplirán con una similitud dimensional.

El sistema deberá ser capaz de permitir la interacción con el usuario para recabar información del producto deseado, así como el pago exacto por dicho producto. De esta



manera el sistema deberá estar en la capacidad de informar al usuario si el producto que busca está o no disponible, antes de que el pago sea realizado. Una vez que el pago se ha concretado, el equipo deberá entregar el producto. El funcionamiento del equipo PVA deberá ser totalmente automático.

### **1.7.2. Magnitudes**

El producto a utilizarse en el equipo estará al interior de un contenedor plástico de dimensiones 142 mm x 124 mm x 10.4 mm, por esta razón el almacenamiento deberá ser diseñado en base a estas dimensiones así como todos los demás sistemas.

El peso del producto y su contenedor no deberá rebasar los 110 gr., y bajo este parámetro la PVA deberá estar en capacidad de despachar los productos de hasta 1.5 veces el peso requerido. De esta manera se instaura un requerimiento de sobre-dimensionamiento.

El equipo deberá ser modular y la inclusión del módulo deberá hacerse en un bastidor principal con dimensiones aproximadas de:

1.50m x 1.5m x 0.6m

Además los módulos de almacenamiento y despacho no deberán ocupar un espacio superior a:

1 m x 0.30 m x 0.30 m

### **1.7.3. Confiabilidad**

Se garantizará que el equipo tenga la capacidad de entregar el producto con 99% de confiabilidad, a lo largo de la vida útil del equipo. Para lograrlo deberá ubicar el producto con una precisión de  $\pm 2$  mm, es decir una banda de 4 mm.

La confiabilidad deberá ser medida con pruebas realizadas al equipo, evidenciando que se cumplirá con el requisito.

### **1.7.4. Ciclos de Vida**

Considerando una vida útil de 2 años, con una venta diaria de 35 unidades por cada módulo, se espera que cada módulo cumpla con 20,000 ciclos antes de fallar. Para cumplir y/o aumentar los ciclos de vida será necesario brindar el mantenimiento preventivo al equipo.

Deberán existir las debidas pruebas que sustenten la vida útil proyectada, entre estas posibles pruebas se podría incluir una prueba de ciclos de vida a los componentes críticos del equipo.

### **1.7.5. Mantenimiento**

VenPRO deberá tener un plan de mantenimiento preventivo, que permita cumplir con el desempeño óptimo de los componentes. El cumplimiento del plan garantiza que se cumpla con la vida útil de las partes. Dentro del plan de mantenimiento estarán detalladas todas las acciones que deben realizarse en cada uno de las revisiones técnicas, descripción

del proceso que se debe seguir para realizar el mantenimiento (armado y desarmado de partes en el caso de ser necesario) y cronograma de revisiones técnicas que se deben cumplir en el equipo.

Adicionalmente en equipo VenPRO dispondrá de un mantenimiento correctivo que permita solucionar y reparar fallas que ocurran en la máquina durante su funcionamiento. El Plan de mantenimiento describirá en caso de falla, el proceso a seguirse para el remplazo de componentes. El estudio de durabilidad de la PVA garantizará que el equipo mantenga un buen funcionamiento siempre que se cumpla el mantenimiento preventivo y correctivo adecuadamente.

## **1.8. ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO I**

### **1.8.1. Objetivos:**

- Introducir y Justificar el Proyecto VenPRO.
- Plantear el problema.
- Establecer el Alcance, Objetivos y Metas.
- Plantear los Requerimientos Técnicos.

### **1.8.2. Alcance:**

El Capítulo 1 es un capítulo introductorio que determina el alcance del proyecto VenPRO y establece los Requerimientos Técnicos acordados por la parte interesada y la ejecutora.

### 1.8.3. Requerimientos Técnicos:

<b>Magnitudes, Confiabilidad y Ciclos de Vida</b>		
	<b>Dimensiones:</b>	<b>Peso:</b>
<b>Contenedor + Producto</b>	142mm x 124mm x 10.4mm	110 gr.
<b>Módulo</b>	1m x 0.30m x 0.30m	-----
<b>Bastidor</b>	1.50m x 1.5m x 0.6m	-----
	<b>Confiabilidad:</b>	<b>Ciclos de Vida:</b>
<b>PVA</b>	99%	20,000 (2 años)

Tabla 1.1: Requerimientos Técnicos.

## **2. CAPÍTULO II: DISEÑO PRELIMINAR (PDR)**

El diseño preliminar constituye una etapa fundamental en la evolución del diseño de un equipo. En esta etapa preliminar se desarrollan conceptos e ideas que permitirán plantear parámetros y características por el cual se encaminará el diseño final y construcción del prototipo. Se proponen varios esquemas y bosquejos de lo que podría ser el equipo final, si la investigación y el análisis crítico lo demuestran así. (Shigley 14)

Cada uno de los prototipos creados deberá ser probado y mediante el desempeño mostrado se desecha o se convierte en la base de lo que será el prototipo final. Luego de esta etapa del proceso se podrá elegir la opción más completa y confiable, a la cual se mejorará para obtener el equipo final deseado, con el desempeño óptimo.

Dentro del diseño preliminar se concibe la posibilidad de construir prototipos y sistemas de manera que mediante pruebas demuestren el funcionamiento adecuado o no de un determinado equipo o parte del mismo. De esta manera, estos prototipos constituirán la puesta en marcha de las ideas de los ingenieros, de donde se aprenderá y afianzarán muchos conocimientos. Si un prototipo no presenta los resultados que se esperan, no es una pérdida de tiempo, es más bien el camino al refinamiento.

### **2.1.Evolución de Diseño Preliminar**

A lo largo del proceso de diseño se concibió varios prototipos que responden a la idea que el proyecto VenPRO plantea. El análisis de cada uno de los prototipos, detalle y evolución de componentes ha permitido establecer el concepto final del equipo PVA. A continuación se detalla la evolución de partes y prototipos.

### **2.1.1. Evolución de partes**

Cada uno de los elementos y partes han cambiado conforme el diseño avanzaba. Desde las ideas preliminares hasta los conceptos, todo fue evolucionando a lo largo del proceso de diseño. Este proceso de transformación de las partes más representativas de la PVA y que requirieron de una mayor cuota de creatividad y trabajo de diseño, se presentan en esta sección.

#### **2.1.1.1. Equipo de despacho (Despachador)**

- Adquirir Despachador

Desde un inicio se identificó que una de las partes claves de la PVA sería su “despachador”. Éste se encargaría de desalojar el producto fuera del área de almacenamiento. Para esto se concibieron muchas opciones que fueron cambiando, adaptándose y finalmente se aceptaron o descartaron.

La concepción inicial para responder a la necesidad era un actuador lineal. Se pensaba que la mejor manera de desalojar el producto del área de almacenaje era por medio de un empuje lineal. Se identificó que la distancia del empuje debía ser mayor que la mitad de la longitud sobre la cual descansaba el producto, es decir la mitad de la base del producto. Esto se decidió asumiendo que la distribución de la masa es homogénea en el producto y por lo tanto su centro de gravedad coincide con su centro geométrico. Entre las alternativas que se barajaban estaban la de construir el actuador o comprarlo hecho.

### Pistones neumáticos e hidráulicos:

Se hizo un sondeo de mercado para averiguar las alternativas que existían en el mercado nacional para este caso: pistones neumáticos e hidráulicos (Ver Figura 2.1). El problema de utilizar estos pistones es la necesidad de contar con los equipos de presurización, reservorio y de las conexiones con manguera para la operación. En ambos casos se debe tener cuidado con el sello en las conexiones, porque las fugas atentan contra el sistema. En el caso del pistón hidráulico, las fugas son un problema mayor porque contaminan el ambiente de trabajo con fluido hidráulico y en el caso de la PVA, donde existen componentes electrónicos, esto puede resultar un peligro para la integridad del equipo. Para la presurización, en el caso del neumático, se utiliza un compresor y en el caso del hidráulico, una bomba. Estos equipos generarán ruido, consumo de energía y ocupan espacio innecesario. Todas estas razones contribuyeron a descartar estos sistemas.



Figura 2.1. Pistón neumático (festo.com)

### Solenoides Lineales

Este es un dispositivo que consiste de una bobina, un resorte, un efector metálico y un bastidor. El desplazamiento lineal del efector final se genera por medio de la atracción



magnética generada al circular corriente por la bobina (Ver Figura 2.2). Este actuador tenía muchas ventajas, como su facilidad de implementación porque solo necesitaba de una conexión eléctrica, disponibilidad en el mercado, limpieza en el funcionamiento, bajo ruido, movimientos rápidos y los ciclos de vida llegan de 50,000 a 100,000 y en algunos casos a diez millones. (Johnson Electric) Sin embargo la limitación que se tenía con este dispositivo fue que aquellos disponibles en el mercado nacional, no permitían un desplazamiento mayor a 2 cm y contaban con una fuerza de empuje muy baja para el requerimiento.

En el mercado internacional se encontró los actuadores que cumplían con los requerimientos, sin embargo, la limitación fue el precio y la dificultad del envío.

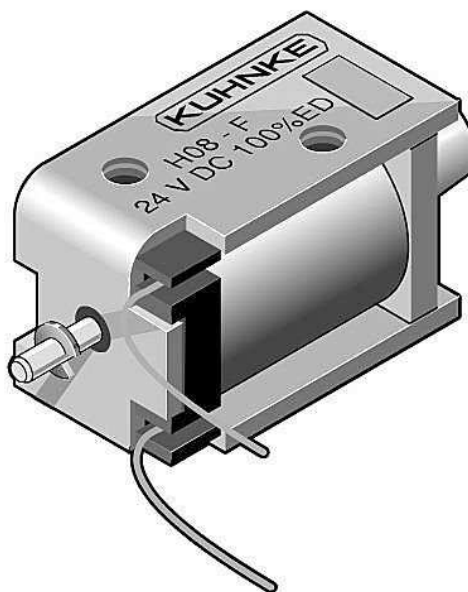


Figura 2.2: Solenoide lineal (kuhnke.de)

### Motor lineal con tornillo de bolas

Este actuador lineal utiliza un tornillo de potencia con bolas para desplazar un vástago a cierta distancia. El tornillo es alimentado por un motor eléctrico, generalmente

de corriente continua. Estos actuadores están disponibles en el mercado internacional en una variedad de tamaños y precios, pero lamentablemente en el mercado nacional su disponibilidad se veía limitada a aquellos utilizados en sistemas de apertura de puertas automáticas.

Esta opción no fue escogida porque el actuador que se ajustaba a los requerimientos de diseño estaba totalmente fuera del presupuesto y no se encontraba en el mercado nacional. Sin embargo se debe recalcar que presentaba todas las características requeridas dentro de la PVA.

- Construir Despachador

Luego de una frustrada búsqueda en el mercado nacional, se pensó diseñar y construir el actuador y de esto surgieron diferentes alternativas como:

#### Motor lineal con tornillo

**Concepto 1:** El sistema consiste de un tubo cuyo interior se encuentra roscado. Un tornillo sin fin calza en el roscado del tubo. El tornillo tiene acoplado en un extremo un motor VDC y se apoya en el motor y en el tubo. El exterior del tubo cuenta con dos cejas, que si se considera la circunferencia, las cejas se ubican a los  $0^\circ$  y  $180^\circ$  de la misma. Estas cejas calzan en unas guías que restringen la rotación del tubo. Cuando el tornillo empieza a girar, el tubo se desplaza saliendo del tornillo o entrando en él dependiendo del sentido de giro (Ver Figura 2.3).

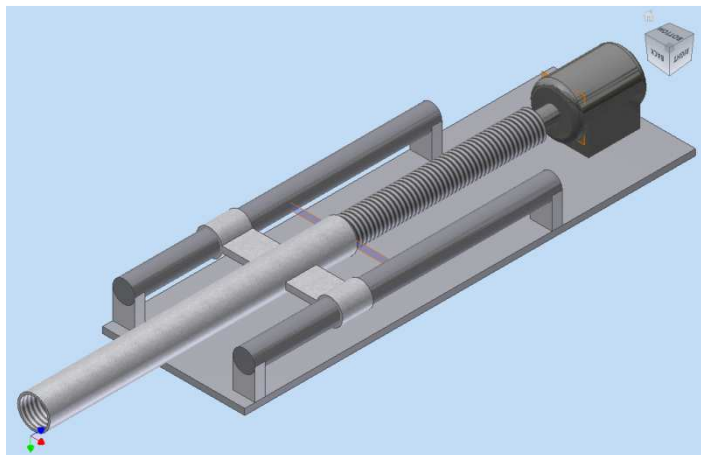


Figura 2.3: Pistón lineal con tornillo (INVENTOR)

**Desventajas:** El sistema tiene baja velocidad de avance. El eje del tornillo no tiene dos apoyos fijos por lo cual pueden existir desalineaciones que se reflejan en vibración y desgaste. El realizar el roscado de la pared interna del tubo es complicado.

**Concepto 2:** El sistema consiste en un eje roscado acoplado a dos tuercas fijas que le sirven de apoyo. El eje se encuentra sostenido solo por las tuercas y cuando un motor VDC montado en la parte posterior del eje roscado lo alimenta con un torque, el eje y el motor se desplazan. El motor tiene una guía acoplada a la carcasa que le permite moverse solo en la dirección longitudinal del eje roscado (Ver Figura 2.4). Con este sistema se pretendía aprovechar el desplazamiento del eje roscado para empujar el producto.

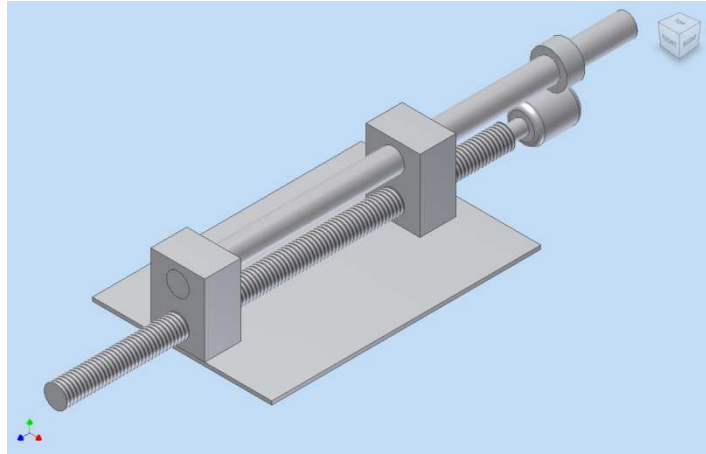


Figura 2.4: Pistón lineal con tornillo, motor con desplazamiento. (INVENTOR)

**Desventajas:** Aparte de la longitud del eje que se encontraba contenida entre las dos tuercas fijas, el tornillo debía tener la longitud que se necesitaba para empujar al producto. Esto incurría en la utilización de un gran espacio, principalmente en la longitud del eje. Por otro lado, debido a la baja velocidad de avance del tornillo, el tiempo que tomaría despachar el producto se incrementaría, porque no hay que olvidar que localizar el producto también toma un cierto tiempo.

El desgaste del sistema ocasionado por la fricción también constituye una gran desventaja. El pistón por lo tanto deberá tener mantenimiento constante para mantenerlo en óptimas condiciones.

### 2.1.1.2. Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento de productos fue uno de los inconvenientes presentes en el diseño del equipo. Como idea preliminar se consideró adquirir un elemento de almacenamiento existente en el mercado y que cumpla con los requerimientos establecidos.

Entre los requerimientos se encontraban tener versatilidad para colocar diferentes productos, adaptabilidad al sistema, fácil instalación, entre otras. El mercado nacional no brindó ningún sistema que cumpla con todas las características.

A partir de ello se estableció que el sistema de almacenamiento de producto debía ser diseñado y construido de acuerdo a las necesidades.

La primera decisión que se debía tomar es si el almacenamiento sería vertical u horizontal. Esto afectaría directamente a la manera en que se ubicaría y despacharía el producto. Se pensaba que el sistema tipo torre con apilamiento del producto uno sobre el otro, era el más eficiente en cuanto espacio. Sin embargo al analizar la necesidad de individualizar a cada producto dentro del almacenamiento, para una fácil ubicación y despacho, se pudo concluir que no afecta si el sistema es horizontal o vertical porque podrían ser fácilmente adaptables entre la una u otra posición.

Luego de esto, el proceso inició con la concepción de un soporte que sostenía al producto solo por la base. De esta manera permitiría manipular el objeto por la parte superior de manera fácil y sin obstáculos (Ver Figura 2.5).

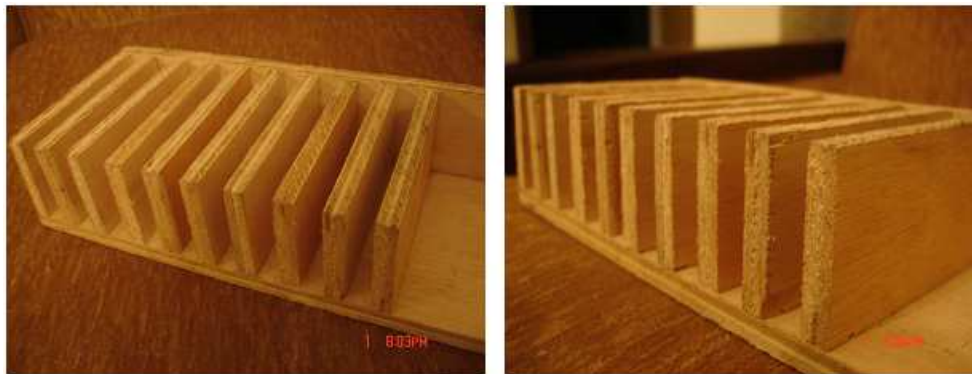


Figura 2.5: Primer prototipo de estante.

El sistema fue descartado debido al movimiento lateral que presentaban los productos, porque no había restricción en la porción superior, de manera que no podían mantenerse verticales. Este efecto creó inconvenientes para empujar el producto de forma adecuada. El sistema fue corregido utilizando un sistema de casillas en donde el producto podía ser almacenado. Constaba de dos tapas de madera, una inferior y otra superior, a través de las cuales se encontraban divisiones que lograron que el producto se mantenga siempre lo más vertical posible (menos de 5° grados de desviación). Todo el estante se encontraba construido de madera (Ver Figura 2.6).



Figura 2.6: Segundo prototipo de estante.

El estante presentado funcionaba de manera adecuada, sin embargo su defecto radicaba en el espacio que ocupaba cada una de las casillas (superaba los 2 cm por casilla). Esto limitaba el número de productos almacenados.

Finalmente se optimizó el prototipo, manteniendo el diseño del estante. Los cambios radicaron en el tipo de material con el cual se fabricarían las divisiones, de tal manera, se podría disminuir los espesores y así aprovechar mejor el espacio. En un inicio fueron de madera lo que ocupaba aproximadamente 3 mm, el material fue cambiado por uno más delgado pero con igual propiedad de resistencia que una lámina de 3mm de

madera. Para ello se utilizó planchas de acrílico de 1.2 mm. Con este cambio se logró disminuir la separación entre productos y optimizar la cantidad de producto a almacenarse.



Figura 2.7: Estantería Final

### 2.1.1.3. Ejes de desplazamiento

Con el concepto de prototipo a realizarse, se estableció que el equipo constaría de soportes guías para el desplazamiento de los componentes. Estas guías debían brindar poca fricción entre componentes, buena alineación, poco desgaste, entre otras características.

Inicialmente se consideró adquirir un mecanismo de guía en el mercado nacional. Dentro de los mecanismos existentes se encuentran los rieles lineales, las cuales presentan varias facilidades: son de fácil adquisición en el mercado, buen rendimiento, poca fricción, buen desempeño, entre otras. Una de las principales desventajas por las cuales se descarto por completo el mecanismo fue la longitud útil de desplazamiento que presentaba. La de mayor longitud en el mercado es de aproximadamente 75 cm, lo que dificulta el almacenamiento de una mayor cantidad de productos (Ver Figura 2.8).



Figura 2.8: Riel (casia.cl)

Se optó por construir las guías, lo que brindaría la facilidad para crear un elemento de la longitud deseada. Como primer elemento se utilizaron dos barras de acero inoxidable de 14 mm de diámetro. La elección del diámetro se realizó para lograr adaptar de manera adecuada los rodamientos lineales adquiridos ( $\varnothing = 14\text{mm}$ ). Al tener barra de acero la longitud que tendrían las mismas dependerían de los requerimientos.

Para construir las guías se estableció que los ejes debían estar anclados a una platina de acero con dos orificios a los cuales se les ajustaría mediante tuercas. Para el uso de tuercas era necesario roscar las barras de manera que estén puedan ser ajustadas. Todo el proceso se realizó en un taller de metal-mecánica en la ciudad de Quito (Ver Figura 2.9).

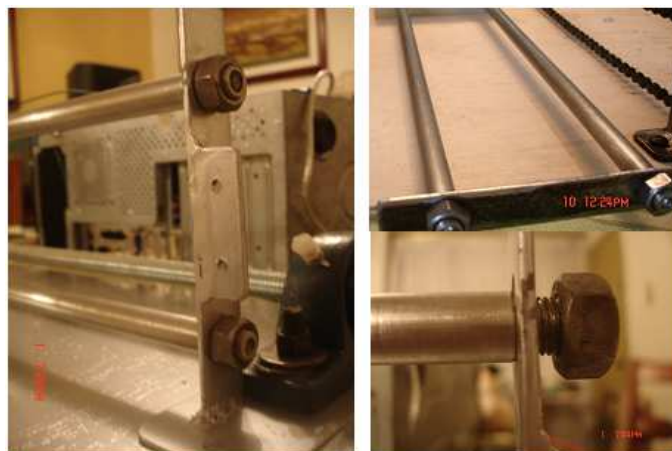


Figura 2.9: Ejes guías roscados.



El prototipo de rieles establecidos es demasiado pesado para el prototipo y su manufactura requiere de tiempo y esfuerzo. Finalmente, se realizaron mejoras para lograr una parte liviana y totalmente funcional con los requerimientos de la PVA. Para ello se estableció que los ejes se construirán con barras de acero inoxidable de ½” de diámetro. El material fue escogido por facilidad de adquisición en el mercado y alivianar considerablemente el peso de las guías sin afectar su desempeño estructural.

La sujeción se la realizará sobre la placa de acero, pero mediante C-clips de los dos lados. Se maquinarán canales en el contorno de los tubos de manera que permitan que los C-clips no tengan desplazamiento y logren una mejor sujeción (Ver Figura 2.10).

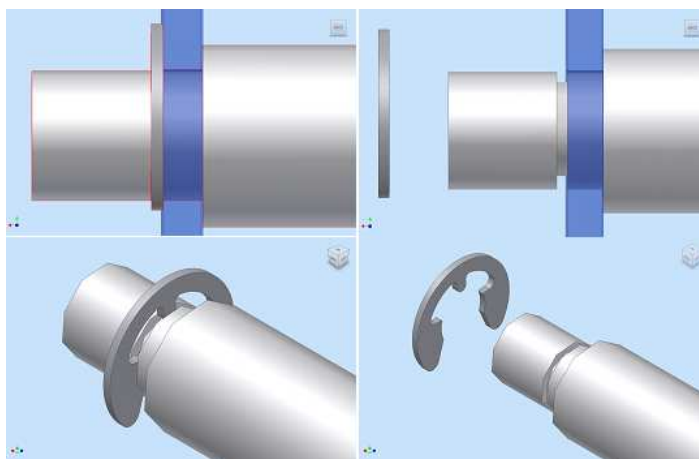


Figura 2.10. Ejes guías, sujeción E clips.

#### **2.1.1.4. Coche de desplazamiento**

Era necesario para el equipo PVA la construcción de un coche de desplazamiento, que permita movilizar el mecanismo de despacho a lo largo de la estantería de almacenamiento. De igual manera se pasó por un proceso de evolución, desde los esquemas y prototipos hasta llegar al equipo final.

El primer esquema radicaba en una base metálica atornillada a un riel de acero de movimiento lineal. Este sistema permitiría adaptar todos los dispositivos necesarios al riel. Era un dispositivo muy rudimentario en el cual la base solo tendría un punto de apoyo lo cual crearía vibraciones (Ver Figura 2.11).

Se optó por crear un carrito con dos puntos de apoyo el uno sostenido mediante un eje guía y el otro a un eje roscado. Se componía de una base de acero en la cual en sus extremos se encontraban un bocín de acero y en el otro una tuerca, que se ensamblaba con el eje roscado. El prototipo fue descartado ya que el movimiento que realizaría no era uniforme, lo que causaría desgaste desigual de los componentes, vibraciones y posibles trabas del sistema por el movimiento desigual.

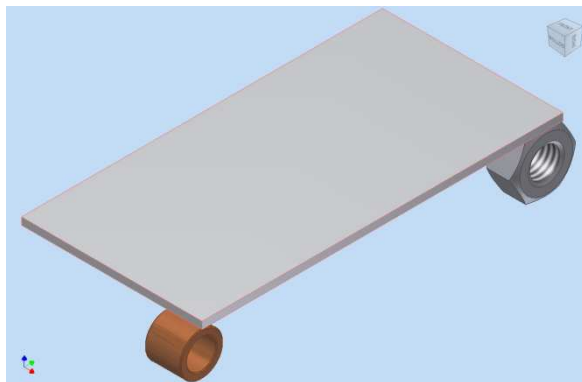


Figura 2.11: Coche de bocín y rosca.

Con estas ideas se consideró que la base del coche debería tener el suficiente espacio para alojar todo el sistema de despacho, por esto se construyó un prototipo donde el coche era un bloque de polipropileno (PP) de 200 mm x 150 mm x 60 mm. Este bloque tenía dos perforaciones en la cara de 150mm x 60 mm, que permitían alojar dos rodamientos lineales en cada perforación, cuatro en total, para que se pudiera deslizar sobre dos ejes guías (Ver Figura 2.12).



Figura 2.12: Coche de PP.

Al final se observó que las dimensiones del coche le proveían de gran inercia y esto se quería evitar. Por otro lado se observó que la alineación de las guías con los orificios del coche es crítica porque debido a una pequeña desviación en uno de los orificios del coche, éste no se deslizaba. Este problema fue solventado con la implementación de un “ojo de pescado” en uno de los extremos de sujeción del eje guía, lo que permitía al eje ajustarse a la orientación del orificio del coche y así evitar la condición de trabado.

Finalmente se optó por una base en una placa de acero con tres puntos de sujeción, dos bocines a los extremos y una rosca en la mitad (Ver Figura 2.13). El sistema permite un movimiento más uniforme, evitando vibraciones y evitando que el sistema tenga trabas. Además consta de soportes que permiten alinear el dispositivo fácilmente.

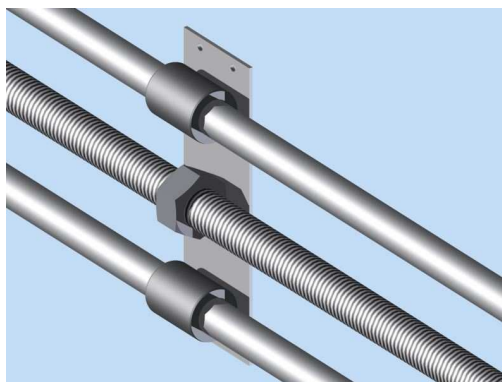


Figura 2.13: Base de Coche de desplazamiento cH.

### **2.1.1.5. Sistema de desplazamiento**

El mecanismo de desplazamiento fue uno de los componentes críticos durante el diseño y construcción de la PVA. No existía en mercado sistemas de desplazamiento que cumplan con las características adecuadas para el equipo.

Como primera etapa de construcción y diseño se estableció construir un mecanismo de desplazamiento, en el cual su componente central sea una cadena de acero. Se buscaba emular el mecanismo de movimiento utilizado en las bicicletas, pero con la diferencia que el eje motriz del sistema sería un motor DC acoplado (Ver Figura 2.14).

Como primer paso se realizó la compra de partes que involucraba una cadena de acero de 1/2" x 1/8", dos piñones de 55 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior, y un motor DC alimentado a 24 VDC.

Para la etapa de construcción se adaptó uno de los piñones al motor mediante un acople de acero, elaborado en un taller metalmecánico en la ciudad de Quito. Mediante un prisionero el acople se ajustaba al eje del motor. Con esto se logró construir el sistema motor para el mecanismo.

El otro piñón fue adaptado a un rodamiento NTN 6202-RSL y este a su vez a una base metálica que serviría de soporte. Con esto se logró un piñón loco que permitía guiar a la cadena y ajustarla. A continuación se colocó la cadena alrededor de los piñones, que se encontraban anclados a los costados de un tablón de madera.

Finalmente se realizó la prueba del mecanismo, conjuntamente con el riel adquirido en el mercado. El acople entre los dos dispositivos se realizó mediante un pin anclado a la riel que se insertaba en uno de los eslabones de la cadena, logrando así el movimiento. El

funcionamiento fue adecuado, la velocidad era estable, no existía detenciones por fallas y se posicionaba adecuadamente.

Las principales desventajas del dispositivo fueron que debido a la gran inercia que presentaba se necesitaba varios segundos para que el dispositivo se detenga por completo. Adicionalmente el mecanismo no brindaba precisión debido a la alta velocidad, aproximadamente  $8.25 \frac{cm}{seg}$ . (Para detalle de cálculos ver Anexo C)



Figura 2.14: Sistema de desplazamiento piñón-cadena

Luego de un análisis riguroso dentro del mercado, estudios varios y cálculos realizados, se optó por cambiar el mecanismo de desplazamiento. El prototipo actual sería construido con un eje roscado y una tuerca. El nuevo componente permitirá obtener mayor precisión en el movimiento y lograr detener el sistema en el momento y lugar deseados. Sin embargo una de las desventajas es que la velocidad de avance será lenta en comparación con el dispositivo anterior, aproximadamente  $2.74 \frac{cm}{seg}$ . (Para detalle de cálculos ver Anexo C)

Como primera etapa se realizó la construcción del sistema para realizar pruebas y comprobar el correcto funcionamiento del sistema para continuar con su aprobación. Para

la construcción se adquirió dos chumaceras de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro interior (DmP-chu), un eje roscado de  $\frac{5}{8}$ " (DmP-ejr), dos poleas (de 2" y  $2\frac{1}{2}$ " diámetro exterior respectivamente) para transmisión de movimiento (DmP-pol1 y DmP-pol2), motor DC (DmP-mot) y tuerca galvanizada  $\frac{5}{8}$ " para acople al eje roscado (DcH-ejr-trc1). (Ver Figura 2.15)

Se procedió a acoplar el eje roscado a las chumaceras. Este proceso se lo realizó mediante el devastado de los extremos del eje de tal manera que puedan ingresar a las chumaceras adecuadamente. Los componentes se ajustan mediante pernos prisioneros (DmP-per-chu) localizados en las chumaceras.

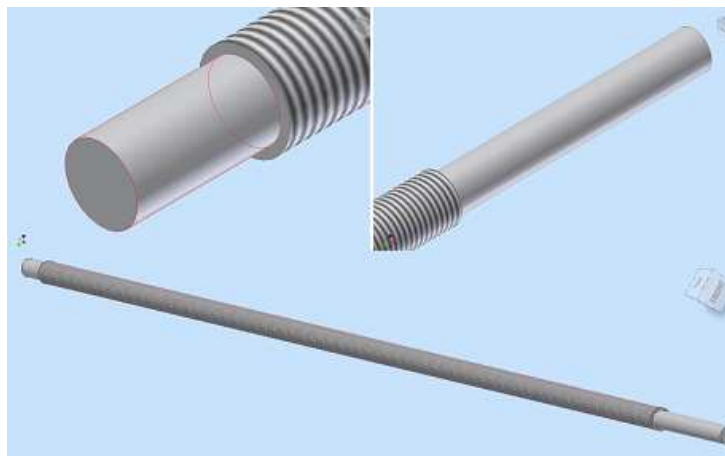


Figura 2.15: Sistema de desplazamiento eje roscado.

A continuación se acopló las poleas al eje roscado y al motor. Mediante tornillos prisioneros se fijaron las poleas al eje. Con una banda de plástico se logró la transmisión de movimiento entre los dos componentes. Una vez construido el sistema se procedió a realizar las pruebas de velocidad y posicionamiento (Ver Figura 2.16).

Luego del programa de pruebas realizado, se confirmó que el prototipo ensamblado era el más apto para ser instalado dentro de la PVA. Presentaba un alto grado de precisión debido al eje roscado, la velocidad de avance fue la esperada y lograba la fuerza necesaria para desplazar el coche de desplazamiento (DcH).



Figura 2.16: Sistema de transmisión de movimiento mediante poleas.

## 2.1.2. Prototipos Previos

Durante el diseño y construcción de la PVA se plantearon varios prototipos previos. Estos prototipos aportaron ideas y mejoras para obtener el equipo final. A continuación presentamos la evolución de los prototipos hasta su etapa final:

### 2.1.2.1. Prototipo A1

El prototipo A1 fue un prototipo del mecanismo de despacho y de almacenamiento de producto. En principio se estudiaron varias alternativas como un pistón neumático y motor lineal que empujarían el producto hacia la parte posterior de tal manera que el usuario lo pueda recibir. Este sistema se encontraba instalado sobre una mesa metálica que se desplazaría, a lo largo del equipo, por medio de dos guías metálicas. Aún para este prototipo no se establecía el mecanismo que permitiría desplazar la mesa.

De igual forma se planteó una esquema de cómo podría almacenarse el producto mediante estantería. La estantería estaba compuesta por dos bases de las cuales cruzaban

alambres metálicos que permitirían sostener el producto. La idea nació emulando estanterías existentes en el mercado.

El prototipo fue esquematizado en el software Auto CAD Inventor 2009, de tal manera que se pueda conceptualizar la idea y mejorarla (Ver Figura 2.17).

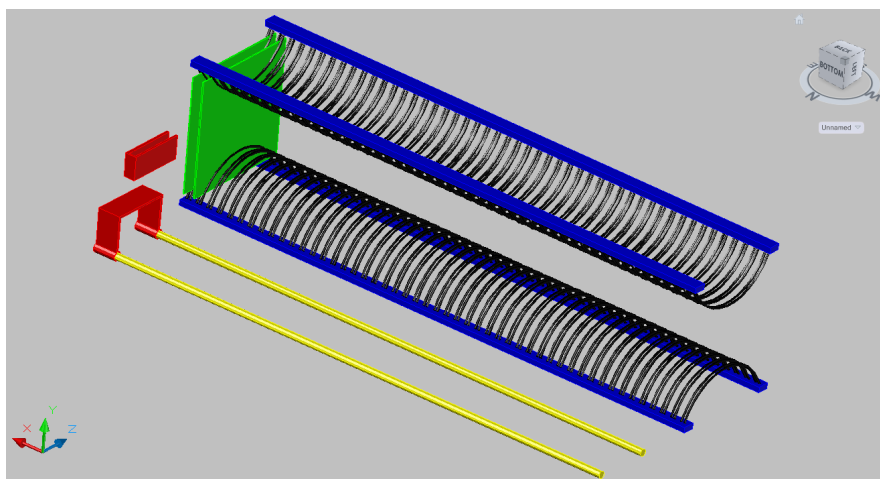


Figura 2.17. Prototipo A1.

### 2.1.2.2. Prototipo A2

Para el segundo prototipo se mantuvo la idea del prototipo A1. Pero para este segundo esquema ya se establecieron todos los posibles sistemas mecánicos de la PVA incluso los de desplazamiento (Ver Figura 2.18).

#### Desplazamiento:

Para conseguir el desplazamiento de la plataforma se cuenta con dos sistemas de motores VDC que permitirán el movimiento tanto vertical como horizontal del dispositivo. El movimiento se realizará mediante la rotación del eje roscado que permitirá el desplazamiento de los coches.



### Ejes y alineación:

El dispositivo consta de dos mesas de desplazamiento. La primera se le conocía como principal, la cual era la encargada de desplazar el coche de desplazamiento a lo largo del equipo. Consta de dos ejes, uno guía y el otro roscado que permitiría el movimiento por medio del acople a un motor DC.

La segunda mesa constaba de cuatro ejes, tres ejes guías y uno roscado que será el encargado del movimiento. Esta mesa permitiría desplazar a la mesa principal de manera vertical para posicionarse en las diferentes estanterías, que se encontraban localizadas una sobre otra.

### Despacho:

Se mantuvo la idea del pistón neumático o motor eléctrico de manera que empuje el producto hacia la parte posterior.

### Apilamiento:

El sistema de apilamiento tuvo una mejora y ahora se encontraba construido mediante dos bases (superior e inferior). Sobre las cuales se encontraban localizadas divisiones, lo que permitía sujetar adecuadamente el producto evitando caídas laterales.

**Desventajas:** El movimiento generado por los dos ejes motrices no sería uniforme por lo que crearía desgaste en los componentes rápidamente. Adicionalmente aún no se establecía claramente cuál sería el mecanismo de despacho, por lo que este prototipo tendría varios cambios antes de ser aprobado.

**Ventajas:** El mecanismo de desplazamiento brindaba la estabilidad de los productos, de tal manera que estos se mantenga siempre erguidos y el pistón pueda empujarlos fácilmente.

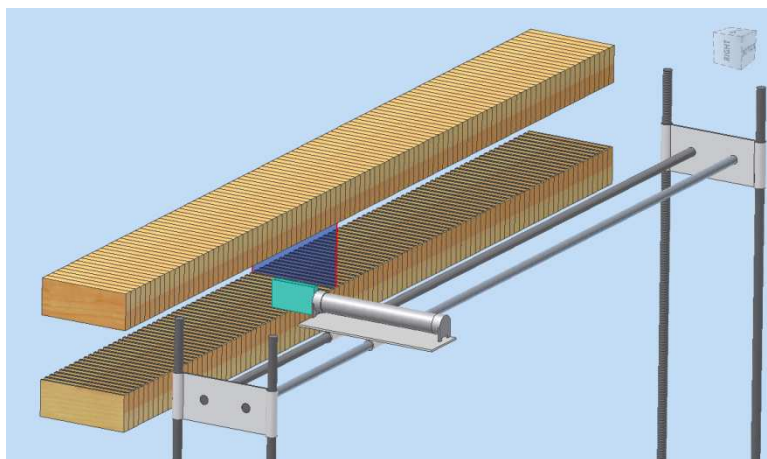


Figura 2.18: Prototipo A2

### 2.1.2.3. Prototipo A3

Este prototipo presentaba una sola mesa de desplazamiento, consta de dos ejes guías y un plataforma que se desplaza sobre las mismas por medio de cuatro rodamientos lineales. El desplazamiento de la plataforma es vertical dado que la forma de almacenamiento de los productos, para este prototipo, almacenados en tipo torre. La plataforma cuenta de un dispositivo de empuje que despacha el producto (Ver Figura 2.19).

#### Desplazamiento

Se eliminó los ejes roscados para realizar el movimiento debido a su complejidad para instalación y funcionamiento. Para conseguir el desplazamiento de la plataforma se

cuenta con sistema de motor VDC, catalinas y cadena. De esta manera se logró desplazar el carrito evitando sistemas complicados.

### Despacho

El dispositivo se lo tomó de una unidad de CD ROOM de un computador de desecho. Funciona con un tornillo sinfín y un motor VDC 5V. Este dispositivo posee la fuerza necesaria para despachar el producto; además está construido de tal manera que cuando es activado una bandeja sale del compartimiento principal, empujado por el tornillo sinfín, y esta bandeja tiene dimensiones, en su cara frontal, 25% inferiores a las de una caja estándar de CD.

### Apilamiento

La estantería de almacenamiento se mantiene igual que el prototipo A2. Pero para este esquema el sistema ya no es horizontal sino vertical. Lo que permitía almacenar mayor cantidad de productos, aprovechando el espacio vertical.

**Desventajas:** El mecanismo de despacho no tenía la fuerza necesaria para desplazar siempre el producto. Cualquier obstáculo o resistencia presente en el producto no permitía el correcto funcionamiento del despachador.

El sistema de desplazamiento mediante cadena realizaba el movimiento adecuadamente, pero no era preciso. La inercia del coche es muy grande lo que no permitía que el sistema se posicione adecuadamente. Además la precisión se veía directamente relacionada con el número de dientes del piñón.



Figura 2.19: Prototipo A3 (Construido)

#### 2.1.2.4. Prototipo A4

Se mantiene la disposición de una sola mesa de desplazamiento. Ahora todas las partes del prototipo se encuentran ancladas a una base fija. De esta manera se logró que el prototipo sea modular y se instale de una manera organizada (Ver Figura 2.20).

##### Desplazamiento

Debido a los problemas presentados por el sistema de cadena. Se optó por retomar el sistema de eje roscado. Este prototipo aumenta las complicaciones para ensamblaje e instalación, debido al incremento de partes. Este mecanismo brinda las características de precisión y posicionamiento requeridas.

##### Despacho

Debido al sin número de problemas con los despachadores lineales tanto de adquisición como dificultad para construirlos. Se diseñó el sistema de patada mediante el uso de un servo - motor. El motor con ayuda de una barra de acero, al girar desplaza el

producto y cumple con la entrega al cliente. Este sistema logró solucionar el problema presentado en el diseño del despachador.

### Ejes

Con el nuevo sistema de despacho las guías ya no podían mantener su posición actual. Las guías pasaron a ubicarse en la parte posterior del despachador evitando obstaculizar el movimiento realizado.

### Apilamiento

Con el sistema de despacho listo, se estableció un sistema de apilamiento semejante al de prototipos anteriores con algunos cambios sencillos que permiten que el dispositivo actúe adecuadamente. Se eliminaron de las estanterías la pared trasera, lo que evita obstaculizar el trayecto del despachador.

**Desventaja:** Se ha establecido claramente los componentes a utilizarse y su función dentro del equipo. Pero aún no se conoce con precisión la ubicación de los mismos. Adicionalmente el equipo necesita una base sumamente grande para abarcar todas las partes y componentes lo que hace que el dispositivo sea demasiado robusto.

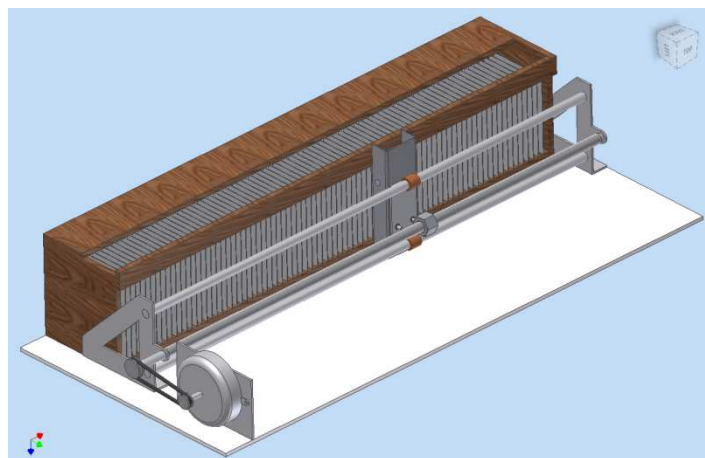


Figura 2.20: Prototipo A4.

### 2.1.2.5. Prototipo A5

Con el fin de establecer un prototipo totalmente modular, En el sistema se retiró la base que sostenía todos los componentes y partes. En lugar de la base se diseñó un sistema más sencillo y liviano que permita sujetar todas las partes, disminuyendo un poco el peso del equipo.

Se ideó una jaula de acero, construida por ángulos, dentro de la cual se colocaría todos los componentes diseñados de manera modular. Esto permitía que el equipo se convierta en un solo bloque desarmable y modular.

Se estableció que el coche desplazamiento podría estar sujetado por tres ejes: dos guías y uno motriz. Con esta idea se pudo crear un soporte único en el cual se encontrarían anclados los tres componentes y adicionalmente el motor (Ver Figura 2.21).

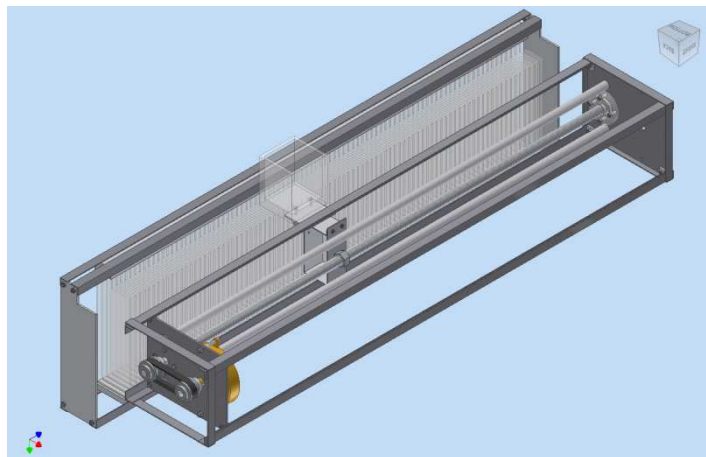


Figura 2.21. Prototipo A5

### **2.1.2.6. Selección de Dispositivos y elementos Finales**

Para la selección del prototipo final se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y amenazas) de cada uno de los prototipos previos. El análisis permitirá conservar los componentes que mejor se han desempeñado dentro de cada diseño y juntarlos para obtener el modelo más factible para la construcción y posible comercialización.

El análisis FODA de los prototipos se basó en la evaluación de los siguientes parámetros:

- Modularidad
- Precisión
- Velocidad de avance
- Sistema de despacho
- Facilidad de manufactura
- Apilamiento de productos

Cada uno de los parámetros fue sometido a una evaluación. El rango de evaluación se encuentra entre 0 y 10. Cero como calificación inferior y diez como calificación satisfactoria. A continuación se presenta el análisis FODA realizado:

<b>Análisis FODA de prototipos</b>					
<b>Parámetros de calificación</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>
Modularidad	6	6	7	8	9
Precisión y velocidad de avance	3	6	6	8	8
Sistema de Despacho	3	5	6	5	7
Manufactura	4	5	6	6	7
Apilamiento de productos	6	6	7	7	8
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>45</b>

Tabla 2.1: Análisis FODA de Prototipos.

Finalmente el análisis FODA permitió observar el avance que se tuvo en cada uno de los prototipos. Adicionalmente se fue tomando cada una de las ventajas de los prototipos para llegar al final. El prototipo final estará compuesto de los mejores componentes de cada uno de los prototipos que permitirán cumplir con los requerimientos que se busca, sin embargo todavía existen mejoras que se pueden realizar a lo largo de la construcción, estudios y diseño progresivo.

## **2.2.Lineamientos del Prototipo Final**

Con el conocimiento y experiencia que se pudo juntar a lo largo del pre-diseño, se pueden establecer ciertos lineamientos que ayudarán a mejorar el diseño crítico del



prototipo final. Estos lineamientos tratarán de organizar todo el trabajo para obtener un sistema final y eficiente.

### Concepción General del Prototipo

El prototipo estará constituido por una estructura modular que permitirá un fácil ensamblaje y desensamblaje tanto para la construcción como para el mantenimiento. El concepto de la modularidad deriva en la creación de diferentes sistemas agrupados en módulos que trabajarán en conjunto, pero además, si existe algún problema con determinado módulo, existe la posibilidad de reemplazarlo y no prolongar la detención del equipo en servicio.

#### **2.2.1. Grupos de Partes**

Para crear una forma consistente y ordenada de nombrar los componentes, así como para facilitar la ubicación de piezas específicas, la PVA ha sido dividida en los siguientes Grupos de Partes:

- **Mecanismo Cobranza [C]:** El mecanismo de cobranza incluye el sistema encargado de coleccionar el dinero por el pago del producto.
- **Mecanismo de Despacho [D]:** El mecanismo de despacho está compuesto por el Sistema de Posicionamiento y el de Despacho. El Módulo de Posicionamiento (mP) localiza el producto, confirma su existencia y luego es despachado para la entrega al cliente.
- **Electrónico [E]:** Comprende todas las partes eléctricas como cableado, fuentes de poder, conexiones y las partes electrónicas. Entre las partes

electrónicas encontramos el PLC y la pantalla táctil. Respecto a la pantalla táctil, en este grupo de partes se considera solo su componente electrónico y no su función que se discutirá más adelante en Interacción Humana (IH).

- **Estructural [R]:** Este grupo comprende el bastidor de la PVA y todos los demás elementos estructurales que servirán de sustento para las demás partes.
- **Interacción Humana [IH]:** Consiste del sistema encargado de la interacción usuario – equipo. Aquí se incluirá como está estructurada la información presentada por la pantalla táctil.
- **Estantería [S]:** Las estanterías son las encargadas de almacenar el producto, estas consisten de divisiones que individualizan al producto dentro del stock general, para de esta manera facilitar su localización y despacho.
- **Estético [T]:** Comprende todos los elementos que no desempeñan ninguna función que la de mejorar la apariencia del equipo PVA.

### 2.2.2. Codificación de Componentes

Para la codificación de partes se ideó una estructura donde todos los componentes pertenecen a un Árbol General de Partes, y luego están ubicados en las diferentes ramificaciones de dicho árbol donde cada rama está dada por el Grupo de Partes mencionado en la sección anterior. Esta estructura está orientada a mantener una idea clara de la ubicación de las partes dentro del equipo y también permite la identificación rápida y oportuna de dichas partes.

### 2.2.2.1. Formato del Árbol General de Partes

Para presentar el formato del Árbol General de Partes es necesario introducir primero el código a utilizarse para la identificación de las partes. A continuación se presentan dos tablas, la primera presenta la estructura del código (Tabla 2.2) y la segunda los Tipos de Componente (Tabla 2.3):

CÓDIGO				
GRUPO	SUB-GRUPO	TIPO	NÚMERO	REVISIÓN
C,D,E,R,IH,S,T	Ver incisos en árbol de partes	Ver tabla 2.2	1-9	A-Z

Tabla 2.2: Tipificación del Código de Partes

PARTES	TIPO
Ángulos de soporte	ans
Arandela de Presión	ars
Arandela Plana	arp
Banda	ban
Bastidor	str
Base	bas
Botón	bot

C-clip	clp
Chumacera	chu
Divisiones	div
Eje	eje
Eje Guía	ejg
Eje roscado	ejr
Estructura	est
Fuente	fnt
Motor	mot
Perno	per
Pistola de codificación	pis
Placa	plk
Polea	pol
Rodamiento	rod
Sensor	sen
Servo motor	ser
Soporte	spt
Tuerca	trc
U estructural	ust

Viga	vga
------	-----

Tabla 2.3: Identificación de componentes generales por Tipos.

## 2.3. Planes de Pruebas y Estudios

Para definir y determinar los componentes finales que presentará la PVA, se deberá establecer varios estudios y pruebas que permitan confirmar la funcionalidad de los componentes. Durante el desarrollo de este proceso el diseño sufrirá cambios y modificación de acuerdo a las necesidades y requerimientos.

En este capítulo se describirá en forma cuales serán los posibles procedimientos que se realizarán para cumplir con este proceso. De igual manera los planes de pruebas y estudios sufrirán modificaciones durante su desarrollo.

### 2.3.1. Identificación de componentes Críticos

Los componentes críticos son aquellos en los cuales se deberá poner mayor atención y cuidado, tanto en su manufactura, diseño y mantenimiento. Estos componentes son de vital importancia para el funcionamiento de la PVA, si uno de estos fallara, el equipo no podría realizar su labor adecuadamente.

A continuación presentamos los posibles componentes críticos que tendrá la PVA. Sobre ellos se realizarán los planes de pruebas para mejorarlos y confirmar su adecuado funcionamiento.

### Finales de carrera

Los finales de carrera son componentes críticos dentro de la PVA, ya que podrían llegar a fallar. Debido a la disposición, programación y funcionamiento que presenta el equipo, los dispositivos finales de carrera están sometidos a realizar una gran cantidad de ciclos durante el tiempo de operación de la máquina. Es por ello que determinar los ciclos de vida del componente será fundamental para evitar el fallo.

### Servo motor (Despachador)

Dispositivo esencial para realizar el despacho de los productos. El gran número de ciclos que realizará el dispositivo, adicional a la carga a ejercer sobre el producto, conllevan a pensar que el componente es crítico.

### Tuerca y eje roscado

El sistema es la base fundamental del desplazamiento del carrito para proceder a la entrega del producto. Debido a las cargas ejercidas sobre la tuerca y el eje habrá fricción constante de las partes. Lo que ocasionará desgaste y por lo tanto desprendimiento de material. En caso de sufrir falla o desgaste excesivo, el equipo no podrá continuar con su normal funcionamiento.

### Motor

Es un componente robusto y fuerte que brinda movimiento a todo el sistema. Sin embargo se encuentra sometido a un gran esfuerzo pero cortos lapsos de trabajo, de acuerdo a lo planificado; sin embargo deberá cambiar su sentido de giro una vez en cada ciclo. El motor puede sufrir daños o averías por el gran esfuerzo que realiza. En caso de falla del dispositivo la PVA no podrá funcionar.

### Banda

Es el dispositivo que realiza transmisión de potencia, está localizado entre dos poleas instaladas una en el eje del motor y otra en el eje roscado. Toda la fuerza para transmisión de movimiento está concentrada en este dispositivo. La gran fricción y deslizamiento presente en la parte producirá desgaste paulatino de los dientes de la banda. La banda perderá sus propiedades con el funcionamiento del dispositivo lo que ocasionará falla, ruptura o desgaste excesivo. En caso de que esto suceda la PVA perderá precisión en sus movimientos y errores en el despacho.

### Estanterías

Debido al diseño de la PVA las estanterías están construidas y diseñadas de planchas de acrílico. De acuerdo a la disposición y el número de los productos dentro del equipo, estas planchas soportarán una gran carga estática. Es por ello que es fundamental prevenir que las bases de las estanterías no fallen, en caso de que suceda el interior de la PVA se volverá un caos posiblemente causando averías a otros componentes.

### Rodamientos

Estos componentes que soportan el eje roscado se encuentran sometidos a cargas axiales y verticales, acompañado de una gran cantidad de ciclos a cumplir dentro de la PVA. Es por eso que se debe conocer cuántos ciclos permitirá el componente antes de la falla. Esto permitirá brindar un mantenimiento adecuado y un reemplazo a tiempo en caso de necesitarlo.

### Pantalla táctil

Es el componente que más interacción tendrá con el usuario. El uso que se le dará a la misma será brusco y exhaustivo, es por eso que se debe intentar mantenerla en las mejores condiciones posibles. Se debe realizar estudios para conocer las posibles fallas del dispositivo y razones por las que suceden. De esta manera se precautelaré el equipo y se garantizará su funcionamiento.

### Bastidor

Es el componente encargado de soportar toda la carga de los dispositivos. Es fundamental que su estructura sea robusta y segura para precautelar la integridad de todos los componentes.

## **2.3.2. Planes Técnicos de Pruebas y Estudios**

Se pretende delinear las directrices de los Planes Técnicos de Pruebas y Estudios para obtener una base tentativa de las posibles pruebas y estudios a realizarse sobre los componentes. Se propone que el esquema de las pruebas en muchos casos serán condiciones exageradas y extremas que permitirán conocer un estimado de los ciclos de vida en condiciones normales. Para esto se presentan a continuación tentativas de prueba.

### Finales de carrera

Se construirá un banco de pruebas en el cual el dispositivo realizará ciclos continuos. El monitoreo será permanente para conocer el comportamiento del dispositivo a lo largo de los ciclos. Esto se realizará por medio de un contador que se ejecutará en el PLC. De esta manera cada vez que el contacto se active se registrará en el contador.



Este sistema se podría poner a prueba por medio de un circuito neumático que se montaría en el banco de pruebas y que activaría el final de carrera con una frecuencia determinada. Se aclara que este no sería un ensayo destructivo, sino más bien uno que permita determinar un valor de ciclos que el componente puede soportar y que se garantiza, para en base a eso determinar cronogramas de reemplazo.

#### Servo motor (Despachador)

Se simulará el empuje de productos a realizarse en la PVA por medio de la construcción de un banco de pruebas. Éste constaría del servo-motor acoplado a un brazo y en el extremo del mismo, una carga equivalente a la del producto requerido de despachar. Con estas condiciones se estudiará y analizará el comportamiento del servo, estimando la vida útil del dispositivo mediante ciclos redundantes.

#### Tuerca y eje roscado

En el caso de la tuerca y el eje roscado se puede identificar en un análisis superficial, que la principal causa de falla se da por el desgaste derivado de la fricción entre ambos componentes. Por esta razón se plantea construir un mecanismo que desplace la tuerca sobre el eje rosado. Esto se lo piensa lograr por medio de de la rotación del eje en ciclos alternados de rotación horario y anti-horaria, generando un movimiento de vaivén constante que simularía una condición exagerada extrema del funcionamiento de la PVA.

Entre las variables que se podrían identificar sería incrementos de la vibración debido al juego tuerca-tornillo inducido por el desgaste, la disminución en la precisión causada de nuevo por el juego antes indicado. También se podría realizar un estudio comparativo entre dos mecanismos, uno lubricado y otro no. Para registrar el aumento de

la vibración se podría montar acelerómetros de tres direcciones y registrar los picos con el paso del tiempo. Estos se almacenarían en un arreglo y luego se procesaría la información.

### Motor

La prueba se podría realizar montando el motor en un banco de pruebas, mediante el cual se lo puede encender con carga sobre su eje simulando el funcionamiento de éste en la PVA. Se medirá la temperatura que alcanza el motor en un determinado tiempo de funcionamiento continuo. Esto se busca con el fin de precautelar el daño del equipo por temperaturas excesivamente altas. El fabricante establece parámetros de funcionamiento a los cuales debe estar sometido el dispositivo, para su correcto desempeño.

### Banda

La principal causa de la falla de una banda es la pérdida de tensión debido a deformaciones plásticas derivadas de ciclos de carga continua que generan fatiga y por las temperaturas de trabajo. (Juvinall y Marshek 749-753)

De esta forma se pretende construir un banco de pruebas que permita determinar la vida útil de la banda por medio de la recreación de condiciones de carga equivalentes. El estudio y análisis se determinará de acuerdo a las condiciones de la banda.

### Estanterías

Se realizará un estudio de elementos finitos en el cual se simule las condiciones a las cuales estarán sometidas las bases. De igual manera se respaldará la simulación con cálculos analíticos del elemento.

### Rodamientos

Se establecerá contactos con el fabricante para asesorarse de la vida útil del componente de acuerdo a las condiciones de funcionamiento de la PVA. Se realizarán estudios para conocer las cargas aplicadas y en base a esto determinar si cumplirá con lo recomendado.

### Pantalla táctil

Mantendremos contacto con la empresa y con especialistas nacionales en el tema, de tal manera que confirmemos y aseguremos la vida útil del dispositivo de acuerdo a las condiciones a las que se vea sometido.

### Bastidor

Debido a la carga a la que estará sometido el bastidor, se establece realizar estudios de elementos finitos y analíticos. Esto con el fin determinar la resistencia del componente.

## **2.4. ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO II**

### **2.4.1. Objetivos:**

- Plantear las directrices generales hacia el prototipo final.
- Documentar la evolución del diseño
- Aprender de los errores

### **2.4.2. Alcance:**

Mostrar la evolución de los componentes, partes y prototipos para sustentar en ellos el diseño crítico alcanzado al final del proceso.

### **2.4.3. Desarrollo:**

El Capítulo II, que trata acerca del diseño preliminar, describe la evolución y la documenta. También establece un marco de trabajo que define grupos de partes y codifica sus componentes. Los grupos son:

- Mecanismo Cobranza [C]
- Mecanismo de Despacho [D]
- Electrónico [E]
- Estructural [R]
- Interacción Humana [IH]

- Estantería [S]
- Estético [T]

La evolución que se presenta se centra principalmente en el despacho [D] y estanterías [S].

#### Despacho [D]

En el caso del despacho hay dos áreas que se desarrollan: el mecanismo de posicionamiento y el mecanismo despachador.

Los grandes pasos en el mecanismo de posicionamiento fueron considerar un coche que desplace sobre guías, en un principio sujeto a un mecanismo cadena – catalina y finalmente a un tornillo sin fin.

Para el mecanismo despachador se recorrió un largo camino desde comprar actuadores lineales, luego construirlos hasta finalmente cambiar la idea de que se necesitaba un actuador lineal para el despacho y remplazarlo por un movimiento circular efectuado por un brazo que empuja “el producto” cuando el brazo recorre 90 grados impulsado por un servo – motor.

#### Estanterías [S]

El almacenamiento en un principio fue ideado a manera de apilamiento, sin aislar en unidades al producto, esta tendencia venía acompañada de una configuración vertical de almacenamiento. Finalmente se estableció un almacenamiento que permita distinguir fácilmente la unidad y realizarlo en una configuración horizontal.

### Planes Técnico y Pruebas

De los componentes que se pudieron identificar irían en el diseño crítico se establecieron ideas tentativas para probar su funcionamiento. Los componentes identificados fueron:

- Finales de carrera
- Servo motor (Despachador)
- Tuerca y eje roscado
- Motor
- Banda
- Estanterías
- Rodamientos
- Pantalla táctil
- Bastidor

### **3. CAPITULO III: DISEÑO CRÍTICO (CDR)**

#### **3.1. Prototipo Final**

##### **3.1.1. Descripción General de Funcionamiento**

El funcionamiento del prototipo de PVA fue establecido mediante la secuencia de actividades que permiten cumplir con el objetivo de entregar al usuario el producto deseado. El proceso puede ser descrito mediante un flujo de operaciones. A continuación se describen todas las actividades desde la instalación hasta la venta del prototipo.

- Instalación:

La PVA posee un bastidor robusto que permite una fácil manipulación, transporte y protege los componentes internos del equipo. Su alimentación está dada por una conexión a una fuente común de 110VAC, que se puede encontrar en el común de las edificaciones del territorio nacional.

De esta manera, lo necesario para su instalación consiste en colocar la PVA en el lugar en el cual operará, empernar su base al piso o pared (de acuerdo a la necesidad) y conectar su enchufe a un tomacorriente. La razón de anclar la PVA al piso o pared, es para precautelar la integridad del equipo y evitar despachos de productos que no hayan sido cancelados. Aunque el diseño de la PVA ya incluye protecciones para evitar estos casos, se debe siempre mantener medidas de seguridad para evitarlo.

- Abastecimiento:

Para realizar el abastecimiento de productos, el operario deberá utilizar su llave de servicio y con esta activar un interruptor que le permitirá iniciar sesión en el equipo como

personal de mantenimiento, por medio de la introducción de un nombre de usuario y una contraseña. Luego accederá a las opciones de Servicio. En esta pantalla el operario deberá escoger la opción de mantenimiento. Una vez seleccionada la opción, el operario deberá utilizar su llave para abrir la cerradura del bastidor que da acceso a las estanterías del equipo para poder cargarlas de producto.

La carga consiste en depositar producto en los canales de la estantería de manera que su código de barras pueda ser reconocido desde arriba. De esta manera, la cara del producto que contiene el código de barras no debe hacer contacto con ninguna superficie y debe ubicarse en la parte posterior de la estantería.

Se debe señalar que los productos a cargarse pueden ser de diferentes tipos, es decir, el mismo empaque pero otro contenido. Sin embargo, dada la concepción de la PVA de realizar su inventariado automáticamente, la persona encargada de realizar los abastecimientos de producto no deberá preocuparse por ordenarlos en algún patrón. Podría introducir todos los tipos en un orden aleatorio que no afectaría el funcionamiento. La PVA permite identificar el producto sin necesidad de conocer su lugar establecido.

- Venta:
  - Selección del Producto

La selección del producto se da por medio del sistema de Interacción Humana (IH), este sistema cuenta con una interfaz gráfica que se presenta en la pantalla táctil. El usuario podrá acceder a los diferentes tipos de productos y descripciones navegando a través de las pantallas con el uso de sus dedos.

- Pago:



Una vez que el usuario ha seleccionado el producto que desea adquirir, el sistema le preguntará si está seguro de su elección, preguntando: Confirma que desea comprar el producto “X” por el valor de “Y”, y si la respuesta es afirmativa por medio de la selección de la opción comprar, el sistema despliega un mensaje en pantalla solicitando el pago respectivo. Para hacer el pago el usuario deberá depositar el monto a pagarse en la ranura para introducir monedas. A medida que el usuario deposite las monedas aceptadas, la pantalla desplegará el valor restante para finalizar la adquisición.

- Ubicación del Producto:

Una vez que el monto total por el producto ha sido pagado, el módulo de posicionamiento inicia su operación y localiza el producto. Lo hace por medio de la lectura del código de barras. Una vez encontrado el producto, se posiciona al despachador de tal manera que se alinee con el plano central del canal, esto lo consigue por medio de la detección de un pin metálico localizado en este plano central con ayuda del sensor inductivo.

- Despacho:

Una vez que el pin de alineación ha sido localizado y el despachador se encuentra frente al producto, el brazo del despachador rota  $90^{\circ}$  (desde  $270^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ ) para empujar al producto fuera del canal de almacenamiento. Una vez que el producto ha sido empujado fuera del canal, éste cae por la tolva de entrega hacia el compartimento de retiro donde podrá ser recogido por el usuario. En la tolva de entrega se encuentra un sensor infrarrojo de barrera que cuando el producto activa la señal del sensor, existe la confirmación del despacho y la transacción ha sido exitosa.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la interacción usuario - PVA para la adquisición de un producto.

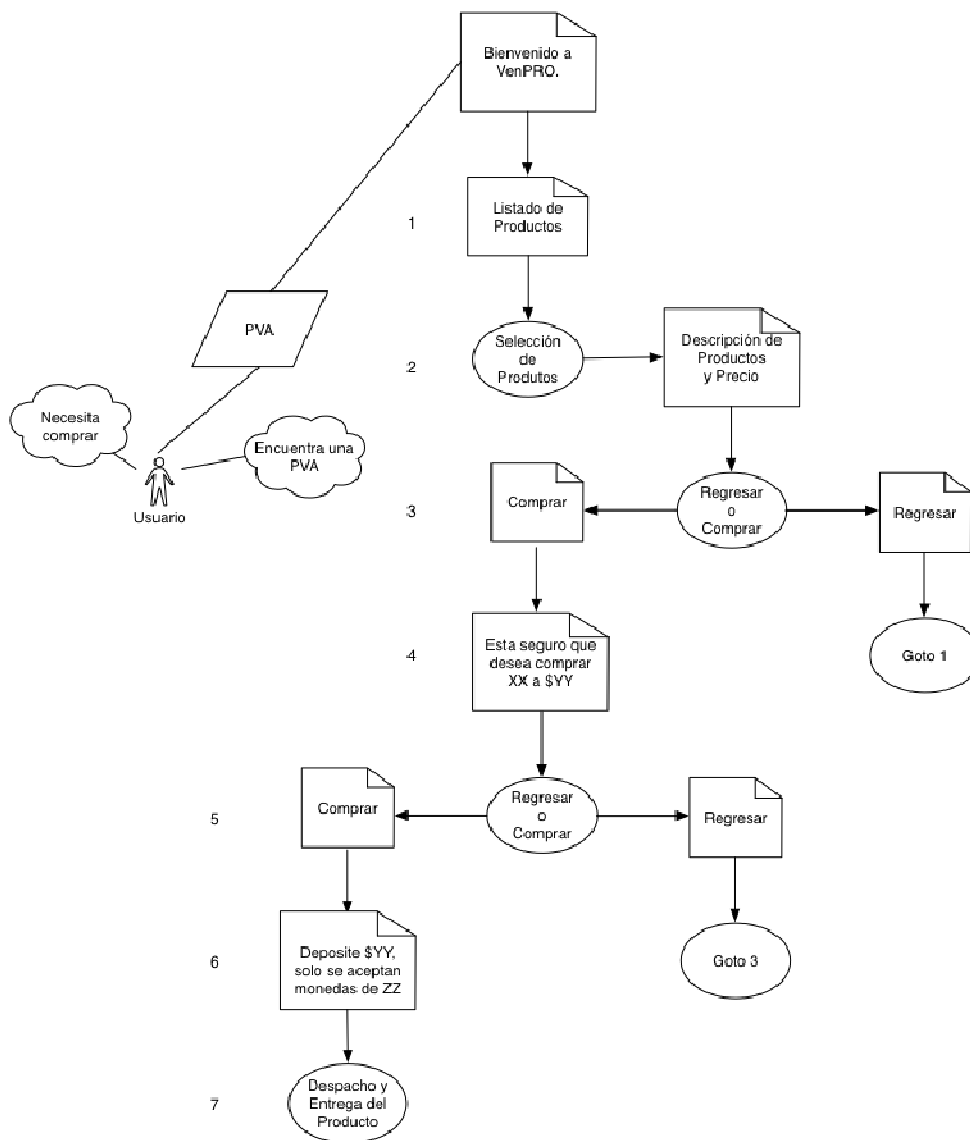


Figura 3.1: Diagrama de Flujo Interacción Usuario - PVA

### 3.1.1.1. Codificación Final de Partes

El prototipo final consta de diversas partes que han sido establecidas, probadas y ensambladas para su óptimo funcionamiento. La identificación adecuada de los componentes permitirá mantener un control de su ubicación y función. A continuación se presenta el Árbol General de Partes del Prototipo Final siguiendo los parámetros establecidos en la sección 2.1.2:

#### 1) Mecanismo Cobranza [C]

<b>Mecanismo Cobranza [C]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Módulo de Cobranza	x 1	C1

Tabla 3.1: Codificación Mecanismo de Cobranza

#### 2) Mecanismo de Despacho [D]

##### a. Coche de Desplazamiento [cH]

<b>Coche de Desplazamiento [DcH]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Barra despachador	x 1	DcH-bar1
Perno de anclajes (ANSI B18.3.1M)	x 16	DcH-prn1

Placa base	x 1	DcH-bas1
Rodamiento lineal para guía	x 2	DcH-rod1
Rueda del servo	x 1	DcH-rda1
Soporte lector código de barras	x 1	DcH-spt1
Soporte sensor inductivo	x 1	DcH-spt2
Soporte servo-motor	x 1	DcH-spt3
Tuerca del eje roscado (para desplazamiento) ½" –13(ANSI B18.2.2)	x 1	DcH-trc1
Tuerca de anclajes M3x0.5 (ANSI B18.2.4.1M)	x 16	DcH-trc2
Contra tuerca sensor inductivo M12x1.75 (ANSI B18.2.4.5M)	x 2	DcH-trc3
U de extensión	x 1	DcH-ust1
Viga ajuste código de barras	x 1	DcH-vig1
<b>Total Partes:</b>	<b>45</b>	-----

Tabla 3.2: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Coche de Desplazamiento.

## a. Módulo de Posicionamiento [mP] :

<b>Módulo de Posicionamiento [DmP]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Banda	x 1	DmP-ban1
E-clips (ANSI B27.7 – 108)	x 2	DmP-clp1
Chumacera del eje roscado	x 2	DmP-chu1
Eje guía M14x1000	x 2	DmP-ejg1
Eje roscado	x 1	DmP-ejr1
Motor VDC	x 1	DmP-mot1
Polea del eje roscado	x 1	DmP-pol1
Polea del motor	x 1	DmP-pol2
Rodamiento de Chumacera	x 2	DmP-rod
Perno de anclaje motor M5x0.8x40 (ANSI B18.3.1M)	x 2	DmP-per1
Perno de anclaje chumacera M4x0.7x20 (ANSI B 18.3.1 M )	x 8	DmP-per2
Perno prisionero de polea motor M3x0.5x20 (ANSI B 18.3.1 M )	x 1	DmP-per3
Perno prisionero de polea eje roscado M3x0.5x16 (ANSI B 18.3.1 M )	x 1	DmP-per4

Perno prisionero de chumacera M4x0.7x16 (ANSI B 18.3.1 M )	x 2	DmP-per5
Tuerca de anclaje motor M5x0.8 (ANSI B 18.2.4.1 M )	x 2	DmP-trc1
Tuerca de anclaje chumacera M4x0.7 (ANSI B 18.2.4.1 M )	x 8	DmP-trc2
U estructural motor	x 1	DmP-ust1
U estructural apoyo	x 1	DmP-ust2
<b>Total Partes:</b>	<b>39</b>	-----

Tabla 3.3: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Módulo de Posicionamiento.

b. Base de Sensores [bS]

<b>Base de Sensores [bS]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Placa base	x 1	DbS-plk1
Placa formada	x 1	DbS-plk2

Tabla 3.4: Codificación Mecanismo de Despacho, subgrupo, Base Sensores.

## 2) Electrónico [E]

<b>Electrónico [E]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
PLC	x 1	E-plc1
Finales de Carrera	x 2	E-fnc1/2
Pulsador de encendido	x1	E-bot1
Pulsador de parada	x1	E-bot2
Interruptor cambio de estado (Mantenimiento u operación)	x1	E-intr1
Sensor Inductivo	x1	E-sen1
Servo Motor	x1	E-ser1
Pistola de Codificación	x1	E-pis1

Tabla 3.5: Codificación Grupo Electrónico.

## 3) Estructural [R]

<b>Estructural [R]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Bastidor	x 1	R-str1
Ángulo de Soporte	x2	R-ans1/2
Viga T 20x3	1	R-vga1

Tabla 3.6: Codificación Grupo Estructural.

## 4) Estanterías [S]

<b>Estanterías [S]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Estantería Superior	x 1	SbA-stk1
Estantería Inferior	x 1	SbA-stk2
Arandela plana anclajes M6 (ISO 7089 – 6 – 140HV)	x 16	SbA-arp1
Arandela de presión	x 8	SbA-ars1



M6 (DIN 128 – A6)		
Soporte Central	x 1	SbA-spt1
Separaciones	x 70	SbA-sep1
Eje roscado M6x0.5x180	x 4	SbA-ejr1
Tuerca anclajes M6x0.5 (ANSI B18.2.4.1 M)	x 16	SbA-trc1

Tabla 3.7: Codificación Estanterías.

## 5) Interacción Humana [IH]

<b>Interacción Humana [IH]</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Código</b>
Pantalla Táctil	x 1	IH-pta1

Tabla 3.8: Codificación Interacción Humana.

### 3.2. Modelos 3D Paramétricos

Los modelos 3D paramétricos permiten visualizar los componentes y ensamblajes de una manera isométrica. El modelo paramétrico fue realizado en el software INVENTOR 2009. A continuación se presentan los tres ensamblajes principales que componen la PVA.

### Coche de Desplazamiento

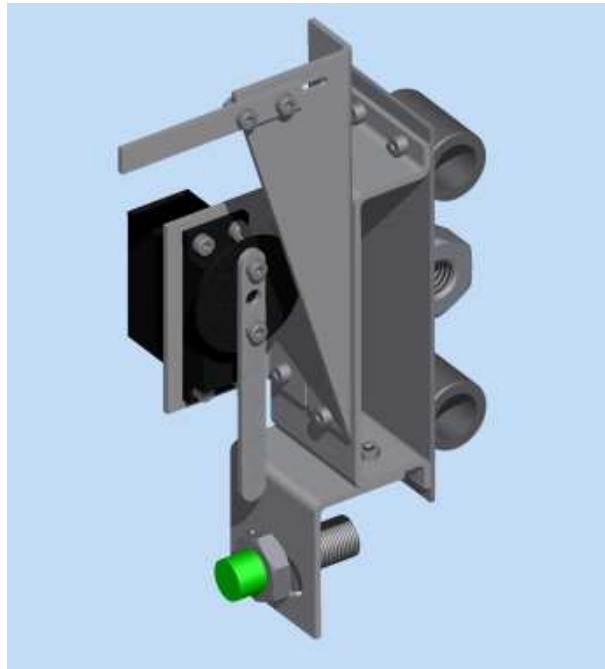


Figura 3.2: Coche de Desplazamiento (Ensamblaje con actuador y sensor)

### Módulo de posicionamiento

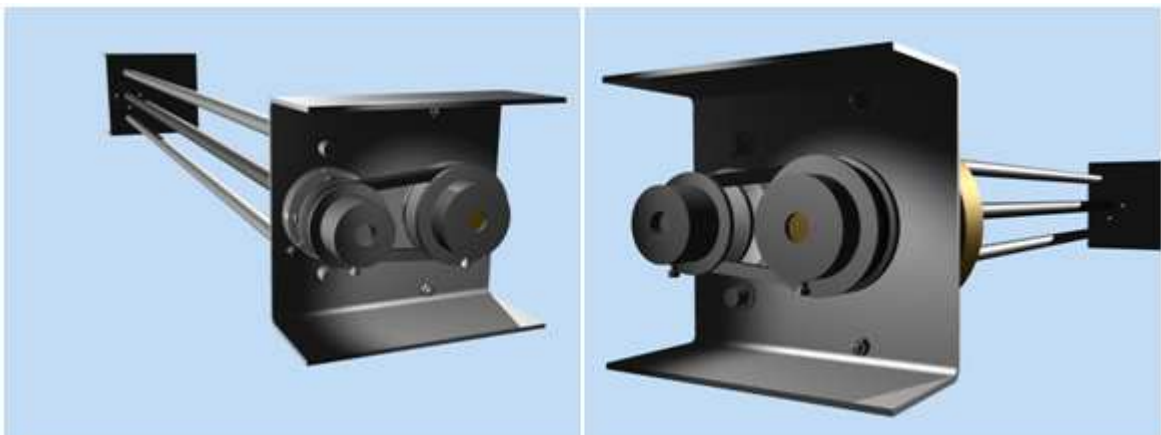


Figura 3.3: Modulo de desplazamiento.

## Estantería

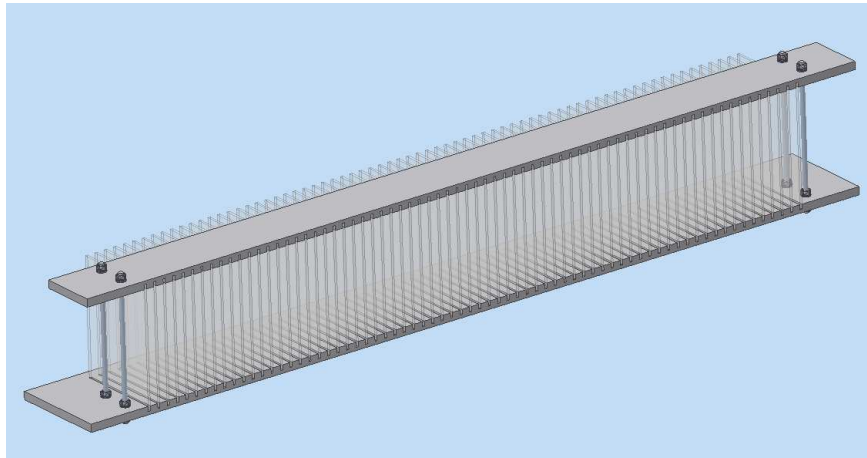


Figura 3.4: Estantería.

### **3.2.1. Dibujos Específicos de Componentes**

La descripción y detalle de componentes se encuentran plasmados en planos que muestran los detalles de cada uno de ellos. Los planos permitirán identificar todas las dimensiones medidas y detalles de cada componente para la manufactura y referencias. Para detalle y dimensiones de los componentes remitirse a Anexo D (planos).

Todos los componentes deberán ser manufacturados con una tolerancia estándar para facilitar el ensamblado. Para agujeros u orificios a realizarse se debe tener una tolerancia de  $\pm 0.5$  mm sobre las dimensiones de la pieza. Para ejes y guías la tolerancia debe encontrarse entre  $\pm 0.5$  mm. Para lograr un ensamblaje adecuado se debe mantener y respetar las tolerancias establecidas para la PVA.

### 3.3.Descripción de las Partes

#### 1) Mecanismo Cobranza [C]

Es un mecanismo que permite recibir el pago del usuario por el producto adquirido. Está conformado por un módulo que se encarga de filtrar las monedas. Para realizar este filtrado cuenta con una moneda muestra, y todas las monedas que se introduzcan serán comparadas con la misma. Si las monedas que se introducen no son similares a la muestra, entonces la moneda es devuelta. Caso contrario, la moneda es almacenada y una señal se envía para registrar que una moneda similar a la moneda muestra ha sido recibida.

Esta información es interpretada como un pago equivalente al valor de la moneda muestra, y dependiendo del precio del producto y del valor de la muestra, el usuario deberá introducir una o varias veces el mismo tipo de moneda hasta alcanzar el precio del producto y finalizar su pago.

Para una descripción más amplia acerca del funcionamiento y de su aplicación en la PVA, deberá remitirse a la sección 4.5. (Ver sección 4.5)

#### 2) Mecanismo de Despacho [D]

El mecanismo de despacho es el encargado de localizar el producto y desalojarlo del área de almacenamiento para que cumpla con la entrega del mismo. Para realizar esta función se necesitan de algunos componentes que se encuentran descritos en los siguientes subgrupos:

##### a. Módulo de Posicionamiento [mP]

El módulo de posicionamiento está constituido por 35 partes (ver Tabla 3.3), las cuales permiten generar la rotación del eje roscado (DmP-ejr) que a su vez impulsará el

Coche de Desplazamiento a la posición deseada siguiendo los ejes guías (DmP-ejg1/2). La posición deseada está dada por el producto que el usuario seleccione.

i. Banda: [DmP-ban1]

La banda es un elemento que permite la transmisión de potencia entre dos ejes paralelos separados por una distancia determinada. Transmite la potencia valiéndose de la fricción generada entre los canales destinados a la banda en cada eje. En la PVA se utiliza una banda en V; esta banda recibe esta denominación por el perfil del área transversal que posee. El área de contacto de la banda es en una polea montada sobre el eje que tendrá un canal en forma de V que empatará con la banda. Este tipo de bandas operan de manera óptima en velocidades con proporciones de 10:1. (NSWC 21-1)

ii. E-clips: [DmP-clp1]

Los clips son un excelente y económico método de posicionamiento y fijación de elementos sobre ejes. (Juvinall y Marshek 691) Tienen diferentes formas, pero todos comparten la geometría semicircular que les permite acoplarse a la ranura de un eje. Su instalación se la realiza mediante el uso de pinzas especiales que alteran la forma del elemento. También empujando el clip contra el eje, de ambas maneras se deforma elásticamente el diámetro del elemento, aumentándolo y permitiendo insertar el clip en la ranura del eje al cual ha sido destinado. De esta manera cumple su función de limitar los desplazamientos. Su principal ventaja es la facilidad de montaje y desmontaje además de su económico valor.

En un principio se pensó utilizar C-clips, pero debido a la existencia de cargas axiales que no solo provienen del eje guía sino también de las U estructurales (DmP-ust), cuando el módulo de desplazamiento es manipulado. Por esta razón se escogió el E-clip

que provee mayor resistencia frente a estas cargas debido a su geometría (smallparts.com.au). (Ver Figura 3.5)

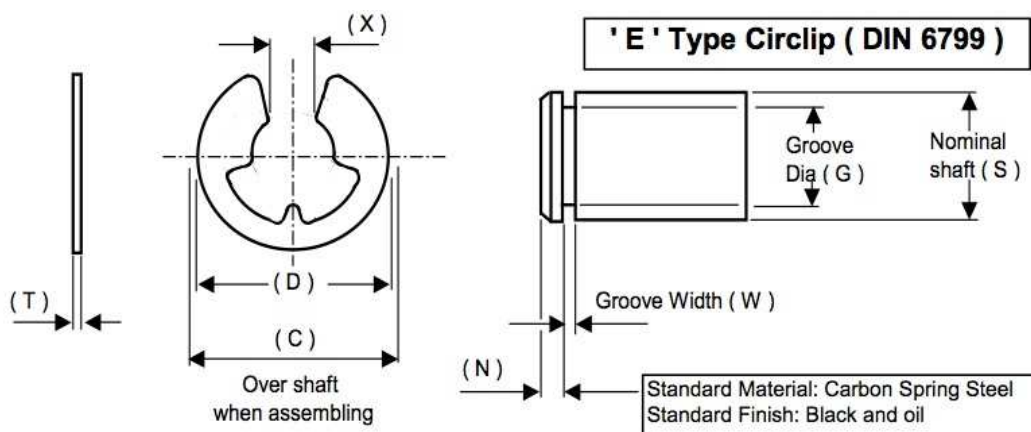


Figura 3.5: E-clip DIN 6799 estándar. (calebcomp.co.uk)

iii. Chumacera del eje roscado (Unidad de Rodamiento con soporte tipo brida): [DmP-chu1]

Esta unidad de rodamiento con soporte tipo brida permite la sujeción al eje y a una superficie cuya normal es paralela al eje. Esta configuración permite que el eje roscado se sujete en sus dos extremos a las paredes laterales del Mecanismo de Despacho [D]. La unidad está compuesta por un soporte de DURALON®, una brida sobre el mismo soporte, un rodamiento acoplado al eje, un prisionero y cuatro pernos.

El soporte tipo brida cuenta con un patrón circular de 4 huecos equidistantes y a un radio de 21 mm que permiten a los cuatro pernos sujetar el soporte a una superficie. El prisionero se encarga de fijar el anillo exterior del rodamiento al soporte, para que el eje

fijado al rodamiento rueda respecto al soporte, y a la pared que los sostiene (Ver Figura 3.6).

La selección de los rodamientos debe ir acorde a los criterios de diseño del proyecto y a los parámetros de selección. Ambos poseen factores de seguridad acorde a los requerimientos de la PVA, protegiendo a los componentes de todas aquellas variables que no se consideran en el cálculo.

Cuando el eje roscado rota, produce el desplazamiento de la tuerca; para que exista este desplazamiento debe existir una carga axial sobre el eje roscado la misma que es transferida a sus extremos. Se pensaría que esta carga recae totalmente sobre los rodamientos en cada extremo del eje. Sin embargo la carga recae también sobre los “E-clips” de los ejes guía.

Dado que los “E-clips” pueden sufrir ciertas deformaciones, existe una pequeña carga sobre los rodamientos, pero esta se encuentra dentro de los límites permitidos en la operación continua del rodamiento (para detalles ver sección 3.5 Rodamientos)



Figura 3.6: Vista en perspectiva de chumacera acoplada a eje roscado.

#### iv. Eje Guía x 2: [DmP-ejg1/2]

El eje Guía es de acero inoxidable con dimensiones  $\phi = 14$  mm por 1000 mm de longitud. Dentro de la PVA se encuentran instalados dos ejes guías que se encargan de sostener el peso del Coche de Desplazamiento y guiarlo a lo largo de la estantería (Ver Figura 3.7).

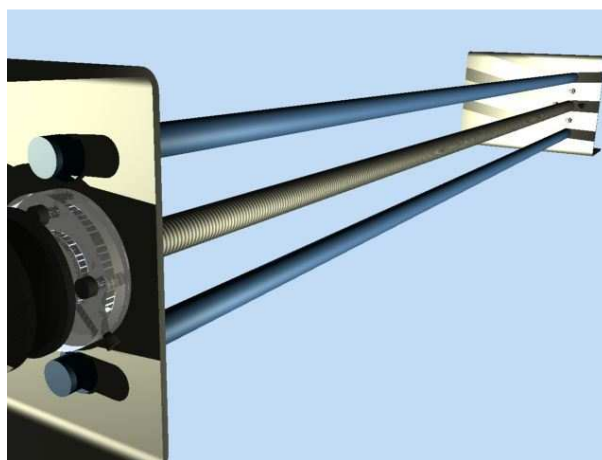


Figura 3.7: Vista en perspectiva de guías (color azul), ensamblaje del DmP.

#### v. Eje roscado x 1: [DmP-ejr1]

El eje roscado es el tornillo de avance que se encarga de posicionar al Coche de Desplazamiento [DcH] de tal manera que el despachador pueda empujar el producto para cumplir con la entrega. El componente es un eje roscado de  $\frac{1}{2}$ " con 13 hilos por pulgada (Ver Figura 3.8).

Con la especificación de hilos se puede tener desplazamientos en cada revolución de 0.076 pulgadas (1.95 mm). Se aclara que para el eje roscado se utiliza el sistema británico y no el métrico debido a la disponibilidad de este producto en el mercado nacional.



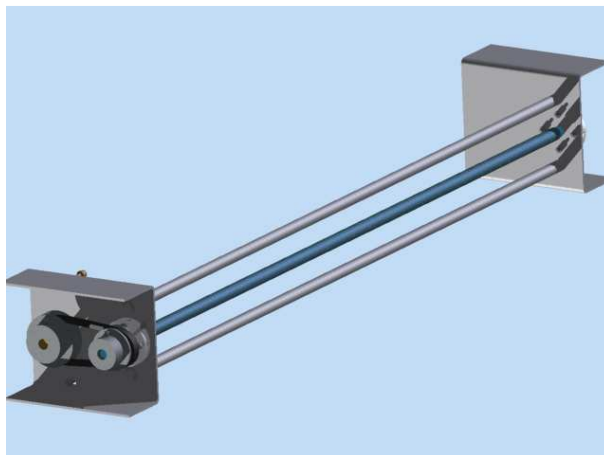


Figura 3.8: Vista en perspectiva de eje roscado (color azul), ensamblaje del DmP.

vi. Motor VDC x 1: [DmP-mot1]

El motor es el encargado de alimentar al eje roscado (DmP-ejr1) con el torque necesario para iniciar la locomoción del Coche de Desplazamiento (DcH). El motor que se utiliza es del tipo plano y es un repuesto de ventilador de un camión Chevrolet NHR de 2.5 toneladas. Para mayor detalle, remitirse a la sección 4.1.1. (Ver Figura 3.9)



Figura 3.9: Motor.

i. Polea del eje roscado x 1: [DmP-pol1]

La polea (DmP-pol1) es la encargada de recibir la potencia del motor y transferirla al eje roscado (DmP-ejr1), para iniciar la rotación del mismo. La dimensión de la polea es

de 2 ½" diámetro exterior y de 37 mm en el canal. La relación respecto a la polea del motor (DmP-pol2) es 1:1.38. (Ver Figura 3.10)

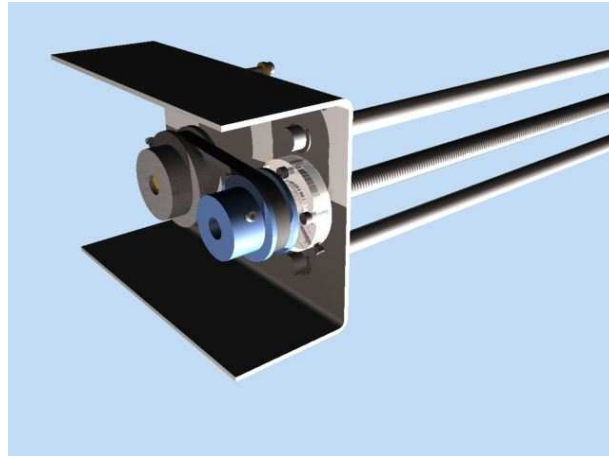


Figura 3.10: Polea eje roscado (DmP-pol1) (color azul).

ii. Polea del motor x 1: [DmP-pol2]

La polea (DmP-pol2) es la encargada de transmitir la potencia del motor al la banda (DmP-ban) que a su vez transmitirá a la polea del eje roscado (DmP-ejr1). La dimensión de la polea es de 2" de diámetro exterior y 27 mm en el canal. (Ver Figura 3.11)

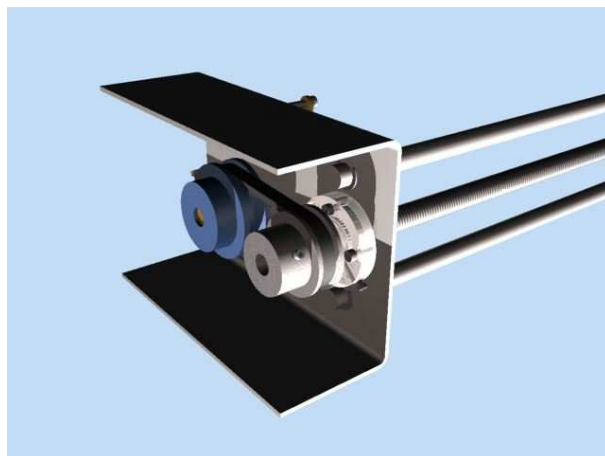


Figura 3.11: Polea motor (DmP-pol2) (color azul).

## iii. Rodamiento de Chumacera x 2: [DmP-rod1]

El rodamiento de chumacera forma parte de la Unidad de Rodamiento con soporte tipo brida (DmP-chu). Es una unidad R8, disponible en el mercado nacional. Sus dimensiones y sus especificaciones se muestran a continuación:

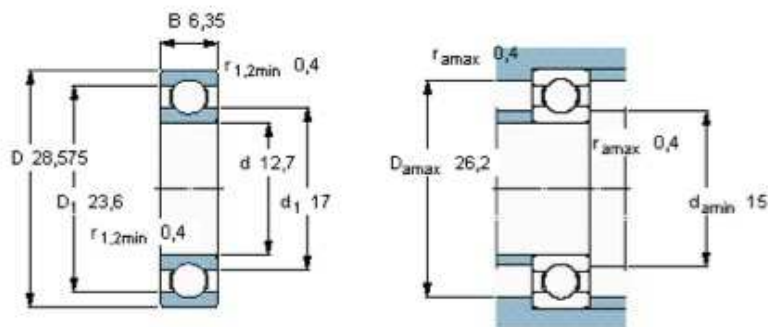


Figura 3.12: Vista en corte DmP-rod1. (skf.com)

	Dimensiones			Cargas básicas nominales		Masa	
	d	D	B	din. C	est. C <sub>0</sub>		Vel. Lím.
Unidad	[mm]			[kN]		r/min	[kg]
<b>R8</b>	12.7	28.575	6.35	5.4	2.36	38000	0.023

Tabla 3.9: Especificaciones Técnicas DmP-rod1. (skf.com)

## vii. Perno motor x 2: [DmP-per1]

Estos pernos son los encargados de fijar el motor a la U estructural (DmP-ust1). Son pernos de especificaciones M5 x 0.8 x 40 con cabeza tipo Allen, es decir, son pernos cuya cabeza tiene un volumen cilíndrico – hexagonal hueco.

viii. Perno chumacera x 8: [DmP-per2]

Estos pernos fijan las chumaceras a las dos U estructurales (DmP-ust1/2). Son pernos de tipo M4x 0.7 x 20, con cabeza tipo Allen.

ix. Perno prisionero polea motor x 1: [DmP-per3]

Este perno se encarga de fijar la polea al eje de rotación del motor, para poder transmitir la potencia por medio de la banda que empata en dicha polea.

x. Perno prisionero polea eje roscado x 1: [DmP-per4]

Cumple la misma función del prisionero anterior, pero en este caso la polea se ajusta al dispositivo de potencia (motor).

xi. Perno prisionero chumacera x 2: [DmP-per5]

Este perno se encarga de fijar la pista exterior del rodamiento de la chumacera al soporte tipo brida.

xii. Tuerca motor x 2: [DmP-trc1]

Se ajustan sobre los pernos del motor, para de esta manera fijarlo a las paredes de la estructura.

xiii. Tuerca chumacera x 8: [DmP-trc2]

Permiten fijar la chumacera a la estructura, de tal manera que el eje que sostiene el rodamiento de la chumacera rote respecto a la estructura.

xiv. U estructural motor x 1: [DmP-ust1]

Es el componente que fija o ajusta al bastidor. Es un parte estructural al cual se anclan o ajustan: el motor, los extremos de los ejes guía y eje roscado, y la chumacera tipo brida. Para esto cuenta con los patrones de huecos necesarios donde calzarán los pernos de sujeción de cada elemento soportado.

xv. U estructural apoyo x 1: [DmP-ust2]

Componente que se fija al bastidor y sirve como punto de apoyo a la U estructural motor (DmP-ust1). Permite rigidizar la estructura del módulo de desplazamiento.

b. Coche de Desplazamiento [cH]

El coche de desplazamiento se acopla al tornillo de avance para poder desplazarse, este Subgrupo contiene las siguientes partes:

i. Tuerca para el eje roscado: [DcH-ejr]

La DcH-ejr es la tuerca que funciona junto con el eje roscado (DmP-ejr) para crear el tornillo de avance. La tuerca está acoplada al Coche de Desplazamiento (DcH), mediante soldadura, para de esta manera desplazarlo acorde a la rotación del eje (Ver Figura 3.13). Por cada revolución del eje roscado (DmP-ejr), el Coche de Desplazamiento (DcH) recorrerá el paso del tornillo. A continuación se detallan las características de la tuerca:

<b>Tuerca eje roscado DcH-ejr1</b>	
<b>Código Estándar</b>	ANSI B18.2.2 – ½” – 13
<b>Paso:</b>	13 hilos por pulgada
<b>Diámetro nominal</b>	½ in (12.7 mm)

Tabla 3.10: Especificaciones Técnicas DcH-trc1.

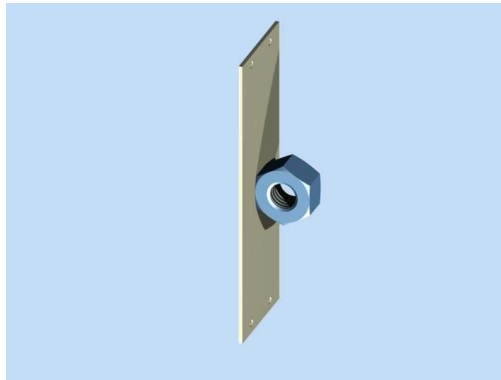


Figura 3.13: Tuerca guía para eje roscado.

ii. Rodamiento Lineal para guía: [DcH-rod]

Los Rodamientos Lineales de Bolas son cojinetes que permiten el desplazamiento sobre ejes. Esto se logra por medio de un arreglo de bolas en segmentos de rodadura incorporados en una jaula circular. (SKF 8-9). (Ver Figura 3.14)

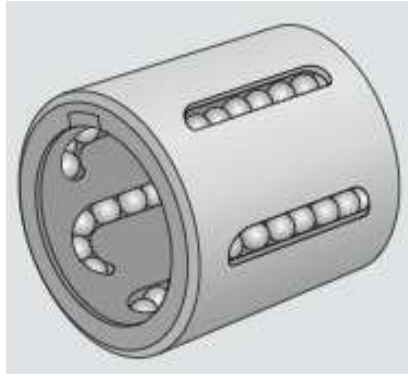


Figura 3.14: Rodamiento Lineal de bolas (NTN B-236)

Para la PVA cuenta con ejes guía de  $\phi = 14$  mm, por lo que el diámetro interno de los rodamientos lineales escogidos deben coincidir con esta medida dentro de las tolerancias establecidas.

Existen diversas marcas comerciales que ofrecen productos similares, siendo escogido el LBBR14 de la marca SKF, de tipo LBBR serie 1. Él mismo que cumple la norma ISO10285. Sin embargo, debido al precio de este componente se recomienda el equivalente en la marca NTN KH1428, que también cumple con las dimensiones de la norma ISO10285. Al escoger este componente sacrificamos algunas características técnicas que son inferiores a las de la marca SKF, principalmente en lo que a cargas se refiere, debido a su arquitectura. Sin embargo, ambos productos cumple con los requerimientos de carga para la PVA. La comparación de las especificaciones de ambos productos se muestra a continuación:

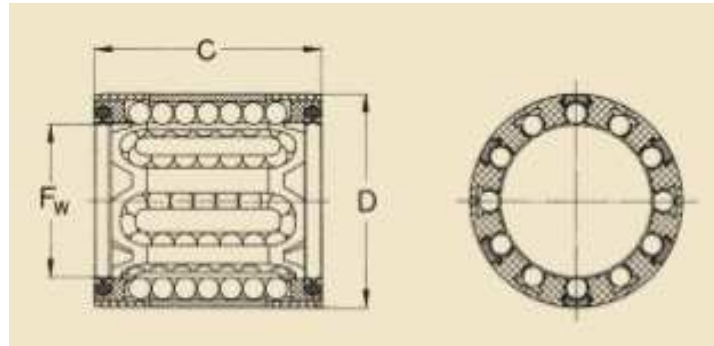


Figura 3.15: Rodamiento lineal, vista lateral en corte y vista frontal en corte (SKF 9).

	Dimensiones			# Hileras de bolas	Cargas básicas nominales		Masa
	$F_w$	D	C		din. C	est. $C_o$	
Unidad	[mm]				[N]		[Kg]
<b>LBBR14</b>	14	21	28	5	710	530	0.013
<b>KH1428</b>	14	21	28	5	600	505	0.021

Tabla 3.11: Comparación entre LBBR14 (SKF 9) y KH1428 (NTN B-243).

### iii. Placa base: [DcH-plk1]

Es una placa de acero que se fija a los dos rodamientos lineales (DcH-ejg-rod1/2) conjuntamente con la tuerca (DcH-ejr-trc). Esta pieza constituye la base para el Coche de Desplazamiento (DcH). (Ver Figura 3.16)

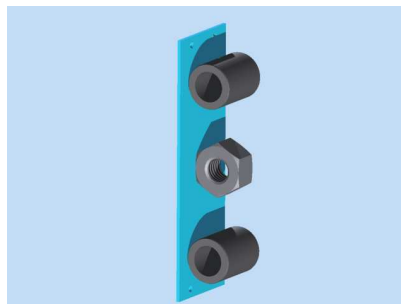


Figura 3.16: Placa base de coche de desplazamiento.



c. Base de Sensores [bS]

Son soportes metálicos manufacturados para sostener los sensores: inductivo (E-sen1) y pistola de codificación (E-pis1) respectivamente. Se encuentran ancladas mediante pernos a la placa base (DcH-plk1). (Ver Figura 3.17)

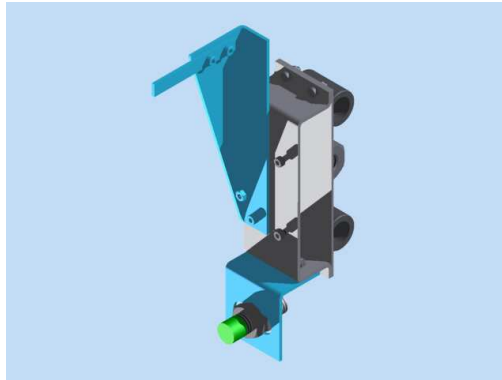


Figura 3.17: Base de sensores, anclados sobre el coche de desplazamiento.

d. Base de Servo motor [bS]

Placa metálica construida para soportar el servo motor (E-ser1), el cual se encuentra anclado al soporte mediante pernos. Al igual que la base de sensores, este soporte se encuentra apernado a la placa base (DcH-plk1). (Ver Figura 3.18)



Figura 3.18: Base de servo motor, anclada al coche de desplazamiento.

### 3) Estructural [ES]

Componente metálico, conocido como bastidor, que permite sostener todos los dispositivos y partes que conforman la PVA. Esta construido con tubo cuadrado de acero A36 (dimensiones 20x20x2), unidas mediante soldadura de arco. Bastidor de forma rectangular encierra a la PVA en su totalidad. (Ver Figura 3.19)

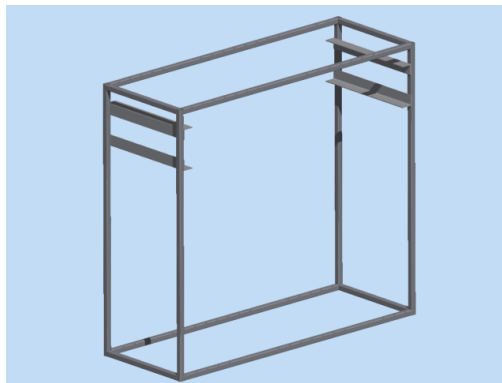


Figura 3.19: Bastidor.

### 4) Interacción Humana [IH]

En la actualidad los equipos automatizados permiten a los usuarios realizar diferentes tareas, esto requiere la utilización de algún tipo de interfaz que comunique al equipo lo que el usuario desea, así como informarle al usuario acerca de las posibilidades que ofrece el equipo y su estado en determinado momento.

Una interfaz que cumple con principios ergonómicos deberá ser segura, eficiente, efectiva y sin errores de desempeño. Para esto se debe estar consciente que el usuario no solo utiliza el equipo, sino que realiza tareas en éste. Por lo que es mejor enfocarse en la facilidad con la que la interfaz permite realizar tareas y no en qué tan bien el usuario

interactúa con el equipo. (Sims Bainbridge 223) Se deberá por lo tanto desarrollar una interacción que cumpla con los principios antes mencionados.

Para desarrollar la interfaz se considera la eficiencia y desempeño pero no se sacrifica la experiencia placentera. Un estudio de 1984 evidenció que para tareas repetitivas los usuarios prefieren una técnica de interacción, que aunque sea más lenta produzca una experiencia placentera. (Sims Bainbridge 322)

### **3.4. Justificación de Componentes**

Durante el proceso de diseño es común obtener varias alternativas para componentes y dispositivos, los mismos que cuentan con diferentes características y opciones. Cada uno se diferenciará del otro en su desempeño y serán elegidos aquellos que respondan a los requerimientos que se presentan a lo largo del diseño. La selección adecuada de los dispositivos a utilizarse es fundamental para obtener un equipo completamente operativo, minimizando los errores. Las ventajas que presentaron algunos dispositivos fueron parámetros claves para la selección de los mismos dentro de la PVA.

En esta sección se analizará las posibles soluciones disponibles en el mercado nacional y las razones por las que se escogieron los dispositivos finales. Se debe recalcar que la poca disponibilidad de equipos especializados en el mercado, no permite que los dispositivos adquiridos cumplan con todas las características deseadas.

### **3.4.1. Selección de Componentes**

#### **3.4.1.1. Pistola de codificación**

Una de las principales dificultades durante la construcción de la PVA, fue elaborar un sistema de identificación de producto. Como idea inicial se mantuvo que los productos deberían estar ordenados siempre con una lógica adecuada y orden específico. Con esto se lograría, mediante programación, establecer el lugar en el cual se encontraba el producto sin necesidad de retroalimentación. Una de las formas de lograrlo es utilizando los motores paso a paso, ya que por un lado se conocía el orden los productos y por otro el desplazamiento logrado en cada paso del motor. Sin embargo el sistema no era fiable, no existía la certeza que el producto a entregarse era el deseado.

Con la evolución de la idea, la siguiente alternativa fue crear un sistema de conteo que permitía localizar la supuesta posición del producto. El conteo se podía realizar mediante sensores inductivos, pulsadores o sensores de barrera. Con cualquiera de estos dispositivos se podía identificar la posición correspondiente al conteo, que de acuerdo al orden establecido correspondería al producto deseado. Sin embargo todavía no había la seguridad de si el producto seleccionado era el correcto.

La gran desventaja que poseían estos sistemas es que la posibilidad de cometer errores en la lectura del conteo aumenta con la cantidad de productos, así como también la desviación, ya que el error es acumulativo.

Luego de realizar consultas con personas especializadas y sondeo en el mercado, se obtuvo la idea de la identificación de producto mediante código de barras. Esta idea era consistente, ya que consiste en el principal mecanismo de control de inventarios. Para poder implementar el uso del código de barras es necesario contar con el dispositivo lector

(pistola de codificación) y los códigos en sí. La pistola de codificación se encontraba dentro del presupuesto y estaba disponible en el mercado. La elección de este dispositivo se debe a la facilidad y confiabilidad que presenta para identificar el producto. El sistema de códigos de barra permitiría encontrar la ubicación exacta del producto en las estanterías, sin necesidad de ordenarlos de una manera específica. Luego de las pruebas de la pistola, se concluyó que el sistema de código de barras tiene un bajo porcentaje de error en la identificación. Al funcionar en conjunto con la PVA permite una ubicación precisa de la posición del producto deseado.

Uno de las características determinantes al escoger el producto fue la compatibilidad con los otros dispositivos ya adquiridos, como PLC y pantalla táctil. La comunicación era sencilla y totalmente confiable.

#### **3.4.1.2. Sensor Inductivo**

La identificación del producto no fue la solución total que requería la PVA para la identificación. La precisión del equipo todavía no le permitía entregar todos los productos sin errores. El posicionamiento del despachador no era el adecuado para empujar siempre los productos.

Era necesario tener retro-alimentación de la posición del despachador. Es por ello que se pensó de acuerdo a la disponibilidad en el mercado de un sensor, aunque no se conocían aún las especificaciones que necesitaba tener. La selección del sensor inductivo se llevó a cabo luego de considerar los siguientes parámetros:

- Tipo de reconocimiento

- Materiales a Reconocer
- Rango
- Influencia del Ruido
- Facilidad de montaje

El tipo de sensor que cumple con los requerimientos es un sensor de presencia, el mismo que determine la ubicación de un objeto a una distancia “X” y que no presente errores en el reconocimiento debido al ruido de otros materiales presentes en el medio. Por otro lado el sensor también debe ser de fácil montaje y su operación no debe estar sujeta a condiciones perfectas de funcionamientos, es decir, condiciones de luz, temperatura y humedad.

Los sensores comparado fueron un sensor inductivo marca HANYOUNG y un sensor óptico marca SICK, que eran las opciones más idóneas para cumplir con los requerimientos establecidos.

<b>Comparación Sensores Inductivo, óptico</b>		
	Inductivo	Óptico
Tipo de Reconocimiento	Presencia	Presencia
Materiales reconocidos	Metales	Todos
Rango	0 a 4 mm	Varía respecto del material. Pero una buena detección, en promedio 40mm
Ruido	Si, metales no deseados	Sí, cualquier objeto
Precio	39 USD	70 USD

Tabla 3.12: Codificación Grupo Estructural.

De acuerdo a costos y características, se escogió el sensor inductivo como elemento de retroalimentación.

### **3.4.1.3. PLC**

Las operaciones que debe manejar un controlador en el área de la automatización mecánica no son de alta complejidad. En la mayoría de los casos, la capacidad de procesamiento del controlador sobrepasa en gran medida a los requerimientos, por esta razón los criterios de selección preponderantes para el sistema de control fueron:

- Velocidad de Procesamiento
- Tipos de entradas (Digitales y/o Análogas)
- Número de entradas y salidas (I/O)
- Capacidad de Expansión
- Facilidad de Programación
- Portabilidad
- Comunicación
- Precio

Las alternativas comparadas fueron un PLC y una PC:

<b>Comparación PLC y PC</b>		
	<b>PLC</b>	<b>PC</b>
<b>Vel. Procesamiento</b>	36.000 Hz	33 MHz
<b>Tipos de Entrada</b>	Analógico, digitales, contadores.	N/A
<b>Tipos de Salidas</b>	Análogas y digitales	N/A
<b>Expansión de memoria</b>	No	Si
<b>Facilidad de Programación</b>	Si (Ladder, Basic)	Si (Cualquier Lenguaje)
<b>Portabilidad</b>	Si	Si
<b>Comunicación</b>	Serial	Ethernet, Serial.
<b>Precio</b>	\$100-\$400	\$500 en adelante
<b>Robustez mecánica</b>	Si	No
<b>Modularidad</b>	No	Si
<b>Capacidad de memoria</b>	80 KB	150 Gb
<b>Trabajo en tiempo real</b>	Si	No
<b>Gestión de Datos</b>	Si	Si
<b>Funcionamiento Continuo</b>	Si	No
<b>Susceptible a fallos</b>	No	Si

Tabla 3.13: Codificación Grupo Estructural.



La programación secuencial que provee el PLC es la más apta para ciclos de operaciones repetitivas en la industria. Su costo que se encuentra entre \$100 a \$400, lo convierte en una alternativa de bajo costo en comparación a una PC. Una ventaja que posee el PLC es la capacidad de tener más de 10 I/O y con posibilidades de expansión. En el caso de una PC es necesaria la implementación de software y hardware para que cumplan con esta característica, combinándola con una alta probabilidad de “crash”. El PLC es un equipo más robusto para estos trabajos razón por la cual, fue el componente escogido. (Giardina)

#### **3.4.1.4. Tornillo de Avance (Acme screw, lead Screw, husillo guía)**

“El propósito de muchos tornillos de potencia (power-screw) es el de ejercer grandes fuerzas, mientras que el de otros como el tornillo micrométrico, o el husillo guía (lead screw) de un torno, es el de obtener posicionamiento preciso en el movimiento axial.” (Juvinall y Marshek 391)

Lo que se busca en la PVA es un sistema que ubique al despachador (ver tabla 1.1, “despachador”) de manera precisa frente al producto a entregar. Para el caso de la PVA, un tornillo de avance permitiría un posicionamiento óptimo y preciso, siempre y cuando el paso del tornillo se encuentre acorde a la precisión requerida. De esta manera se recomienda utilizar un paso igual o inferior a la precisión del requerimiento. (Ver sección 1.9)

Las ventajas de este mecanismo son: no es reversible, se auto traba, debido a la fricción entre el roscado y la tuerca. Dicho de otra manera, si no se alimenta de un torque,

el mecanismo no generará desplazamiento lo cual es favorable para la precisión. Por esta razón no necesita un freno de motor para detenerse en la posición en la cual la alimentación eléctrica del motor ha sido cortada. La fricción existente no permite que la inercia generada por el movimiento produzca desplazamiento. El principal problema de este mecanismo es que debido a la fricción entre el roscado y la tuerca existe desgaste de los componentes, lo que resulta en un aumento del “backlash” que trae como consecuencia disminución de la precisión a largo plazo.

El backlash, en un sistema tornillo – tuerca, es la distancia lineal que recorre la tuerca sobre el tornillo cuando ninguno rota, es decir la holgura existente entre los hilos de la tuerca y el tornillo. (Glikin 1)

Para evitar el backlash se puede utilizar un tornillo de bolas, que no es más que un set de bolas confinado en el roscado entre la tuerca y el tornillo. Este sistema permite una precisión de hasta 0.0005 pulgadas (0.0127mm). Sin embargo, al tener esta configuración el mecanismo se vuelve reversible. (Avallone, Baumeister III y Sadegh 8-18) Dado que la PVA no necesita el grado de precisión que un tornillo de bolas ofrece y la característica de reversibilidad no es deseada, la PVA puede utilizar el tornillo de avance corriente y utilizar lubricación del eje roscado para disminuir la fricción y el desgaste.

### **3.4.1.5. Rodamientos**

#### Rodamientos de Chumaceras del eje roscado

Se debe aclarar que se decidió construir una unidad de rodamiento con soporte tipo brida. La alternativa era la selección de una unidad de rodamiento comúnmente llamada chumacera. El problema que se enfrentó es que la configuración del soporte de la

chumacera encontrada en el mercado nacional no se ajustaba al espacio ni al diseño de la PVA. Existía en el mercado internacional unidades de rodamiento con soporte tipo brida pero los distribuidores no las importaban. De esta manera se intentó utilizar los diagramas CAD encontrados en el Internet para manufacturar uno propio.

### Rodamientos lineales

Entre las alternativas que se pensaron para deslizar el coche sobre guías fueron bocines de material sacrificable (en el caso de usar ejes guía), cejas que se desplazan sobre ranuras lubricadas y rodamientos lineales (en el caso de usar ejes guía). El problema de los bocines es la realidad del desgaste dado el rozamiento, esto se podía evitar con lubricación, pero no se elimina la necesidad de manufacturar los bocines a la medida. Las ranuras lubricadas introducían juego mecánico, así que la decisión fueron los rodamientos lineales.

## **3.5.Reportes Técnicos de Pruebas y Estudios (TR)**

Se llevaron a cabo pruebas de ciclos de vida y resistencia de los componentes críticos establecidos para la PVA. En caso de los bancos de prueba los componentes involucrados fueron aislados del equipo, es decir se probaron por separado para conocer su desempeño. Están establecidas dentro del reporte de simulación en elementos finitos de varios componentes, para estos estudios se utilizará el software Autodesk INVENTOR 2009.

Para las diferentes pruebas y estudios se detalla a continuación las características técnicas del proceso:

## Estanterías

Debido al gran peso que debe soportar las bases de la estantería (aproximadamente 11 kg), se estableció realizar estudios mediante elementos finitos y un estudio analítico de las cargas ejercidas.

Como primer etapa del estudio se realizó la simulación de la base inferior de la estantería cargada. De esta manera se estableció cual serían las condiciones más críticas a las cuales estaría sometido el componente. La carga colocada fue 12 kg (para ver detalles de cálculo de peso, ver anexo A numeral 3), distribuidos uniformemente a lo largo de su cara superior. Esta carga se mantendrá durante todo el estudio y abarca el peso de las divisiones y de todos los productos que almacenará la estantería. Adicionalmente se colocó el peso muerto de la parte, según el cálculo del software 2 kg aproximadamente.

El material fue escogido de acuerdo a la disponibilidad en el mercado. Policarbonato fue el material seleccionado y aplicado al componente para el estudio. Se estableció los puntos de apoyo que serán los agujeros sobre los cuales se fijará la estantería al bastidor y se realizó la simulación. Las gráficas se muestran de la siguiente manera:

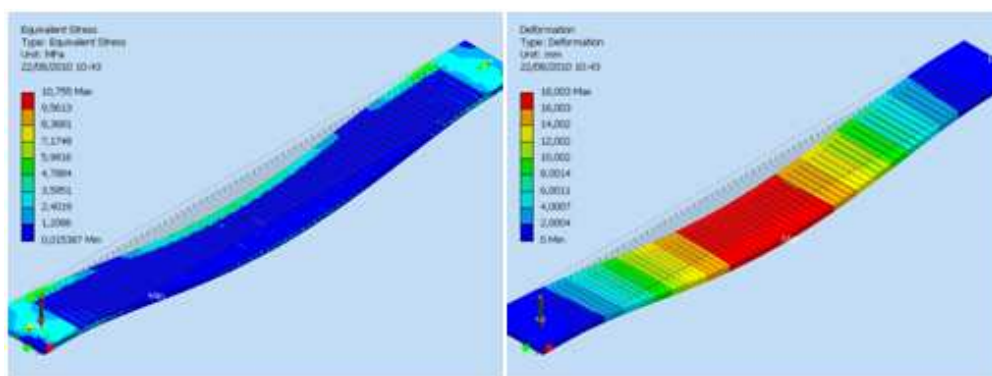


Figura 3.20: Simulación mediante de elementos finitos de base de estantería.

Los resultados mostraron un comportamiento adecuado del material. El esfuerzo equivalente presentado por el software, no supera el límite de fluencia del material ( $\sigma_e = 13.825 \text{ MPa}$   $\sigma_y = 62 \text{ MPa}$ ). Para el punto más crítico, el componente presenta un factor de seguridad de 5.8 antes de la deformación permanente. Sin embargo los resultados no son los esperados debido a que la flexión en el punto medio es demasiado elevada, 18 mm.

El producto no sufre deformaciones permanentes, pero la gran flexión en el punto medio puede ocasionar fatiga y pérdida de rigidez en la estantería para sostener los productos. Si se tiene esta distancia de flexión se tendrá problemas con precisión en el despacho.

Se estableció una posible solución para reducir la flexión del componente. Se implantaron las mismas condiciones de carga y anclaje. La condición adicional fue unir mediante una varilla roscada la base inferior y superior de la estantería (Ver Figura 3.21). De esta manera se buscó distribuir la carga sobre los dos componentes, ayudando a reducir la flexión.

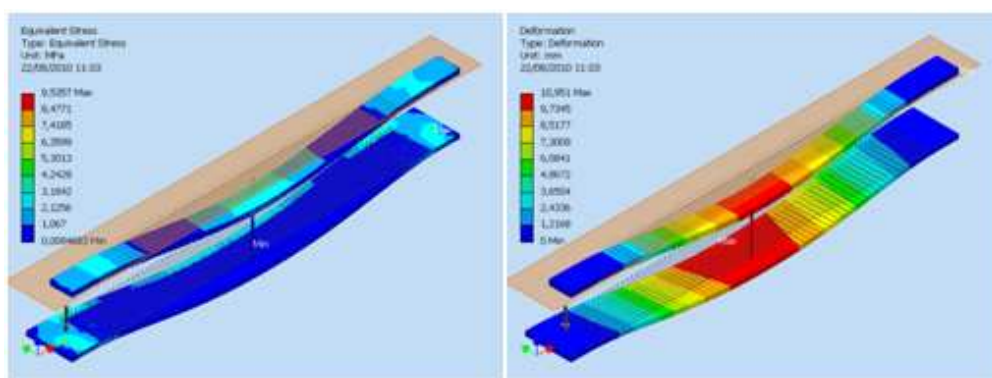


Figura 3.21: Simulación mediante elementos finitos, de ensamblaje de estantería.

Con el nuevo sistema se redujo el desplazamiento en el punto medio a 11 mm. Sin embargo todavía sigue siendo un valor elevado para considerarlo como aceptable. La solución siguiente sería aumentar el espesor de las bases a 15 mm, lo que implicaría un costo elevado. Par evitar incurrir en un costo adicional, se estableció colocar un elemento estructural (metálico) debajo de la estantería de manera que soporte la carga de la misma sin fatigar las bases (Ver Figura 3.23).

Se estableció un estudio de elementos finitos sobre el nuevo componente, que irá anclado al bastidor mediante soldadura de arco. La carga total aplicada será de 15 kg que incluye el peso total de la estantería y los productos que en ella se encontrarán (detalle de cálculos ver Anexo A 3.5 numeral 3). De acuerdo a la disponibilidad en el mercado y costo, se estableció colocar un perfil T 20x3 (Ver Figura 3.22).

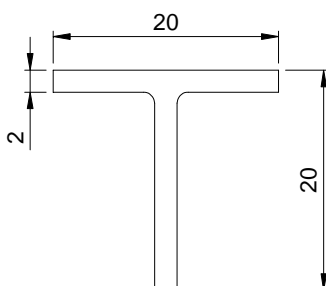


Figura 3.22: Perfil T, que reforzará la estantería.

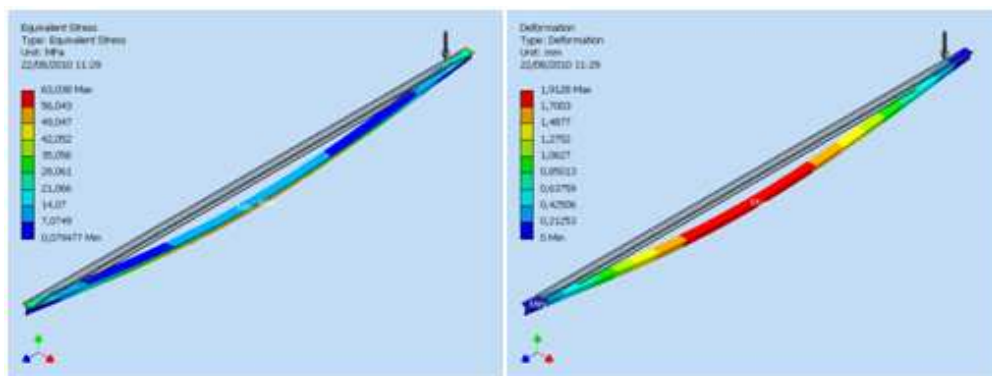


Figura 3.23: Simulación mediante elementos finitos, de perfil T.

Los resultados obtenidos fueron totalmente satisfactorios. El esfuerzo equivalente no supera el límite de fluencia ( $\sigma_e = 63 \text{ MPa}$   $\sigma_y = 207 \text{ MPa}$ ). Se tiene un factor de seguridad, en su punto más crítico, de 3.3. Sin embargo la importancia de implementar el perfil, es haber reducido la flexión en el punto medio a 2 mm. Estos resultados son totalmente satisfactorios para las condiciones que presenta la PVA.

### Tornillo de avance

Se realizó un estudio analítico y mediante elementos finitos de la carga estática que soportará el eje roscado. El eje roscado se encuentra soportado sobre las U estructurales disponibles en la PVA. La carga a la cual estará sometido el componente contiene el peso propio distribuido del eje (1,5 kg) y la carga puntual del coche de desplazamiento [DcH] (1 kg) en el punto medio, que es el más crítico (Ver Figura 3.24).

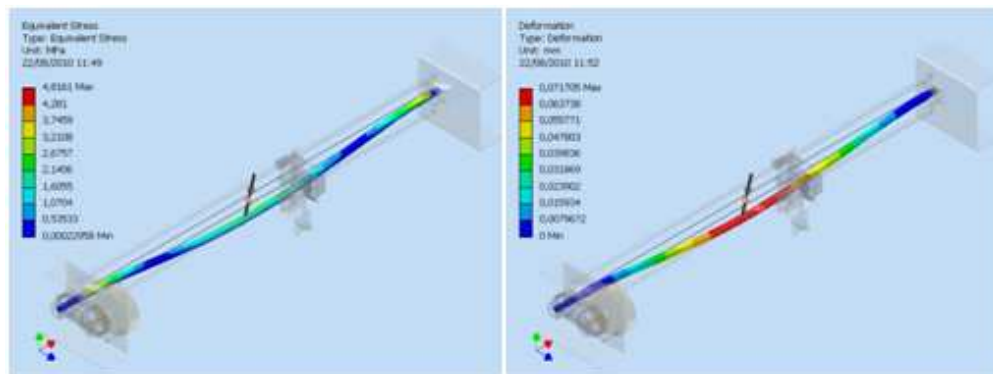


Figura 3.24: Simulación mediante elementos finitos, del eje roscado.

Los resultados fueron totalmente positivos, se tiene una deformación 0,1 mm y un factor de seguridad en punto más crítico de 15. El esfuerzo máximo no supera el límite de fluencia ( $\sigma_e = 4.81 \text{ MPa}$   $\sigma_y = 207 \text{ MPa}$ ). Los cálculos analíticos para constancia de los resultados se encuentran en el anexo A numeral 4.

### Mecanismo Despachador (Servo motor)

Para hacer las pruebas correspondientes al mecanismo de despacho de productos se adquirió un servo motor de similares características, se lo montó en una base y se colocó una barra similar a la del prototipo con la cual empuja el producto. Por motivos de la prueba, en el extremo final se colocó un peso que dada la distancia desde el extremo al centro de rotación del servo, equivalen al peso del producto. De esta manera se conectó el servo al PLC y se hizo una programación para que así se realicen movimientos simulando el despacho de producto. La prueba se la realizó a una frecuencia de 50 Hz del PWM y con duración de aproximadamente 3 horas.

El tiempo arrojado por el PLC para completar un ciclo (comprende despacho del producto y retorno a su posición original), fue de 1.15 segundos en promedio. Por lo tanto el servo efectuó durante el tiempo de prueba 9391 ciclos.

Al finalizar la prueba el servo no mostró ningún signo de deterioro o mal funcionamiento. Por lo que se considera que la vida útil del componente superará los 10000 ciclos. Sin embargo dentro del plan de mantenimiento se considera el chequeo periódico del funcionamiento adecuado del mismo. De esta manera realizar el cambio respectivo en caso de que este lo amerite.

### Finales de carrera (FC)

Para poner a prueba los finales de carrera se ideó un banco de pruebas similar al propuesto en el capítulo 2 sección 2.3.2. Se fijó el componente a una base al final del recorrido de un pistón neumático. Cuando el vástago del pistón se encontraba afuera, este cerraba el contacto del final de carrera (FC). La señal del contacto fue registrada por un



contador programado en el PLC que recibía la señal del contacto cada vez que éste era activado (Ver Figura 3.25).



Figura 3.25: Prueba de ciclos de vida de finales de carrera.

El pistón neumático es controlado por un circuito que genera un movimiento de vaivén constante del pistón, para que éste cumpla los ciclos de activación del FC (Ver Figura 3.26). El diagrama del circuito neumático y su funcionamiento se encuentran detallados en el Anexo B numeral 1 (Pruebas y Estudios).



Figura 3.26: Banco neumático de prueba de ciclos de vida.

El estudio no fue destructivo, porque no se quería probar la vida útil del componente, sino asegurar un ciclo de vida determinado en el cual no existirían problemas sin prestar mantenimiento. La frecuencia a la que se activó el contacto fue de: 1 ciclo por segundo y se realizaron 7213 ciclos. Estos 7213 ciclos significan alrededor de 7200 despachos de productos en una PVA. De esta manera si se venden 50 unidades diarias, es decir que el FC hace contacto 50 veces al día, el estudio demuestra que se tiene seguridad de operación sin problemas hasta por 144 días. Cabe recalcar que luego del ensayo no destructivo, el componente no mostraba ninguna señal de desgaste o mal funcionamiento.

### Motor

El desgaste del motor, al ser un motor DC de escobillas, se da principalmente en la zona de contacto de las escobillas con los carbones. Por esto se acepta que el mantenimiento de esta unidad deberá considerar el reemplazo de los carbones o del componente. Por otro lado la operación normal del motor genera calor y esto produce un calentamiento progresivo de la unidad. De esta manera se hizo un estudio no destructivo en el cual se puso en funcionamiento el motor cargado y se realizaron lecturas de la temperatura. Para esto se montó el motor en una configuración que cargaba la banda con 1.5 Kg.

La banda se acopla a la polea en el eje del motor y en el otro extremo a un bocín. El bocín gira libremente sobre un eje lubricado. La carga se ubica sobre el eje del bocín. Esta configuración permite que el sistema funcione como si se estuviese transmitiendo la potencia del eje del motor a otro eje. El banco de pruebas se armó sobre una mesa donde se aseguró el motor y sobre este se colocó la banda y en el otro extremo se cargó el sistema de la manera indicada (Ver Figura 3.27).



Figura 3.27: Banco de pruebas de desgaste de motor.

Paralelamente se tomó la temperatura del motor a diferentes intervalos con el uso de una pistola infrarroja de marca Raytek modelo MiniTemp. Sin embargo esta prueba no fue del total convencimiento de los interesados. Esto se dio debido a que el banco de pruebas no estaba construido para llevar de manera óptima las pruebas. Por esta razón se repitió la prueba, en la cual se simuló el mecanismo funcional en la PVA. El banco de pruebas utilizado se lo aprecia a continuación:



Figura 3.28: Banco de pruebas de desgaste de motor y banda.

En la figura 3.28 se puede apreciar que el motor transfiere la potencia a un eje montado sobre chumaceras por medio de una banda. La banda utilizada en el banco de pruebas es la misma que funciona en la PVA. La prueba tuvo lugar en las instalaciones de la Universidad San Francisco de Quito el día 17 de Agosto del 2010 en el laboratorio de robótica. Tuvo una duración de 50 minutos con 12 segundos a una temperatura ambiente de 23 ° C. Se utilizó una pistola termómetro infrarrojo, un tacómetro, un multímetro, un banco de pruebas y un cronómetro digital.

Los resultados de la prueba se pueden apreciar en las siguientes gráficas que contienen la información tabulada en anexo B tabla 2.

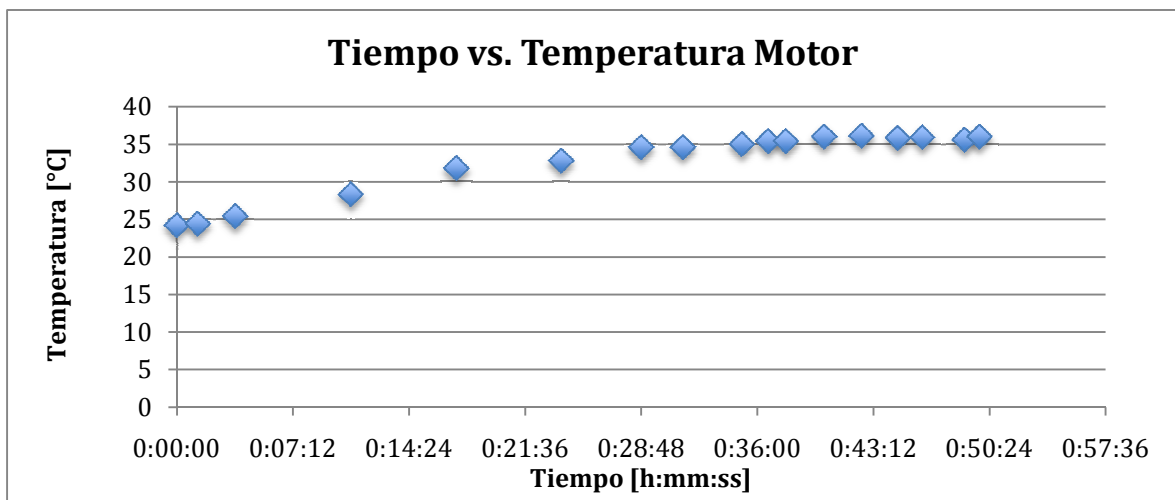


Figura 3.29: Gráfica Tiempo vs Temperatura del motor.

La figura 3.29 muestra la variación de la temperatura del motor con el paso del tiempo. Se aprecia un comportamiento asintótico alrededor de los 36 °C.

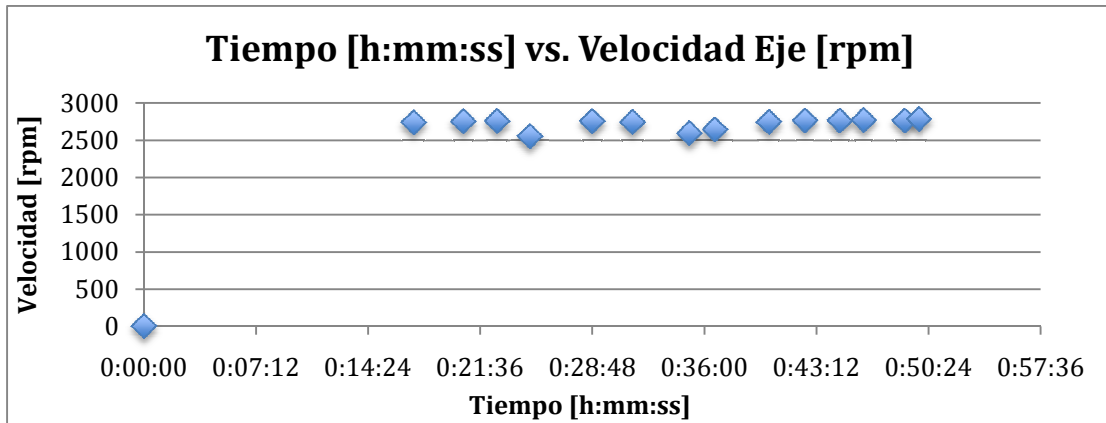


Figura 3.30: Gráfica Tiempo vs velocidad de giro del eje.

La figura 3.30 muestra la velocidad medida en el eje que recibe la potencia transferida. El valor de la velocidad se ubica alrededor de los 2700 rpm.

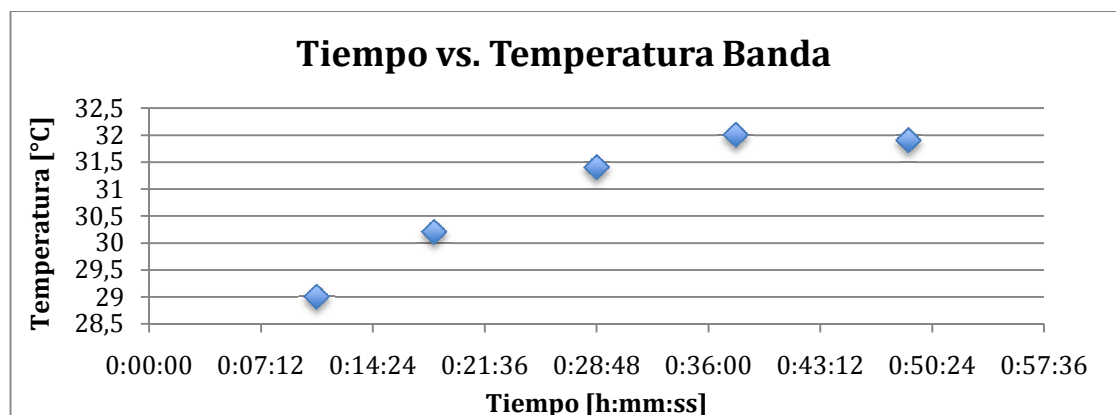


Figura 3.31: Gráfica Tiempo vs Temperatura de la banda.

La figura 3.31 presenta los cambios de temperatura que sufre la banda alrededor del eje receptor de potencia. No se realizaron muchas mediciones de esta temperatura porque no se considera crítico. Sin embargo se puede apreciar que la temperatura tiende hacia los 32 ° C.

La prueba fue filmada y las grabaciones pueden ser observadas previa la solicitud a los responsables.

### Banda

Para probar la banda se utilizó el sistema mencionado en la segunda prueba del motor. Para determinar el desgaste de la banda se tomaron las mediciones de la velocidad en el eje que recibía la potencia transferida, de esta manera si existen grandes variaciones en la velocidad del eje al final de la prueba se confirmaría un desgaste. En este caso no hubo tales variaciones porque el valor de la velocidad se ubicó siempre alrededor de los 2700 revoluciones  $\pm 50$  en promedio. Con lo cual se consideró que la banda no sufrió desgaste considerable al finalizar la prueba. Cabe recalcar que la velocidad del eje de prueba es mayor a la que experimenta el eje en la PVA.

### Rodamientos

El fabricante de rodamientos escogidos para la PVA, brinda parámetros de vida y desgaste que se deben cumplir para que los componentes mantengan un buen funcionamiento. De acuerdo al catalogo de productos para el rodamiento R8 utilizado, se tiene:

Especificaciones del producto						
	Capacidad de carga			Ciclo de Vida	Velocidad	Velocidad límite
Nomenclatura	Dinámica (KN)	Estática (KN)	Limite fatiga (N)	Rev.	rpm	rpm
<b>R8</b>	5,4	2,36	100	100000	60000	38000

Tabla 3.14: Especificaciones de rodamiento (SKF)

Mediante una simulación dinámica realizada en Autodesk INVENTOR 2009, se simuló el desplazamiento del coche [DcH] a lo largo del eje roscado. Se colocó un torque de 5 Nm., que reemplaza al momento ejercido por el motor (Ver Figura 3.22). Este movimiento genera fuerzas estáticas y dinámicas sobre el eje roscado y consecuentemente sobre el rodamiento.

Las condiciones para la simulación se establecieron ensamblando todos los componentes que implican el sistema de desplazamiento. Se colocó un torque de 1 N mm en uno de los extremos del eje roscado simulando el movimiento generado por el motor. La simulación fue realizada durante 13 segundos, lo que permitía al coche de desplazamiento recorrer 674 mm (ver detalle Anexo A numeral 1).

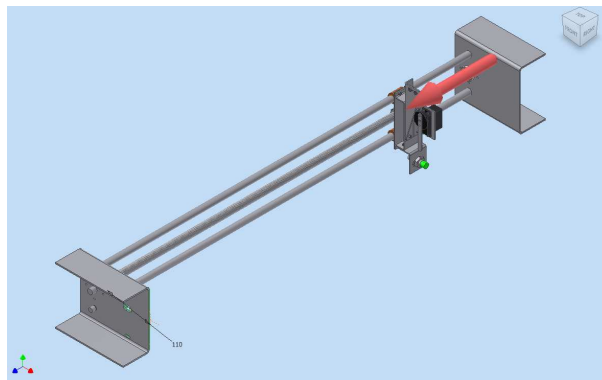


Figura 3.32: Simulación dinámica de sistema de desplazamiento.

Finalmente, la simulación muestra las diferentes cargas dinámicas que han soportado cada uno de los componentes. El rodamiento cercano a la posición del motor (DmP-rod), fue el que mayor carga dinámica soporta durante el desplazamiento. Las cargas a las que se encuentra sometido son las siguientes:

$$F_x = 6.29N$$

$$F_y = 13.52 N$$

$$F = 14,9 N \text{ (Detalle ver Anexo A numeral 2)}$$

De acuerdo a los parámetros establecidos por el fabricante comparado con los resultados obtenidos, la PVA presenta para este componente con carga dinámica un factor de seguridad de 362 antes de fallar. Consideramos esta carga calculada como la más crítica de falla por fatiga de material. De acuerdo a lo establecido por el fabricante (100 N límite de fatiga) el factor de seguridad actual es de 6.71.

La velocidad máxima a la cual estará sometido el componente será de 600 rev/min (10 rev/seg). Esta velocidad fue tomada de acuerdo a los parámetros de funcionamiento establecidos para la PVA. De acuerdo con este dato se tiene que el componente soporta las condiciones a las cuales será sometido.

Otro parámetro que necesita ser estudiado es la carga estática que soportaran los rodamientos. De acuerdo a los cálculos de cargas aplicadas y deformaciones se obtuvo que los componentes soportaran una carga de 12,51 N. (ver detalle de cálculos en el Anexo A numeral 5)

En forma de resumen se presenta una tabla con los resultados de las especificaciones comparadas con la situación real del componente. Adicionalmente se complementa el factor de seguridad que tendremos para el rodamiento.



Especificaciones del producto					
Nomenclatura	Capacidad de carga			Velocidad	Velocidad límite
R8	Dinámica (KN)	Estática (KN)	Limite fatiga (N)	rpm	rpm
Requerido	5,4	2,36	100	60000	38000
Real	0,0149	0,01251	14.9	600	600
Factor de seguridad	362	188	6.71	100	63.33

Tabla 3.15: Tabla comparativa condiciones reales del rodamiento y especificaciones del fabricante.

### Bastidor

El bastidor es el componente estructural que soporta a todos los componentes dentro de la PVA. Dentro del bastidor las partes más críticas son los perfiles guías colocados para soporte del sistema de desplazamiento y estanterías.

Los ángulos 40x3, seleccionados para esta función soportarán 2 cargas distribuidas a lo largo de su longitud (400 mm). La primera carga será del modulo de desplazamiento (aproximadamente 7 kg) y la carga de las estanterías con producto (peso aproximado 15 kg). Adicionalmente soportará el peso propio del componente de 0.32 kg.

La viga estará anclada al bastidor en sus extremos. Por efecto del peso de los componentes se han colocado 2 momentos, que simulan el giro que generan los 2 ensamblajes soportados. Los momentos tendrán una magnitud de 40 N mm (sistema de desplazamiento) y 80 N mm (estanterías) respectivamente (Ver Figura 3.33).

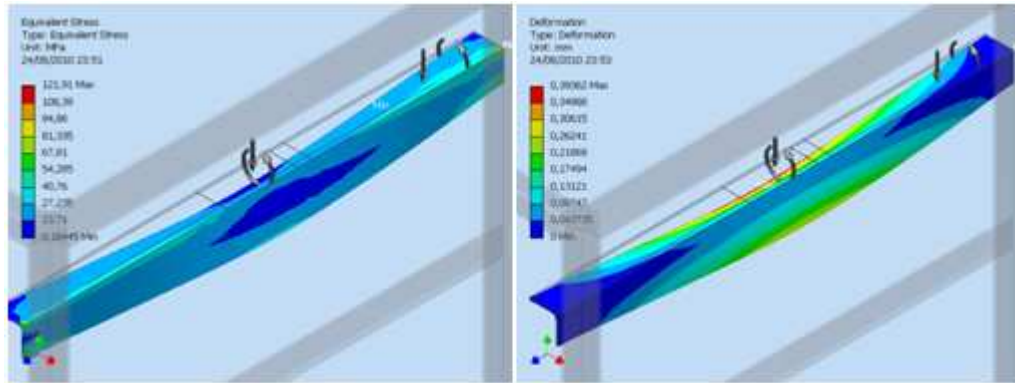


Figura 3.33: Simulación mediante elementos finitos del ángulo del bastidor.

Con la simulación se obtuvo que el esfuerzo máximo aplicado sobre el eje será de 121.91 MPa, brindando un factor de seguridad 1.7 en los apoyos. La deflexión presente en el punto medio es de 0.4 mm. El caso considerado es el caso más crítico en el cual toda la carga está apoyada sobre un de las vigas, obteniendo resultados totalmente satisfactorios.

### U-Estructural

La U estructurales (DmP-ust1/2) son componentes a los cuales van sujetos los componentes del mecanismo de despacho. Esta plancha de metal de 2 mm de espesor y dimensiones 65 mm x 143 soportan una carga aproximada de 68.7 N sobre sus agujeros y un momento de 16.7 N m sobre su cara frontal (Ver Figura 3.34).

Para conocer la resistencia del componente a las diferentes cargas se realizó una simulación mediante elementos finitos, con las condiciones a la cuales estaría sometido.

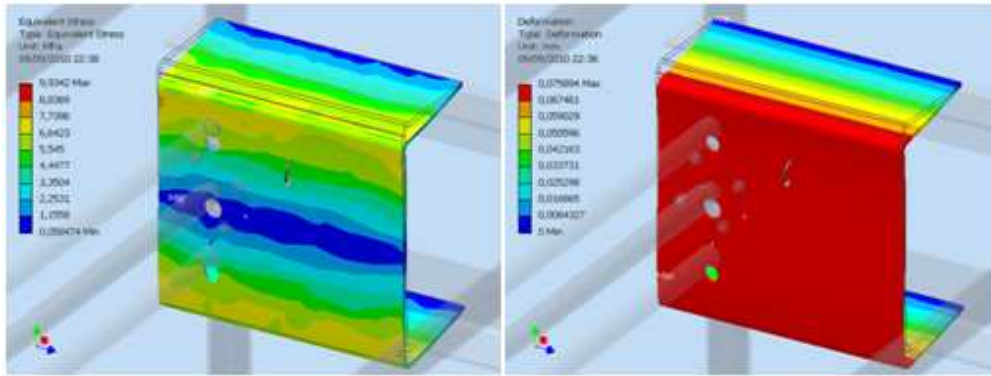


Figura 3.34: Simulación mediante elementos finitos de perfiles estructurales en U, del sistema de desplazamiento.

Los resultados mostraron que el componente no sufrirá ninguna falla o deformación permanente. El factor de seguridad que posee en el punto más crítico es de 15, por lo que se considera que la U se encuentra sobre dimensionada.

Sin embargo la construcción, manufactura y diseño de esta parte fue realizada de esta manera ya que abarca una gran cantidad de partes ancladas sobre su cara posterior. Y ésta debe encontrarse anclada al bastidor para brindar rigidez a todo el sistema de despacho. Por lo tanto la geometría y dimensiones son fundamentales dentro del sistema y se justifica que el componente se encuentre algo sobredimensionado, cumpliendo con los requerimientos de diseño.

### 3.6. Manufactura

Uno de los principales problemas para la fabricación de una nueva maquinaria es el poder pasar del diseño a la construcción. Entre los ingenieros es común escuchar frases como “el papel aguanta todo”, pero en esta nueva época del diseño en computadora se puede decir que “el CAD aguanta todo”.

Cuando se modelan los componentes en CAD, el estudiante de ingeniería sin experiencia se preocupa solamente en satisfacer los requerimientos de diseño y sacrifica todo en pos de un mejor desempeño, funcionalidad e inclusive estética. Esta tendencia se repite en gran medida a nivel profesional, porque el ingeniero encargado del diseño está alejado de la manufactura. Esto incurre en retrasos e ineficiencia a la hora de obtener nuevos productos. Por esta razón es muy importante que el ingeniero que diseña tenga conocimiento de la factibilidad de la manufactura. Es importante someter a cada componente a un estudio en el que se determine la facilidad con la que se lo puede manufacturar y si es posible cambiar aspectos en el diseño que la faciliten.

La experiencia en la USFQ ha permitido que los estudiantes responsables del proyecto VenPRO conozcan esta realidad, de esta manera, a lo largo del diseño siempre se consideró la facilidad de manufactura de los componentes. En cada etapa se fueron haciendo recomendaciones acerca de los diferentes trabajos necesarios para la manufactura. De esta manera al llegar la hora de la construcción del prototipo final, se contaba con una idea clara de todo el trabajo necesario, para en función de eso realizar la planificación del tiempo y del presupuesto. Esto permite canalizar los recursos eficientemente.

### **3.6.1. Detalle de Manufactura de Componentes**

#### **3.6.1.1. U estructural (DmP-ust1&2)**

Tanto la DmP-ust1 como la DmP-ust2 tienen la misma base, la diferencia radica en el número y la configuración de los orificios a realizarse. Para la U se planea usar una placa de acero de 2 mm de espesor, la cual será cortada a la medida y se realizarán las

perforaciones necesarias utilizando un taladro de banco o una fresa CNC con la programación necesaria. Luego de tener las perforaciones listas se deberá colocar la parte en una dobladora, para obtener un doblado de  $90^\circ$  en cada lado de la placa en las dimensiones establecidas. Se recuerda que debido a las propiedades elásticas del acero el doblado debe realizarse superando los  $90^\circ$  para que en la retracción alcance el ángulo recto. De acuerdo al espesor de la placa se necesita un radio del doblado de 2 mm.

### **3.6.1.2. Eje roscado (DmP-ejr1)**

El eje roscado como componente será adquirido en el mercado nacional. Sin embargo para la PVA, el componente tendrá que ser modificado para que se adapte al sistema y al resto de componentes adecuadamente. Como primera etapa se procederá a colocar a la parte en un torno para proceder a desbastar los extremos del tornillo, de acuerdo a las especificaciones establecidas.

Una vez que se obtiene la parte con los diámetros requeridos se procede a la perforación de orificios de 6 mm de diámetro mediante fresadora o taladro de banco. La perforación se colocará sobre el área torneada de manera que permita introducir el tornillo prisionero de la polea. Para ver detalle de medidas, distancias y diámetros ver detalle de parte DmP-ejr1 en el anexo D (planos).

### **3.6.1.3. Bases de Almacenamiento (SbA-stk1&2)**

Las bases para la construcción y ensamblaje de las estanterías de almacenamiento son fundamentales para la correcta ubicación de los productos. Como primer paso se debe

adquirir en el mercado dos piezas de acrílico (dimensiones: 1057 mm x 125 mm x 10 mm y 1057 mm x 60 mm x 10 mm). Sobre estas piezas se procederá a la elaboración de las partes.

Para obtener un acabado de calidad, sin afectar la precisión se debe utilizar una fresadora CNC automática para realizar las ranuras. Se procederá a programar el equipo para acanalar las ranuras con las dimensiones y profundidades determinadas (para dimensiones ver detalle de parte SbA-stk1, SbA-stk2 en el anexo D). A continuación se colocará la pieza sobre la mesa de trabajo del equipo y finalmente se maquina la pieza.

La manufactura adecuada de esta pieza es fundamental para la precisión y posicionamiento adecuado del despachador para entrega el producto. En caso de error en el proceso de construcción la PVA podría perder confiabilidad.

#### **3.6.1.4. Chumaceras (DmP-chu1&2)**

Para las unidades de rodamientos con soporte tipo brida, se necesita fabricar el soporte en el cual alojará el rodamiento. El soporte será maquinado en un torno, partiendo de un eje de DURALON<sup>®</sup> de  $\phi = 60\text{mm}$  y 11 mm de espesor. El mismo que será sometido a las operaciones de refrendado y cilindrado para obtener dos diámetro exteriores de  $\phi = 56\text{mm}$ , y un diámetro interior de  $\phi = 12.7\text{mm}$ . El patrón de hueco en la brida puede ser realizado en un taladro de banco o una fresa CNC de 3 ejes. Para la perforación del hueco para el prisionero se lo debe realizar en un taladro de banco. Por otro lado si se cuenta con un centro de máquina CNC de 5 ejes se puede realizar todo el trabajo en un solo “set-up”.

### **3.7. Plan de Mantenimiento**

El mantenimiento es una herramienta dentro del campo mecánico y eléctrico que busca mantener la operatividad de un equipo o máquina durante su vida útil (Calloni 11). Dentro de la PVA fue necesario elaborar un plan de mantenimiento que permita mantener sus componentes funcionales y operativos la mayor parte del tiempo de funcionamiento.

Los objetivos fundamentales por los que todo equipo debe tener y cumplir un plan de mantenimiento se basan en reducir la frecuencia con la que se realiza mantenimiento, riesgo de daños severos, mejorar organización del mantenimiento, garantizar la máxima disponibilidad operativa del equipo, entre los principales beneficios. (Dhillon)

Por estos y otros objetivos, se ha establecido un plan de mantenimiento para el equipo VenPRO buscando con ello precautelar la operatividad del mismo evitando detenciones intempestivas por daños o fallas.

Existen varios tipos de mantenimiento que se puede brindar a los equipos de acuerdo a sus condiciones actuales. Mantenimiento preventivo (MP) es una de las más importantes actividades en el sistema de mantenimiento de un equipo. El Mantenimiento preventivo es fundamental para mantener a los componentes y partes operacionales mediante la inspección previa, detección y corrección de posibles fallas antes de que estas ocurran. Dentro de los principales beneficios que brinda el establecer un sistema de mantenimiento preventivo y aplicarlo, están: alargar la vida útil del equipo, reducir averías críticas y minimizar la paralización del equipo por fallas. (Dhillon)

Para la PVA se ha establecido en detalle el plan de mantenimiento que se debe seguir para el equipo. En el cual constan los períodos de tiempo en los cuales se debe realizar un mantenimiento o chequeo. Para el caso en particular está determinado por el

número de despachos realizados (ciclos). El personal de mantenimiento de acuerdo al número de ciclos realizados procederá a realizar el mantenimiento establecido.

Dentro de cada uno de los períodos se especifica las actividades que se deben realizar dentro del prototipo, que incluyen las siguientes:

**Inspección (I):** Determinar mediante chequeo visual o sensitivo el correcto estado de los materiales o componentes.

**Servicio:** Son diferentes acciones o procesos a realizarse dentro de los dispositivos. Garantizan que estos cumplan con un buen funcionamiento, reduciendo desgaste. Dentro de este proceso se incluyen limpieza (Li) y lubricación (Lu).

**Calibración (CI):** Determina que los dispositivos muestren los valores adecuados de funcionamiento.

**Prueba (P):** Chequeo o control que comprueba el correcto funcionamiento de los componentes del equipo.

**Ajuste (A):** Actividad relacionada al ajuste de componentes, para garantizar el óptimo comportamiento.

**Cambio (Cm):** Cuando el componente se encuentre desgastado, lo que podría ocasionar fallas, se procede al reemplazo del mismo por uno nuevo.

(Dhillon 125)

Las actividades descritas presentan una identificación mediante letras, las cuales serán colocadas dentro del plan de mantenimiento lo que permitirá realizarlas siguiendo el plan.



El plan de mantenimiento busca precautelar siempre la funcionalidad de los componentes y cumplir la vida útil del equipo. La finalidad del mantenimiento preventivo es garantizar un sistema fiable, sin embargo pueden ocurrir eventos inusuales, fallas o errores, que obstaculizan que el mismo siempre se cumpla. Por lo que para estos casos se deben crear procedimientos que permitan reparar las partes averiadas. (Dhillon)

El mantenimiento correctivo (MC) es otro tipo de mantenimiento, que permite tomar acciones correctivas enfocadas a errores, daños o averías ocurridas inesperadamente. El mantenimiento correctivo es una actividad no programada, creada por la necesidad de cubrir mantenimientos no planeados. La acción a tomarse sobre estas fallas es requerida de manera urgente, enfocada hacia reparar o sustituir el componente. (Dhillon)

Para la PVA fueron creados procedimientos para reemplazar componentes o partes en caso de que están sufran fallo de operación. Dentro de los procedimientos se explica el proceso para cambiar la parte de manera gráfica y escrita. De esta manera el operador podrá fácilmente reemplazar un componente que ha sufrido daños irreversibles.

El plan de mantenimiento preventivo y el procedimiento de mantenimiento correctivo se encuentran adjuntos en al Anexo C. (Mantenimiento)

### **3.8.Resultados**

Los resultados obtenidos de la PVA se consideran o se comparan de acuerdo a los requerimientos técnicos establecidos en el capítulo 1 con las características finales presentadas por el equipo.

De acuerdo a este estudio de resultados realizado, se obtuvo que la PVA cumple con todos los requerimientos establecidos. A continuación se presenta un detalle de los diferentes parámetros estudiados.

### **3.8.1. Descripción General**

Las estanterías de VenPRO, actualmente, abarcan una cantidad de 65 productos. El prototipo fue diseñado para 70 productos pero debido a arreglos y rediseños realizados a lo largo de la construcción del mismo, la cantidad de stacks se vio reducida. Sin embargo los futuros prototipos y diseños ya contemplan la capacidad de 70 productos como mínimo dentro de cada módulo. Es decir que para los futuros equipos a construir, este requerimiento se cumpliría.

La PVA como característica general cuenta con un sistema de última generación para la interacción equipo-usuario. El equipo adquirido fue una pantalla táctil que le permitirá al usuario no solo tener un acceso sencillo al sistema, sino una sensación placentera y confortable al realizar su transacción.

### **3.8.2. Ciclos de Vida**

Luego de las pruebas, estudios y cálculos realizados para conocer la vida útil de la PVA; se ha establecido que manteniendo los planes de mantenimiento y cuidados respectivos hacia el equipo, este podrá funcionar por sobre los 20,000 ciclos.

Esta característica se obtuvo mediante el estudio de vida útil de cada uno de los componentes críticos, de tal manera que se pueda tomar acciones preventivas sobre estos antes de que fallen y garantizar la vida útil global del prototipo.

Cada uno de los componentes deberá ser cambiado periódicamente de acuerdo al plan para evitar errores y paradas del equipo por rotura o falla.

### **3.8.3. Confiabilidad del prototipo**

Realizadas pruebas de funcionamiento de la PVA se ha constatado que el prototipo cumple con las especificaciones establecidas. La confiabilidad de la plataforma se encuentra sobre 99%, considerando que tiene una falla o menos por cada 100 productos despachados.

## **3.9. ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO III**

### **3.9.1. Objetivos:**

- Presentar la organización de las partes.
- Ilustrar los dibujos específicos.
- Describir los componentes.
- Justificar opciones escogidas.
- Realizar pruebas técnicas de los componentes.

### **3.9.2. Alcance:**

El Diseño Crítico (CDR) debe ser presentado de tal manera que toda la información necesaria para su construcción esté disponible. Además se debe presentar los resultados de las pruebas técnicas realizadas sobre los componentes.

### **3.9.3. Organización de las Partes**

Se establece un sistema de codificación de partes alfa – numérico que se encuentra detallado en el Capítulo III sección 3.1.1.1. Por ejemplo para referirse al eje guía del módulo de desplazamiento se utiliza el código DmP-ejg1. A breves rasgos se sigue el siguiente formato:

CÓDIGO				
GRUPO	SUB-GRUPO	TIPO	NÚMERO	REVISIÓN
C,D,E,R,IH,S	Ver incisos en árbol de partes	Ver tabla 2.2	1-9	A-Z

Tabla 3.16: Formato de Codificación de Partes.

### 3.9.4. Dibujos Específicos

Los planos de todos los componentes del prototipo final de PVA fueron presentados de manera que contengan todas las dimensiones necesarias para la manufactura. El formato presenta una vista frontal, superior, lateral y una isometría del componente.

El detalle de los dibujos se puede encontrar en el Anexo D.

### 3.9.5. Descripción de Componentes

La descripción de cada componente contiene la función del mismo, su ubicación en la PVA y demás características. Todos los componentes son presentados con su respectivo código.

### **3.9.6. Justificación de Componentes escogidos**

Algunos componentes implementados tenían segundas opciones, dichos componentes son:

- Lector de Código de Barras
- PLC vs. PC
- Sensor Inductivo vs. Óptico.
- Tornillo de Avance

En la sección 3.4 se justifica la elección de los componentes antes mencionados.

### **3.9.7. Pruebas**

Se presenta un Informe Técnico de Pruebas y Estudios. El informe es resultado la simulación dinámica de los componentes y las pruebas de ciclos de vida realizadas. Los componentes sujetos a estudio fueron aquellos considerados como críticos. Los componentes críticos son:

- Banda [ban]
- Motor [mot]
- Finales de carrera [fnc]
- Servo [srv]

## **4. CAPITULO 4: AUTOMATIZACIÓN**

La automatización en los últimos años ha empezado a marcar un estándar en la industria, buscando crear o construir equipos automatizados, o adaptar maquinaria existente para que funcionen de manera automática. Para ello es necesario combinar el equipo mecánico, componente electrónico y conocimiento humano para en conjunto obtener una maquinaria que requiera menor esfuerzo físico del operario y obtenga mejores resultados.

El ser humano en sus actividades diarias como caminar, conducir, uso de sus sentidos, entre otros, utiliza sistemas de control. Actualmente se busca emular este sistema utilizado por el ser humano en diversas áreas como maquinaria industrial, vehículos, robots industriales y otros. La implementación del Control Automático ha permitido obtener enormes beneficios en la industria como mejorarla calidad del producto, menor consumo de energía, reducción en la cantidad de desechos, mejoramiento de seguridad, entre otros. (Cosco Grimaney)

La construcción de la PVA busca satisfacer la necesidad del mercado de presentar equipos automáticos de fácil utilización para el usuario (cliente), garantizando la confiabilidad y fiabilidad. Los parámetros de diseño establecen que el prototipo debe ser completamente automático y a su vez interactivo con el usuario.

### **4.1.Sensores y Dispositivos**

Para lograr la automatización de equipos se requiere de dispositivos, que pueden ser componentes electrónicos, mecánicos y electro-mecánicos. Algunos de los dispositivos necesarios para la automatización son los sensores.

Los sensores son dispositivos electrónicos que permiten detectar el cambio y son considerados dispositivos de control. Estos pueden ser de diferentes tipos y se los conoce como transductores, aunque algunos textos los diferencian, pero todos coinciden en que son capaces de transformar una variable física en otra. (NSWC 19-1) En automatización los sensores generalmente convierten la información en señales eléctricas, procesadas por sistemas electrónicos. La información adquirida permite conocer el estado del medio para poder tomar una decisión, sea esta hacer o no hacer algo. (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications 238)

Existen varias maneras de adquirir información: mecánicamente (fuerza, velocidad, posicionamiento, etc.), térmica (termómetros, termocuplas, etc.), Eléctrico (voltaje, amperaje, etc.), magnetismo (intensidad de corriente, campo magnético), química y radiación entre los principales. (Ollero Baturone 166)

#### **4.1.1. Descripción y Funcionamiento**

Para la construcción del prototipo Ven PRO se requirieron varios dispositivos y sensores que permitieron la automatización, los cuales se describen a continuación:

##### Finales de carrera

Son contactos mecánicos que permiten delimitar la línea de acción de un componente. (Stenerson 154) Su funcionamiento se basa en el contacto del dispositivo con el objeto, lo que permite cerrar o abrir un interruptor generando un cambio de estado (señal binaria) en el dispositivo que lo monitorea (Ollero Baturone 178).



Dentro del prototipo se utilizaron dos finales de carrera. Los contactos permiten delimitar el recorrido del coche de desplazamiento (Dch), a lo largo de los ejes guías (DmP-ejg). De esta manera se logra establecer un rango de acción del coche de acuerdo a los parámetros de longitud requeridos (Ver Figura 4.1).



Figura 4.1: Sensor Final de carrera

### Escáner de código de barras

Es un dispositivo laser de descodificación, que permite leer códigos de barra convirtiéndolo en una secuencia numérica útil (Ver Figura 4.2). El gráfico de barras es un sistema de codificación basado en una secuencia de líneas verticales con espacios y grosores determinados los cuales representan números y caracteres. El sistema de identificación mediante código de barras es el más utilizado actualmente en el mundo. (Monso 18)

El código de barras mediante la representación alfanumérica, son leídos por el escáner. El sistema, en este caso el PLC, reconoce la variable insertada y la compara con la base de datos almacenada en la memoria desplegando así la información preestablecida del

producto. El sistema permite distinguir claramente los productos, ya que no existen códigos de barras iguales que confundan al lector. (Raj 130)

La pistola de codificación adquirida fue de marca Symbol serie LS 1900T de la empresa Motorola. El dispositivo fue escogido para la PVA por su bajo costo y disponibilidad en el mercado. Es un modelo de lectura unidireccional, es decir permite leer la codificación solamente en un plano. El código de barras debe estar siempre alineado con la pistola para recibir la información correcta, sin perder datos. La lectura de la pistola puede darse hasta con un ángulo de  $\pm 65^\circ$  en relación a la posición del código de barras, sin afectar su lectura. El diseño del prototipo Ven PRO garantiza que la pistola siempre cumpla con este requerimiento. (Symbol Technologies)



Figura 4.2: Pistola de Codificación.

La pistola de codificación tiene la versatilidad de ser programada de acuerdo a las necesidades requeridas e información que se desee obtener. La programación se realiza mediante los formatos de programación presentes en el catálogo del producto (Product Reference Guide LS 1900T/LS 1908X), proveído por el fabricante.

Cada uno de los productos posee un código de barras específico, que le permite ser identificado dentro del sistema de acuerdo a sus características. La pistola permite obtener la información que posee cada uno de los productos y la envía al sistema de control en formato digital hexadecimal.

El sistema de etiquetas de codificación se encuentran adherido sobre la parte superior del producto, es decir, cada producto posee una etiqueta con su código de barras. Por otro lado la pistola se desplaza por sobre los productos detectando la numeración que cada uno de ellos posee. Se mantuvieron continuas pruebas de verificación, para comprobar la correcta lectura de los códigos de barras durante el desplazamiento del coche (Ver Figura 4.3).

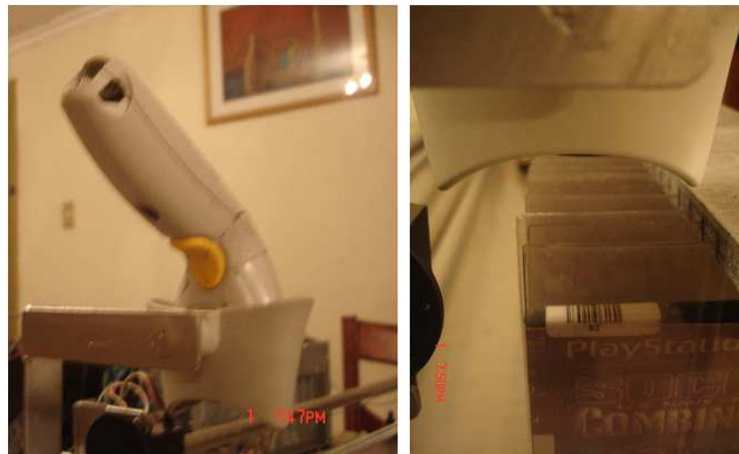


Figura 4.3: Soporte para pistola de codificación.

### Sensor inductivo

Los sensores inductivos son aquellos dispositivos que permiten detectar materiales metálicos ferrosos a corta distancias, sin necesidad de que exista contacto con el objeto. Están compuestos por un imán y una bobina que induce un campo magnético, la alteración de este campo magnético por la cercanía del metal genera una señal eléctrica. (Ollero Baturone 178)

El equipo adquirido para el prototipo fue un sensor inductivo de serie HYP-12R4NA, fabricado por la marca Coreana Hanyoung Nux. Este dispositivo es un transductor de tipo NPN, alimentación a 24 VDC, consumo de corriente 200 mA, distancia máxima de sensibilidad de objeto es de 4 mm y frecuencia de trabajo de 400 Hz. (Hangyoung Nux). (Ver Figura 4.4)

El dispositivo fue escogido debido a facilidad de compra en el mercado nacional, las características que presenta son favorables y compatibles con las necesidades que se querían solucionar. Adicionalmente el funcionamiento en conjunto con los demás dispositivos, dentro de la PVA, fue totalmente satisfactorio.

La función del dispositivo dentro del prototipo fue de crear señal redundante para la localización del producto. Brinda respaldo a la información proveniente de la pistola de codificación para identificar el producto. El objeto es detectado mediante una cinta adhesiva magnética ubicada en la parte posterior de la estantería de almacenamiento, que permite detectar la presencia del producto de tal manera que el despachador (servo) logre alinearse correctamente con el objeto y finalmente empujarlo.



Figura 4.4: Sensor inductivo.

### Servo Motor

Un servo motor es un motor o actuador con la capacidad de posicionarse de acuerdo a lo programado dentro de un rango de operación (menor a 180°). La característica del servo es que mantiene su posición, mientras no se dé una orden contraria. Se compone de un motor DC y una caja reductora que le brinda precisión. Son actuadores utilizados en robótica y aeromodelismo por su gran fuerza y precisión. (Firoozian 59)

Los servo - motores de acuerdo a su tipo se alimentan mediante corriente alterna o continúa. Si se alimentan mediante corriente continua (5 VDC), su velocidad varía de acuerdo a la frecuencia con la cual se lo alimente. El posicionamiento del servo se lo realiza mediante control PWM (por sus siglas en ingles: Pulse Width Modulation), los cuales son rectificadas mediante componentes electrónicos del actuador para lograr el posicionamiento adecuado. (Firoozian 59)

Dentro de la PVA el servo fue utilizado para la construcción del sistema de despacho. Al actuador se encuentra adaptada una platina de acero de 3mm de espesor y 100 mm de longitud, la cual al entrar en contacto con el producto permite desplazarlo. El servo mediante su posicionamiento permite empujar el producto para que este caiga a la tolva de entrega y finalmente el cliente lo reciba. Su gran fuerza permite desplazar al producto fácilmente sin complicaciones (Ver Figura 4.5).



Figura 4.5: Sistema de despacho (Despachador)

El servo adquirido fue un FUTABA de codificación S148. Tiene unas dimensiones de 19.8 mm x 40.4 mm x 36.0 mm y pesa 44.4 gramos. Se desplaza a 0.22 rev/seg y presente un torque de hasta 3 kg.cm. Se alimenta con 5 VDC y es controlado mediante PWM enviado por el PLC (Hobbico). Todas estas características conjuntamente con su bajo costo y disponibilidad en el mercado contribuyeron a que se haya elegido el actuador, para su instalación en el prototipo (Ver Figura 4.6).



Figura 4.6: Servo motor FUTABA.

## Motor DC

El motor DC o motor de corriente continua es un actuador que convierte la energía eléctrica en mecánica, basado en el movimiento de rotación. Los motores DC se utilizan en sin número de aplicaciones tanto en robótica, automatización y procesos de control, debido a su versatilidad.

Un equipo de corriente continua está formado de 2 partes el estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas. (Benavent Garcia, Abellán García y Figueres Amorós 210)

Para la PVA se utilizó un motor DC, para generar movimiento al eje roscado lo que permitirá desplazar el coche de desplazamiento a lo largo de las estanterías de almacenamiento. Mediante poleas y bandas se transmite el movimiento desde el motor hacia el eje roscado.

El motor adquirido fue un motor con alimentación 12 VDC, de la marca China NADAKAI. No existen parámetros ni características del motor especificadas por el fabricante. Las que se presentarán a continuación son mediciones realizadas con equipos de la USFQ. El consumo de corriente es de aproximadamente 2.5 A (12 VDC) y tiene una velocidad de rotación de 3rev/seg (Ver Figura 4.7).



Figura 4.7: Motor DC

### Relés

El relé es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, mediante una bobina y un electroimán. Al accionar la bobina el contacto permite cerrar o abrir los contactos (de acuerdo al tipo de contactos disponibles en el relé NC o NO). El relé permite controlar un circuito de mayor potencia que el necesario para activarlo, se podría considerar como un amplificador eléctrico. (Bhattacharya y Singh 24)

Dentro de la PVA se utilizaron 5 relés que permiten activar o desactivar las siguientes funciones:

Dispositivo	Relé Asignado
Avance de Motor	1
Retroceso de Motor	2
Alimentación sensor inductivo	3



Alimentación Despachador (Servo)	4
Alimentación sistema de Cobro	5

Tabla 4.1: Tabal de conexiones de salidas relés.

Los dispositivos adquiridos son de la marca taiwanesa Camsco, su codificación Serie LY-3. Los dispositivos se alimentan con 24 VDC, poseen 2 contactos normalmente abiertos (NO) y 2 normalmente cerrados (NC). Los contactos pueden alimentar componentes de hasta 110 VDC (10 A) y 220 VAC (15 A). Los contactos mecánicos tienen una vida útil de máximo 10'000.000 ciclos y la parte eléctrica 100.000 ciclos (Camsco). (Ver Figura 4.8)

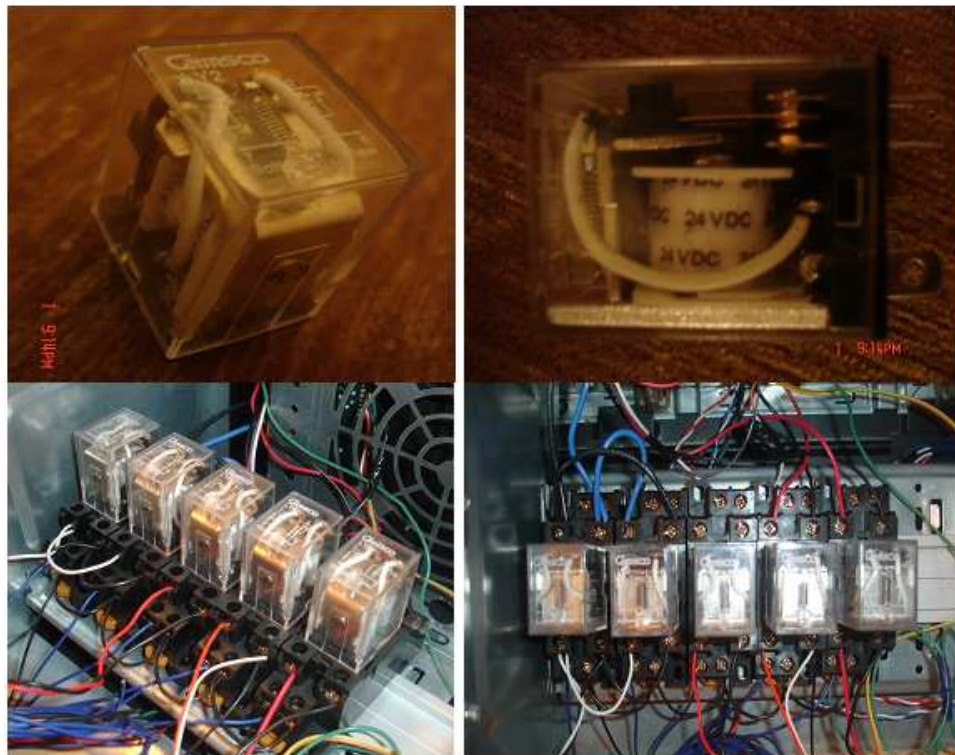


Figura 4.8: Relés y ubicación dentro de la plataforma.

### Pulsadores e interruptores

Elementos mecánicos que permite interrumpir o brindar pasó de corriente hacia un punto de control. Mediante la señal que se envía se puede mantener control o monitorear el sistema, realizar acciones sobre el mecanismo o simplemente enviar una alerta. (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications 155)

Para el prototipo se utilizaron varios pulsadores e interruptores que involucran tareas como encender y apagar el sistema y establecer el modo de funcionamiento que se desea (mantenimiento u operación) mediante interruptor de dos posiciones (Ver Figura 4.9). La alimentación se la realiza mediante la fuente central del sistema de 24 VDC.



Figura 4.9: Interruptor 3 posiciones y, pulsadores de Encendido y parada.

## **4.2.PLC**

PLC es un dispositivo electrónico programable (sus siglas en inglés Programmable Logic Controller) que permite integrar y controlar dispositivos para automatizar maquinaria y procesos. (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers,

sensors, and communications 7) Un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, ha logrado reemplazar a los antiguos sistemas de control compuesto por relés y temporizadores cableados. EL PLC es una computadora robusta, capaz de soportar condiciones hostiles presentes en la industria. (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications 37)

Para el prototipo PVA se escogió el PLC como dispositivo de control ya que es confiable para procesar la información, efectivo en los procesos, brinda una gran velocidad de procesamiento y es robusto ante condiciones difícil lo cual permite mantener la información siempre segura. Todos estos parámetros son fundamentales al construir una máquina automatizada con un gran nivel de precisión, en el cual la información es muy valiosa.

#### 4.2.1. Descripción

El PLC adquirido fue un CUBLOC CB280 module. Su selección se realizó con un análisis previo de disponibilidad en el mercado, bajo costo y características necesarias para cubrir todos los procesos que se quería realizar (Ver Figura 4.10).



Figura 4.10: PLC CUBLOC

El producto CUBLOC CB280 presenta las siguientes especificaciones: Alimentación a 24V corriente continua, 16 entradas digitales, 12 transistores NP de salida (24 VDC – 200 mA), 6 salidas PWM, entre otras. (T. COMFILE)

El PLC es el centro medular del prototipo que permitió integrar todos los componentes del sistema como: sensores, pantalla, pulsadores, actuadores, entre otros. El PLC como conjunto central permitió no solo automatizar el equipo sino también crear una interfaz agradable con el usuario.

#### **4.2.2. Programación**

El estándar de programación de PLC se ha establecido en lógica de escalera (LADDER Logic). LADDER nace de la representación gráfica de circuitos eléctricos, es por ello que los símbolos y elementos son muy parecidos a los dispositivos eléctricos. La programación de PLC se basa en el control de las salidas mediante las condiciones que presenten las entradas. (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications 57)

LADDER es un lenguaje simple que aún no ha logrado establecer parámetros de programación para interfaces gráficas o funciones más complejas requeridas. Es por eso que CUBLOC y otras marcas de PLC han mantenido la lógica LADDER como su base de su estándar, pero han complementado con la programación BASIC. (T. COMFILE)

La programación BASIC sigue siendo sencilla pero brinda la capacidad de crear opciones y rutinas más complejas complementándola con lógica LADDER. El equipo CUBLOC adquirido, permite correr simultáneamente y de forma eficiente las dos rutinas manteniendo una memoria de datos compartida. (T. COMFILE)

Para la programación de la PVA se utilizaron los dos tipos de programación disponibles en el dispositivo. LADDER permitió crear relaciones entre las salidas y entradas que tiene el equipo, mientras que la programación BASIC permitió establecer rutinas, crear interfaz gráfica y comunicar el PLC con dispositivos externos como pantalla, pistola de codificación, sensor inductivo, entre otros. (Para mayor detalle de la programación realizada, remitirse al anexo E)

### 4.3. Conexión y disposición de Equipos

La versatilidad del PLC permitió integrar todos los dispositivos electrónicos tanto de entrada como actuadores. El Equipo disponible presenta la siguiente disposición para los diferentes dispositivos enlazados:

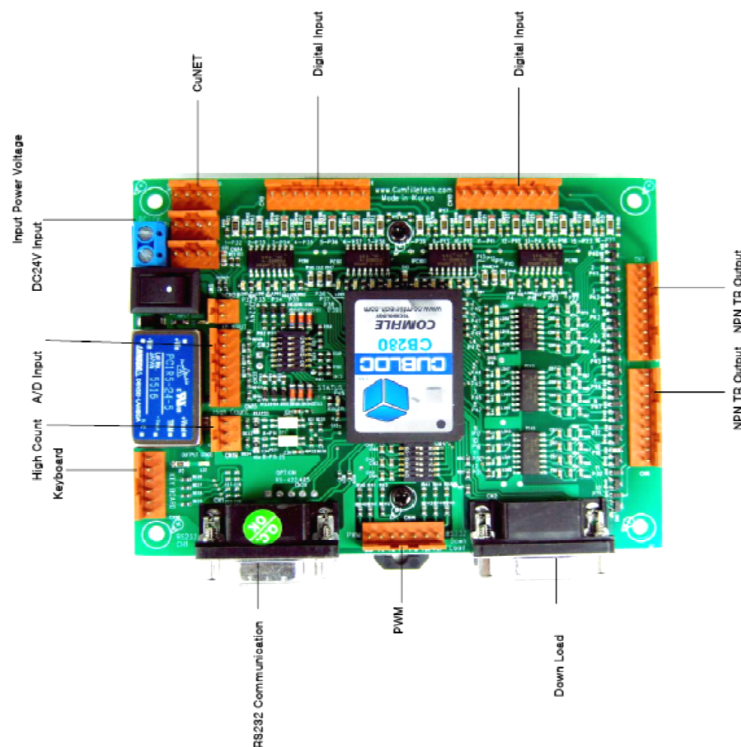


Figura 4.11: Mapa de identificación de PLC.

Para el prototipo la disposición de las entradas se encuentran de la siguiente manera:

<b>Dispositivo</b>	<b>Entrada Asignada</b>
Pulsador de Arranque	P-32
Pulsador de Detención	P-33
Final se carrera 1	P-34
Final de carrera 2	P-35
Sensor inductivo	P-36
Interruptor de Mantenimiento	P-37
Interruptor de Operación	P-38
Mecanismo de Cobro	P-29 (Análoga)

Tabla 4.2: Tabla de disposición de entradas del PLC.

Para los actuadores la disposición de las salidas fue la siguiente:

<b>Dispositivo</b>	<b>Salida Asignada</b>
Avance de Motor	P-40
Retroceso de motor	P-41
Sensor Inductivo	P-42

Potencia servo	P-43
Cobro	P-44
Servo motor	P-5 (PWM 95)

Tabla 4.3: Disposición de las Salidas del PLC

La multifuncionalidad que posee el PLC ha permitido establecer el intercambio de información con una pantalla táctil, la misma que permite crear una interfaz gráfica destinada a interactuar con el usuario. La comunicación se realizó mediante el puerto de comunicación RS232 activa en el PLC.

#### **4.4. Interfaz Gráfica**

La interfaz gráfica se encuentra dentro del Grupo de Partes de Interacción Humana (IH, sección 2.1.1). Su función es facilitar el flujo de información entre el usuario y el equipo PVA creando la interacción entre ambos, en la medida de lo programado.

Para cualquier equipo automático que presta un servicio, como la PVA, una de las principales ventajas competitivas es tener una interfaz usuario-equipo adecuada. Establecer una interfaz gráfica amigable y fácil de utilizar permite que la experiencia del usuario sea placentera y exitosa generando fiabilidad y confianza.

#### 4.4.1. Pantalla

Para realizar una automatización de maquinaria adecuada y amigable con el comprador es necesario crear una interfaz entre la máquina y el usuario. Por términos de estética y facilidad de uso, se seleccionó una pantalla táctil CUBLOC CUWIN4300A/SA 10.2". (Ver Figura 4.12)



Figura 4.12: Pantalla táctil CUBLOC CUWIN4300A/SA 10.2". (CUBLOC)

Actualmente, el equipo adquirido es uno de los más altos en la gama de creación de interfaz electrónica táctil existente en el mercado nacional. El equipo presenta la facilidad de ejecutar el sistema operativo Windows CE lo que ha logrado desarrollar aplicaciones, programas y ejecutables complejos. Además posee diversos tipos de protocolos de comunicación, para interactuar con otros equipos, como USB, Serial RS232, Serial RS485 y Ethernet. Como características adicionales presenta salida de audio y memoria expandible para poder almacenar la cantidad de información que se requiera. (CUBLOC)

Es un dispositivo bastante versátil para programación, lo que permite crear una interfaz amigable con el usuario, fácil de manejar e interactiva con todos los componen



entes. La pantalla es completamente compatible con el PLC. Para la programación de la interfaz se utilizó el modulo de programación de BASIC que presta el PLC. Se desarrolló una presentación gráfica hacia el usuario y adicionalmente se reciben las operaciones que realiza el usuario.

Para lograr establecer comunicación entre el PLC y la pantalla se estableció una conexión serial RS232. La comunicación serial RS232 es la forma más sencilla y económica para intercambiar información entre dos dispositivos (Stenerson, Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications 309). Se escogió este sistema por sus características de comunicación y adicionalmente los dos dispositivos a conectar presentaban puertos adecuados para realizarlo.

Como primer paso se construyó el cable de comunicación, con dos conectores serial macho de 9 pines. A continuación se realizó una conexión cruzada entre los pines de envío y recepción de datos (pines 2 y 3 respectivamente), y finalmente el pin común (pin 5).

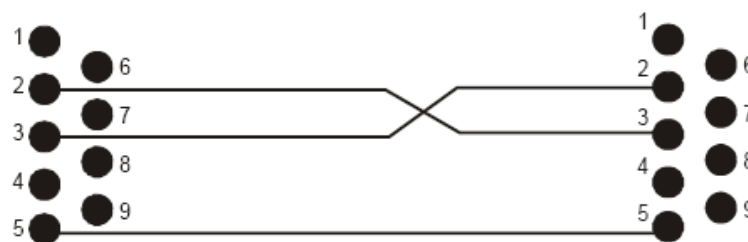


Figura 4.13: Conexión serial cruzada para pantalla y PLC.

La empresa COMFILE Technology ha desarrollado un sistema de programación entre sus equipos gráficos (pantallas) y equipos de control (PLC). Se escogió este sistema para desarrollar la interfaz gráfica. La programación se basa en la escritura y desarrollos de comandos mediante código BASIC en el PLC. Estos comandos mediante comunicación serial RS-232 son ejecutados en el dispositivo gráfico y permite mostrar imágenes.

```

Clear;
TextFont 40;DrawImage 'Fondo.bmp',0,0;
Color &HFFAAAA;BoxFill 10,10,790,110,$push,30,30;
TextPos 0,20,800,100,$center;TextColor &H111111,$transparent;
Print 'LISTADO DE PRODUCTOS';
Button 11,50,150,550,200,'1. PRODUCTO A';
Button 12,50,250,550,300,'2. PRODUCTO B';
Button 13,50,350,550,400,'3. PRODUCTO C';
Color &H5500FF;BoxFill 620,380,770,460,$push,10,10;
Button 106,640,400,750,440,'VOLVER';

```



Figura 4.14: Ejemplo de programación Basic para pantalla táctil.

El proceso de envío y recepción de información inicia mediante cualquier toque en la pantalla. Esta señal es enviada al PLC mediante una cadena de 12 bytes en los cuales se encuentra la información acerca de que evento se ha realizado en la pantalla. La cadena de bytes se muestra de la siguiente manera:

Inicial	Referencia	Identificación	Byte I/O	Bytes vacíos	Final
Inicio de comunicación	Qué tipo de acción se realizó	Numeración de evento	Acción		Final de comunicación
02	81	1	1	0000	03

Tabla 4.4: Cadena de bytes enviada desde la pantalla y recibida por el PLC. (T. COMFILE 24)

La información recibida por el PLC es procesada y usada de acuerdo a los parámetros de programación establecidos para la PVA.

#### 4.4.2. Detalle Interfaz Gráfica

La interacción con el usuario es uno de los elementos fundamentales para que la PVA tenga acogida en el mercado. La interfaz gráfica fue desarrollada pensando en la facilidad de manipulación que debe tener el usuario y una apariencia agradable.

A continuación se presenta el proceso que el usuario seguirá para adquirir su producto:

- 1) El proceso inicia con el encendido de la pantalla mediante un toque del usuario sobre la misma. La pantalla presenta un gráfico de Bienvenida al prototipo y al sistema.

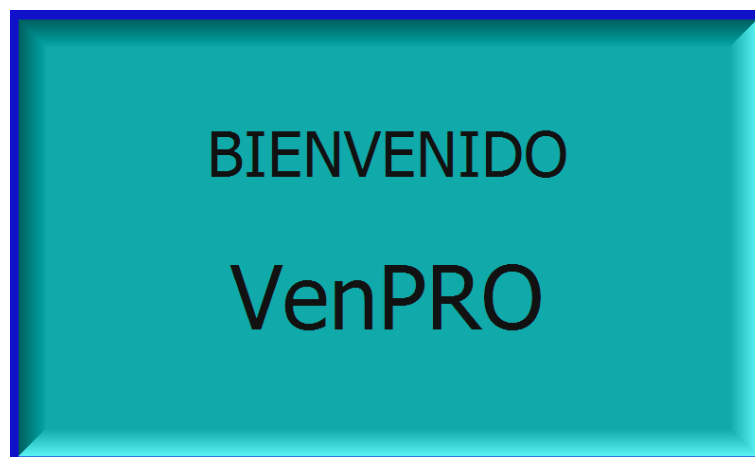


Figura 4.15: Pantalla de Bienvenida.

- 2) A continuación se despliega en la pantalla la lista de opciones de productos a los cuales el usuario puede acceder.



Figura 4.16: Pantalla de listado de productos.

- 3) Al realizar la selección del producto, el equipo presenta una descripción rápida y sencilla del producto. Esta descripción puede ser mediante video o simplemente ilustraciones gráficas con su respectivo texto descriptivo.



Figura 4.17: pantalla de descripción y aceptación de producto.

- 4) Al aceptar el producto, el equipo muestra una pantalla de confirmación en la cual se presenta el producto a adquirirse y el costo que tiene el mismo.

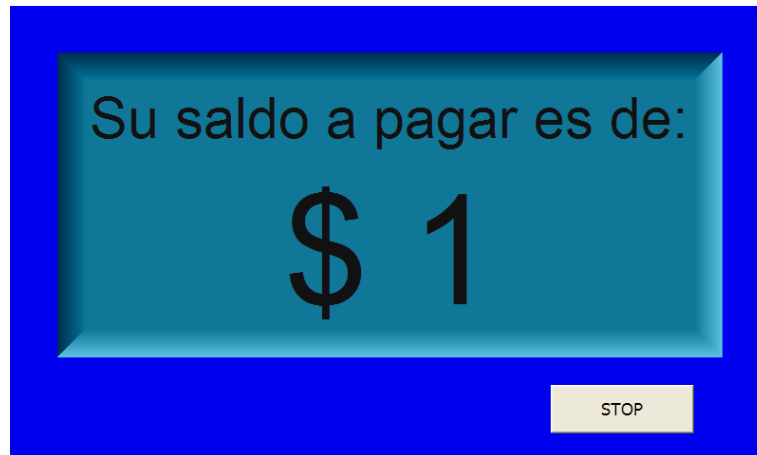


Figura 4.18: Pantalla de confirmación de pago.

Si el producto no es el deseado el usuario tiene la posibilidad de volver al menú de listado de películas.

- 5) Si el valor del producto ha comenzado a cancelarse la pantalla ira mostrando instantáneamente cual es el valor que aún falta por cancelar.



Figura 4.19: Pantalla de valor restante a cancelarse.

- 6) Una vez cancelado el producto, el proceso de entrega inicia. Se muestra una pantalla de agradecimiento por la compra realizada.

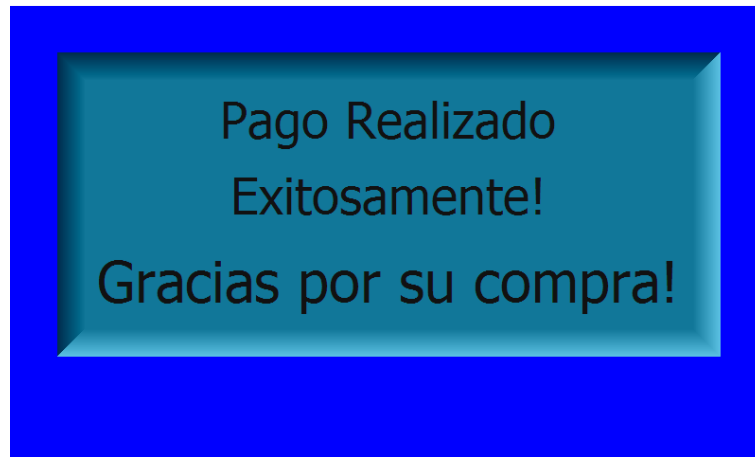


Figura 4.20: Pantalla de agradecimiento.

- 7) Durante el tiempo de espera para recepción del producto, la pantalla podría mostrar una secuencia de imágenes al usuario con posibles alternativas de compra que podría realizar en la PVA.

#### **4.5.Mecanismo de Cobranza**

Debido a los servicios que brindará VenPRO es importante establecer un mecanismo de cobro para receptor el dinero proveniente del valor de la venta del producto. Dentro del mercado existen un sin número de dispositivos que permiten realizar esta función. Los dispositivos van desde recepción e identificación de monedas y billetes hasta registro y cobro mediante tarjeta de crédito.

Para el prototipo VenPRO se adquirió un dispositivo de cobro HI-06CS, de la empresa China Huai I Electronics Co., Ltd. (WEI-YA). El dispositivo permite reconocer monedas de un solo tipo y valor. Se alimenta con 12 VDC y 200 mA, su funcionamiento se asemeja al de un pulsador. El proceso de aceptación de la moneda se basa en la comparación del objeto que ingresa al sistema con una moneda patrón. La comparación se

realiza entre las propiedades de tamaño (mediante una pinza mecánica) y la aleación metálica del material. El equipo posee una bobina que mediante la generación de un campo magnético compara los materiales de las monedas y realizar el respectivo análisis. (Huai I Electronics Co., Ltd.)

Si las monedas ingresadas tienen las propiedades de tamaño y propiedades electromagnéticas adecuadas, el dispositivo abre una compuerta que deja caer la moneda dentro del prototipo Ven Pro, de otra manera la moneda regresa a la persona que la ingresó invalidando su transacción. El dispositivo adicionalmente al aceptar la moneda envía una señal eléctrica que se la puede usar de acuerdo a las necesidades. En el caso de Ven PRO el PLC recibe la señal, la procesa y permite que el proceso de entrega de producto inicie.



Figura 4.21: Dispositivo de cobro HI-06CS.

#### **4.6. Servicio de Mantenimiento**

El mantenimiento preventivo es fundamental para alargar la vida útil del equipo. Los operadores deberán mantener un proceso para realizar el mantenimiento acorde al plan

establecido para la PVA. Adicionalmente podrán comprobar el correcto funcionamiento de las partes es caso de detectar alguna anomalía o desperfecto en el proceso.

Para iniciar el proceso de mantenimiento el operador deberá realizar un proceso secuencial de actividades. El operario debe colocar el equipo en modo de mantenimiento mediante la activación de un interruptor en la parte interna de la PVA. A continuación en la pantalla se deberá ingresar un nombre de usuario y una contraseña para poder acceder. Luego se mostrará la pantalla con las opciones de servicio.

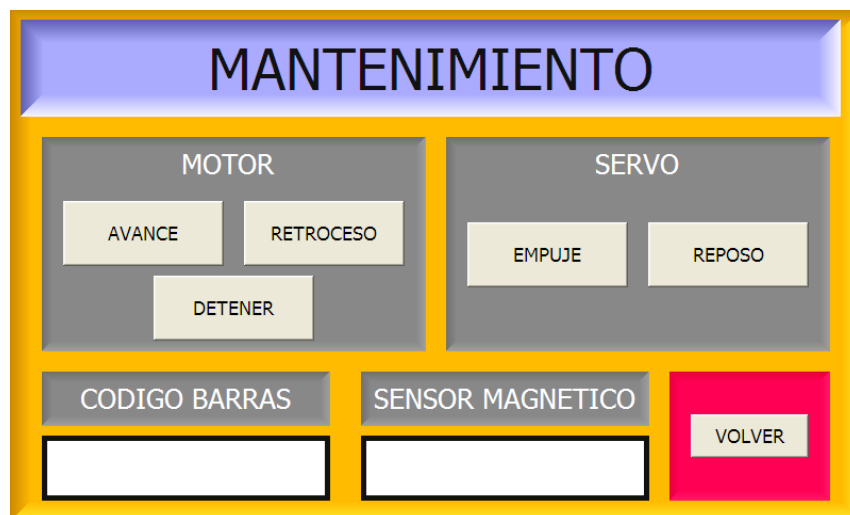


Figura 4.22: Pantalla de mantenimiento.

La pantalla de servicio permite manipular todos los dispositivos presentes en la PVA. Esta opción permite conocer el estado de los dispositivos y el funcionamiento que está realizando. El chequeo y mantenimiento de partes está establecido en el proceso de mantenimiento del equipo.



## **4.7. Inventario y Abastecimiento**

El control de inventario y el abastecimiento adecuado de producto permitirá mantener la disponibilidad en la mayor cantidad de puntos de venta establecidos. Se debe garantizar que el producto esté disponible en la hora y momentos adecuados para lograr la mayor cantidad de ventas posibles. Este proceso requiere de un monitoreo constante de las PVA y sus niveles de inventario. (Chapman 99)

### **4.7.1. Método de Control Inventario**

El control de inventario es un proceso importante que se debe realizar en la PVA. El conocer que productos se tiene, cuantos se han vendido, que productos no han rotado, etc., son algunos de los indicadores que nos permitirán observar el comportamiento del mercado y que necesidades son las que se requieren atender. (Chapman 99)

VenPRO permitirá al operador durante su gestión de mantenimiento o reabastecimiento conocer el inventario presente en la máquina. El operador mediante su nombre de usuario y clave accederá al modo de control de inventario. A continuación se ejecutará el barrido de producto. Ven PRO realizará un barrido, leyendo todas las identificaciones de los productos y la información recogida la irá almacenando en la memoria expandible, adaptada a la pantalla táctil. Esta información podrá ser analizada para los respectivos estudios de mercado y control de los inventarios.

Adicionalmente el operador podrá conocer mediante el histórico de la PVA el número de productos vendidos, que productos fueron vendidos y cuál es la cantidad de dinero que debe recoger de la plataforma. Esta información puede ser almacenada en un

dispositivo de memoria y utilizarla de manera adecuada para el control de inventario y cierre de caja.

#### **4.7.2. Sistema de Reabastecimiento**

Para realizar el abastecimiento de productos, el operario deber iniciar sesión en el equipo como personal de mantenimiento por medio de la introducción de un nombre de usuario y una contraseña. Luego accederá a las opciones de Servicio. En esta pantalla el operario deberá escoger la opción de mantenimiento. Una vez seleccionada la opción, el operario deberá utilizar su llave para abrir la cerradura del bastidor que da acceso a las estanterías del equipo para poder cargarlas de producto.

La carga consiste en depositar producto en los canales de la estantería de manera que su código de barras pueda ser reconocido desde arriba. De esta manera, la cara del producto que contiene el código de barras no debe hacer contacto con ninguna superficie y debe ubicarse en la parte posterior de la estantería.

Se debe señalar que los productos a cargarse pueden ser de diferentes tipos, es decir, el mismo empaque pero otro contenido. Sin embargo, dada la concepción de la PVA de realizar su inventariado automáticamente, la persona encargada de realizar los abastecimientos de producto no deberá preocuparse por ordenarlo con algún patrón. Podría introducir todos los tipos en un orden aleatorio que no afectaría el funcionamiento. La PVA permite identificar el producto sin necesidad de conocer su lugar establecido.

## **4.8. ACTA DE FINALIZACIÓN CAPÍTULO IV**

### **4.8.1. Objetivos**

- Describir los sensores y dispositivos electrónicos de la PVA.
- Explicar la interfaz respecto al grupo de Interacción Humana [IH]
- Detallar la lógica de la programación

### **4.8.2. Alcance**

Se hablará de los componentes electrónicos, su función en la PVA y se describirá como fueron implementados. Además se dará la pauta de la lógica con la se programó. Para mayor información remitirse al Anexo E.

### **4.8.3. Desarrollo**

En el capítulo 4 los componentes descritos son:

- Finales de Carrera
- Escáner de código de barras
- Sensor Inductivo
- Motor

- Relés
- Pulsadores
- PLC
- Pantalla Táctil
- Mecanismo de Cobranza

En el caso de la interfaz se describe el proceso por el cual el usuario adquiere un producto, también se describe la manera en la que el operario deberá hacer el mantenimiento haciendo uso de la interfaz y de la misma manera el abastecimiento de productos.

## **5. CAPITULO V: ANÁLISIS FINANCIERO**

El proyecto VenPRO tiene como objetivo el diseño y la construcción de una Plataforma de Venta Automatizada. Los capítulos previos han documentado en gran parte dicho objetivo, sin embargo el aspecto financiero ha sido dejado para este capítulo final donde se cubre el detalle de los egresos incurridos en el proyecto VenPRO.

Adicionalmente se incluye un análisis de la rentabilidad, que tiene como objetivo justificar un plan de amortización frente a la inversión en la PVA.

### **5.1. Presupuesto**

El presupuesto del proyecto VenPRO se constituye sobre el costo del diseño y construcción de un prototipo de PVA y considera el mantenimiento de los componentes. Siendo este análisis de un prototipo, el costo final es mayor al costo de si se produjera en serie.

### **5.2. Partes y Costos**

El costo de partes y componentes de la PVA es de \$ 1,397. A continuación se hace un desglose general de todas las partes de la PVA así como su costo unitario.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CODIFICACIÓN	PV/UNI	PV TOTAL
<b>Mecanismo Cobranza [C]</b>				
Módulo de Cobranza	1	C1	\$ 60	\$ 60
<b>Mecanismo de Despacho [D]</b>				
<b>Coche de Desplazamiento [DcH]</b>				
Barra despachador	1	DcH-bar1	\$1	\$1
Perno de anclajes (ANSI B18.3.1M)	16	DcH-prn1	\$0.05	\$0.8
Placa base	1	DcH-bas1	\$ 4	\$ 4
Rodamiento lineal para guía	2	DcH-rod1	\$ 20	\$ 40
Rueda del servo	1	DcH-rda1	\$ 0.50	\$ 0.50
Soporte lector código de barras	1	DcH-spt1	\$ 0	\$ 0
Soporte sensor inductivo	1	DcH-spt2	\$ 2	\$ 2
Soporte servo-motor	1	DcH-spt3	\$ 2	\$ 2
Tuerca del eje roscado (para desplazamiento) ½” -13(ANSI B18.2.2)	1	DcH-trc1	\$ 0.25	\$ 0.25
Tuerca de anclajes M3x0.5 (ANSI B18.2.4.1M)	16	DcH-trc2	\$ 0.01	\$ 0.16
Contra tuerca sensor inductivo M12x1.75 (ANSI B18.2.4.5M)	2	DcH-trc3	\$ 0.25	\$ 0.50
U de extensión	1	DcH-ust1	\$ 3	\$ 3
Viga ajuste código de barras	1	DcH-vig1	\$ 2	\$ 2
<b>Módulo de Posicionamiento [DmP]</b>				
Banda	1	DmP-ban1	\$ 1	\$ 1

E-clips (ANSI B27.7 – 108)	2	DmP-clp1	\$ 2	\$ 4
Chumacera del eje roscado	2	DmP-chu1	\$ 8	\$ 16
Eje guía M14x1000	2	DmP-ejg1	\$ 8.29	\$ 16.58
Eje roscado	1	DmP-ejr1	\$ 7.80	\$ 7.80
Motor VDC	1	DmP-mot1	\$ 35	\$ 35
Polea del eje roscado	1	DmP-pol1	\$ 3	\$ 3
Polea del motor	1	DmP-pol2	\$ 3	\$ 3
Rodamiento de Chumacera	2	DmP-rod	\$ 15	\$ 30
Perno de anclaje motor M5x0.8x40 (ANSI B18.3.1M)	2	DmP-per1	\$ 0.15	\$ 0.30
Perno de anclaje chumacera M4x0.7x20 (ANSI B 18.3.1 M )	8	DmP-per2	\$ 0.02	\$ 0.16
Perno prisionero de polea motor M3x0.5x20 (ANSI B 18.3.1 M )	1	DmP-per3	\$ 0.10	\$ 0.10
Perno prisionero de polea eje roscado M3x0.5x16 (ANSI B 18.3.1 M )	1	DmP-per4	\$ 0.10	\$ 0.10
Perno prisionero de chumacera M4x0.7x16 (ANSI B 18.3.1 M )	2	DmP-per5	\$ 0.10	\$ 0.20
Tuerca de anclaje motor M5x0.8 (ANSI B 18.2.4.1 M )	2	DmP-trc1	\$ 0.10	\$ 0.20
Tuerca de anclaje chumacera M4x0.7 (ANSI B 18.2.4.1 M )	8	DmP-trc2	\$ 0.01	\$ 0.08
U estructural motor	1	DmP-ust1	\$ 8	\$ 8
U estructural apoyo	1	DmP-ust2	\$ 8	\$ 8
<b>Base de Sensores [bS]</b>				

Placa base	1	DbS-plk1	\$ 3	\$ 3
Placa formada	1	DbS-plk2	\$ 3	\$ 3
<b>Electrónico [E]</b>				
PLC	1	E-plc1	\$ 200	\$ 200
Finales de Carrera	2	E-fnc1/2	\$ 2	\$ 4
Pulsador de encendido	1	E-bot1	\$ 3	\$ 3
Pulsador de parada	1	E-bot2	\$ 3	\$ 3
Interruptor cambio de estado (Mantenimiento u operación)	1	E-intr1	\$ 3	\$ 3
Sensor Inductivo	1	E-sen1	\$ 39	\$ 39
Servo Motor	1	E-ser1	\$ 31	\$ 31
Pistola de Codificación	1	E-pis1	\$ 78	\$ 78
<b>Estructural [R]</b>				
Bastidor	1	R-str1	\$ 40	\$ 40
Ángulo de Soporte	2	R-ans1/2	\$ 3	\$ 6
Viga T 20x3	1	SbA-vga1	\$ 5	\$ 5
<b>Estanterías [S]</b>				
Estantería Superior	1	SbA-stk1	\$ 45	\$ 45
Estantería Inferior	1	SbA-stk2	\$ 30	\$ 30
Arandela plana anclajes M6 (ISO 7089 – 6 – 140HV)	16	SbA-arp1	\$ 0.01	\$ 0.16
Arandela de presión M6 (DIN 128 – A6)	8	SbA-ars1	\$ 0.02	\$ 0.16
Separaciones	70	SbA-sep1	\$ 0.67	\$ 47
Eje roscado M6x0.5x180	4	SbA-ejr1		\$ 6
Tuerca anclajes M6x0.5 (ANSI B18.2.4.1 M)	16	SbA-trc1	\$ 0.10	\$ 1.60



Interacción Humana [IH]				
Pantalla Táctil	1	IH-pta1	\$ 600	\$ 600
			Total	\$ 1,397

Tabla 5.1: Desglose general de precios.

### 5.3.Mantenimiento

Al adquirir o construir un equipo se debe considerar siempre el plan de mantenimiento a realizarse en el mismo. El plan de mantenimiento incurre en costos tanto de servicios como de repuestos.

Para la PVA fue considerado el costo que implicará mantener el equipo y brindarle servicio de manera adecuada. Dentro del análisis se consideró el costo de mano de obra con respecto al tiempo que la actividad a realizarse implica y se lo combino con el valor de los repuesto o herramientas utilizadas.

El costo total por mantenimiento del prototipo, para 20000 ciclos realizados será de \$1,064. Con estos valores se estableció el costo simbólico que tendrá la PVA por cada ciclo realizado, que es de 5 centavos de Dólar. (Para detalle de ver anexo C, Mantenimiento)

### 5.4.Análisis Financiero

La Plataforma de Venta Automatizada opera sin limitaciones de horario y sin personal excepto aquellos de servicio que se encargan de labores de mantenimiento y reabastecimiento. El costo de estas operaciones ya se lo ha considerado en los costos fijos del proyecto VenPRO.

Considerando la capacidad de expansión modular de la PVA a un costo de 400 USD por módulo sobre una base fija de 2000 USD que incluye un módulo. Dicho módulo tiene la capacidad de albergar 100 unidades de producto bajo las dimensiones impuestas en los Requerimiento Técnicos descritos en el Capítulo I.

De esta manera se considera que la PVA puede realizar la labor de un vendedor y ahorrar el costo por concepto de arrendamiento de un lugar comercial. La PVA también ocupa un espacio físico, pero sus dimensiones ocupan un volumen mínimo en comparación a un local de venta. Además el lugar que ocuparía una PVA en un local comercial puede ser negociado en función del servicio que se ofrece o en una alianza estratégica.

Por concepto de análisis se considera un equipo PVA base. Éste equipo cuenta con un módulo y su precio es de 2000 USD.

El sueldo básico de un empleado en el Ecuador es de 240 USD. Se estima que el arriendo de un local comercial de 50 m<sup>2</sup> en un área comercial es de 260 USD. Sin contar el costo de los servicios básicos, se calcula que el costo fijo mensual de mantener un local de venta de productos compatibles con la PVA es de 500 USD.

Se asume que para iniciar cualquier negocio existe un período de donde los egresos superan a los ingresos hasta llegar a un punto de equilibrio. Por estas razones cualquier negocio empieza con un capital base que servirá de apoyo hasta llegar al punto de equilibrio.

Para el análisis se consideran 3 escenarios:

- Pesimista
- Realista

- Optimista

La tasa activa referencial para el sector productivo empresarial es del 9.67% anual.

(bce.fin.ec) Para obtener la tasa efectiva mensual:

$m$  = número de períodos de composición

$i_a$  = tasa de interés efectiva por período de composición

$i$  = tasa de interés efectiva anual

$$1 + i_a = (1 + i)^m \quad (\text{Blank y Tarquin 135})$$

$$i = (1 + i_a)^{\frac{1}{m}} - 1$$

$$i = (1 + 0.0967)^{\frac{1}{12}} - 1 = 0.0077$$

$$i = 0.77\% \text{ mensual}$$

Pesimista:

Se hace una inversión de 2000 USD con un crédito ahora y planea destinar el 50% ahorro del costo fijo de mantener un local de venta, es decir, 250 USD en pagar la PVA.

$A = 250$  USD mensuales

$P = 2000$  USD (principal)

$i$  = interés efectivo

$n$  = períodos

$$A = P(A/P, i, n) = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Se resuelve para  $n$ , y se obtiene que la PVA se pagaría en 9.17 meses, es decir en 10 meses.

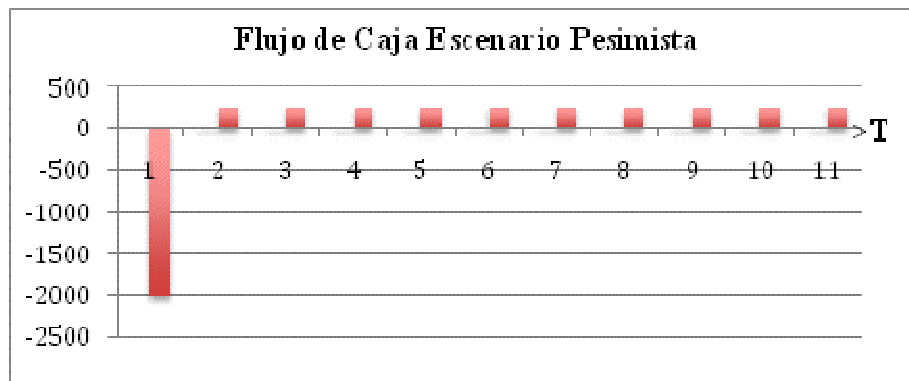


Figura 5.1: Flujo de Caja Pesimista.

### Realista:

Se hace una inversión de 2000 USD ahora y se dispone de una mensualidad del 50% del costo fijo de mantener un local de venta, es decir, 250 USD. Además se perciben ingresos por un valor de 100 USD mensuales concepto de las ventas de la PVA.

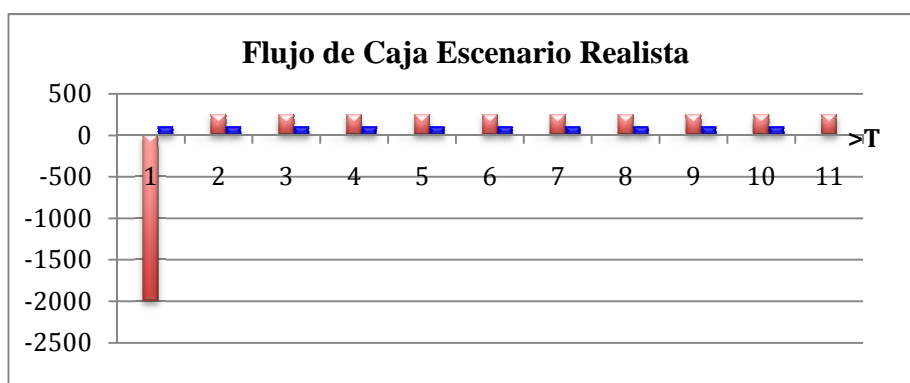


Figura 5.2: Flujo de Caja Realista.

La PVA se pagaría en 6.48 meses, es decir en 7 meses.

Optimista:

Se hace una inversión de 2000 USD ahora y se dispone de una mensualidad del 100% del costo fijo de mantener un local de venta, es decir, 500 USD. Además se perciben ingresos por un valor de 150 USD mensuales.

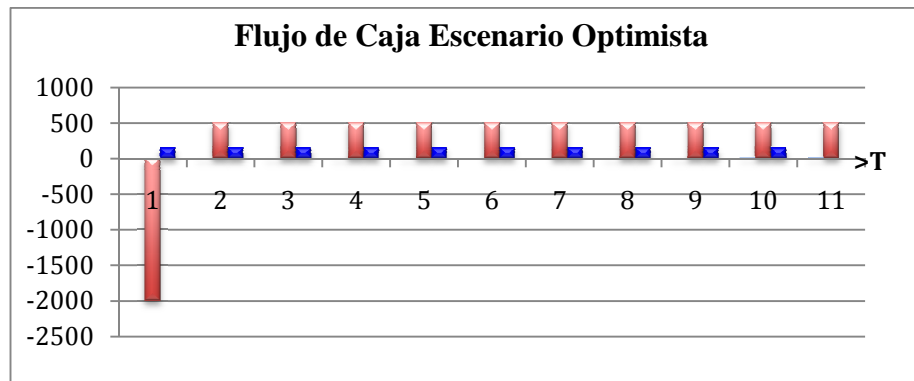


Figura 5.3: Flujo de Caja Realista.

La PVA se pagaría en 3.44 meses, es decir en 4 meses.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Pre-diseño

- El proceso de pre-diseño es la primera etapa en el desarrollo de una nueva máquina. En esta etapa no se debe excluir ninguna idea preliminar planteada sin haber evaluado sus pros y contras.
- Fue importante crear una idea conceptual de los posibles sistemas o grupos involucrados en la máquina. De esta manera se dividió los componentes por familias logrando con ello que el proyecto se pudiera desarrollar por partes y de esta manera enfocar mejor los recursos.
- Documentar todos los cambios y/o avances realizados sobre los posibles diseños permitió crear una estructura cronológica de la evolución de los componentes. Esta estructura ayudó a observar los errores cometidos, las lecciones aprendidas y mejoras realizadas.
- La división de la máquina en sistemas, permitió establecer la taxonomía de subsistemas, componentes y partes. Para mantener un corrector seguimiento sobre cada uno de los elementos que constituyen los sistemas se creó un sistema de codificación que permitió conocer con “nombre y apellido” cada parte. Tener un código asignado permite mantener el rastro de las partes, ya que provee información del componente, a que subsistema y sistema pertenece.
- Establecidos los prototipos e ideas conceptuales preliminares es importante comparar cada una de ellas para conocer cuál es la más adecuada para el prototipo final. Para la PVA se realizó un análisis FODA, que permitiría conocer todas las fortalezas y debilidades de cada alternativa para de esta manera elegir la más adecuada y viable, que se aplicará al prototipo final.

### Diseño

- A lo largo del Pre – diseño existen varias mejoras realizadas y aprendidas, de las cuales se refinó las ideas para llegar al diseño de los componentes. Sin embargo durante la creación, esquematización y construcción los diseños sufren revisiones y cambios hasta cumplir con lo requerido. Por lo que el diseño final establecido no siempre es aquel que se lo llega a construir.
- El uso del software de diseño mecánico Auto CAD Inventor 2009 constituyó una gran ayuda al momento de esquematizar y construir los prototipos rápidamente. Inventor permite crear partes individuales que posteriormente se unen para crear

ensamblajes. Esta estructura de organización es totalmente compatible con el sistema de codificación planteado en el pre-diseño y aplicado en el diseño.

- La flexibilidad del uso de un software paramétrico facilita mucho el desarrollo porque permite trabajar con rapidez. El cambio de medidas, las relaciones entre entidades por medio de fórmulas matemáticas y el uso de restricciones permiten modelar un prototipo virtual que da la concepción general de la máquina.
- El contar con un prototipo virtual que se presenta en tres dimensiones permite planificar el espacio, la estética, e inclusive los métodos de manufactura.
- Por otro lado, una de las herramientas más importantes a la hora de desarrollar un diseño es construir la sistematización previa del proceso. Para estructurar el diseño ya se habló de la codificación, pero algo que ayudó a entender el funcionamiento macro fue el establecer un mapa de procesos. De esta manera se tiene claras las distintas actividades que se deberán realizar y que procesos se deben cumplir.
- Los dibujos específicos de los componentes permiten visualizar en detalle información necesaria sobre dimensiones, materiales y manufactura. Mantener la codificación de los componentes en estos documentos es fundamental para ubicar a los mismos dentro del equipo de una manera fácil y ordenada.
- De los principales avances conceptuales del diseño nació la idea de modularidad. Mantener los grupos de partes como módulos permite que cada sistema se mantenga independiente pero se integren cuando trabajen conjuntamente en la PVA.

### Construcción

- Como se ha mencionado a lo largo del documento, el diseño permite realizar muchas cosas que la manufactura no puede alcanzar, por esta razón es necesario mantener esta idea en mente a la hora de diseñar y construir. Por lo que, a pesar de la minuciosidad que se tiene en el diseño siempre existen detalles que finalmente no pueden ser manufacturados, sea por limitantes en tecnología, conocimiento, disponibilidad de recursos, altos costos o complejidad. Por esta razón siempre se debe considerar que durante la construcción de una máquina existirán cambios sobre la marcha, que están destinados a solventar estas dificultades.
- Dentro del proceso de construcción es necesario planificar la utilización y obtención recursos adecuados para obtener resultados esperados. La disponibilidad de Maquinara y herramientas adecuadas, así personal capacitado debe ser tomado en cuenta al momento de manufacturar o brindar servicio.
- Durante el proceso de diseño y principalmente el de construcción y ensamblaje es importante considerar la disponibilidad de componentes en el mercado. La realidad

actual del mercado ecuatoriano, dificulta y limita la adquisición del equipo deseado. Es por ello que se debe adecuar o adaptar los recursos existentes de manera que satisfagan nuestra necesidad.

- Al finalizar la construcción todo equipo debe tener un plan de mantenimiento preventivo y correctivo. De esta manera garantizamos la funcionalidad del equipo y el servicio adecuado en caso de necesitarlo.

### Pruebas

- Cada equipo diseñado y construido presenta determinadas condiciones de funcionamiento. Es por ello que algunas de las especificaciones establecidas por los fabricantes no encajan adecuadamente con la realidad. Por esta razón es importante establecer bancos de pruebas y estudios para conocer el rendimiento, ciclos de vida, confiabilidad, entre otros aspectos, para las condiciones reales del equipo.
- La etapa de pruebas es la base para garantizar el periodo de funcionamiento establecido con una alta confiabilidad. Adicionalmente brindan una pauta para conocer el proceso de mantenimiento y reposición que necesitarán los componentes.

### Automatización

- La elección de componentes y equipos electrónicos confiables y eficientes, para automatizar un equipo es fundamental para lograr éxito de su funcionamiento.
- El equipo central o cerebro, en el caso de la PVA PLC, debe garantizar compatibilidad con el resto de equipos instalados en la PVA para poder lograr comunicación adecuada entre los mismos.
- La compatibilidad de comunicación entre componentes debe ser considerado en el proceso de selección, para garantizar el intercambio de información entre equipos.
- Para VenPRO la adquisición de equipos de control e interface gráfica de la misma casa comercial brinda una gran versatilidad para crear un código de programación complejo, superando las características establecidas en los requerimientos.
- La estandarización de las fuentes de alimentación es fundamental para que la instalación y conexión de equipos sea sencilla y central. Dentro de la PVA se estableció como estándar 24 VDC de alimentación para los equipos, sin embargo ciertos componentes y partes no presentaban esta característica a los cuales se debió adecuar sistemas de alimentación específicos.



### Costos

- Durante la adquisición y construcción se mantener un seguimiento de los gastos realizados, para al finalizar el proceso determinar con certeza el costo del equipo.
- Es importante para el proceso de construcción, mantenimiento y servicio, constar siempre con personal capacitado para realizar las tareas correspondientes. A pesar de que personal calificado tiene un costo mayor, Comparándolo con el promedio, los resultados obtenidos son mejores y el resultado final de buena calidad.
- Dentro del análisis de costos se debe incluir los gastos a los cuales se incurrirá por efecto de mantenimiento y repuestos a realizarse en el equipo. Los costos de mantenimiento podrían llegar a ser considerables, por lo que es inadecuado pasarlos por desapercibido.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Avallone, Eugene A., Theodore Baumeister III and Ali M. Sadegh. Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineering. New York: Mc. Graw Hill, 2007.
- [2] bce.fin.ec. 2010 йил 09. 2010 йил 29-09  
<<http://www.bce.fin.ec/docs.php?path=documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>>.
- [3] Benavent Garcia, José Manuel, Antonio Abellán García and Emilio Figueres Amorós. Electrónica de Potencia: Teoría y Aplicaciones. Valencia: Reproval, S.L., 1999.
- [4] Bhandari, V. B. Introduction to Machine Design. New Delhi: Tata MacGraw-Hill, 2001.
- [5] Bhattacharya, S. K. and Brijinder Singh. Control of machines. Nueva Delhi: New Age International Publisher, 2006.
- [6] Blank, Leland and Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. México DF: Mc Graw Hill, 2010.
- [7] calebcomp.co.uk. Caleb Components Limited. 2010 йил 12-Agosto  
<[http://www.calebcomp.co.uk/catalogue/caleb\\_catalogue\\_eclip\\_imperial.pdf](http://www.calebcomp.co.uk/catalogue/caleb_catalogue_eclip_imperial.pdf)>.
- [8] Calloni, Juan Carlos. Mantenimiento Eléctrico y Mecánico. Buenos Aires: Nobuko, 2003.
- [9] Camsco. CAMSCO Electric Co., Ltda. 2010 йил 26-Julio  
<<http://www.camsco.com.tw/pdf/p232.pdf>>.
- [10] casia.cl. 2010 йил 10-Agosto  
<[http://www.casia.cl/VerProducto.php?id\\_prod=RLT400](http://www.casia.cl/VerProducto.php?id_prod=RLT400)>.
- [11] Chapman, Stephen. Planificación y control de la Producción. México: Pearson Educación, 2006.
- [12] COMFILE, Technology. CUBLOC User Manual Version 3.1. Comfile Technology Inc., 2008.
- [13] COMFILE, Techonology. IntelliLCD. Users Manual Version 1.7.5a. COMFILE Technology, Inc., 2008.
- [14] Cosco Grimaney, Jorge. “Concep Básicos de Control.” Controles Eléctricos y Automatización. Lima, 2008.
- [15] CUBLOC. COMFILE Technology Inc. 2010 йил 13-Agosto  
<<http://www.cubloc.com>>.

- [16] Dhillon, B.S. Engineering Maintenance. Boca Raton: CRC Press LLC, 2002.
- [17] festo.com. 2010 йил 6-Agosto  
 <[https://enep.festo.com/irj/servlet/prt/portal/prtroot/festo.guest?NavigationTarget=ROLES://portal\\_content/com.festo.portal.sap40/v/cr/ssp/rl/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.rl.ssp\\_pub/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.ws.gnt\\_1/sho/cat/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.iv.cat.cat&j\\_user=ano\\_ep\\_customer\\_en\\_mq](https://enep.festo.com/irj/servlet/prt/portal/prtroot/festo.guest?NavigationTarget=ROLES://portal_content/com.festo.portal.sap40/v/cr/ssp/rl/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.rl.ssp_pub/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.ws.gnt_1/sho/cat/com.festo.portal.sap40.v.cr.ssp.iv.cat.cat&j_user=ano_ep_customer_en_mq)>.
- [18] Firoozian, Riazollah. Servo Motor and Industrial Control Theory. Nueva York: Springer, 2009.
- [19] Gere, James M. Mecánica de Materiales. México DF: Thomson, 2006.
- [20] Giardina, Jon. Motion Controllers Reference Center. 2010 йил 25-Julio  
 <<http://www.motion-controller.machinedesign.com/guiEdits/Content/bdeee5/plcs.aspx>>.
- [21] Glikin, Igor. Machine Design. Ed. Stephen J. Mraz. 2009 йил 19-Mayo. 2010 йил 27-Julio <<http://machinedesign.com/article/choosing-the-best-lead-screw-for-a-linear-motion-application-0519>>.
- [22] Hangyoung Nux. 2010 йил 18-07 <[http://hyele.en.ec21.com/Proximity\\_Sensor--3047131\\_3047151.html](http://hyele.en.ec21.com/Proximity_Sensor--3047131_3047151.html)>.
- [23] Hobbico, Inc. FUTABA. 2010 йил 26-Julio <<http://www.futabar.com/servos/discontinued-servos.html>>.
- [24] Huai I Electronics Co., Ltd. 2010 йил 26-Julio  
 <[http://www.weiya.com.tw/products\\_detail.asp?le=english&fid=145&pid=148&top\\_fid=90](http://www.weiya.com.tw/products_detail.asp?le=english&fid=145&pid=148&top_fid=90)>.
- [25] Johnson Electric. LEDEX. 2010 йил 25-07 <<http://www.ledex.com/linear-solenoids/linear-solenoid-comparison.html>>.
- [26] Juvinall, Robert C. and Kurt M. Marshek. Fundamentals of Machine Component Design. Danvers: John Wiley & Sons, 2006.
- [27] —. Fundamentals of Machine Component Design. Danvers: John Wiley & Sons, 2006.
- [28] kuhnke.de. 2010 йил 11-Agosto <<http://www.directindustry.com/prod/kuhnke/linear-solenoid-852-27369.html>>.
- [29] Monso, Julia. Sistema de identificación y Control Automáticos (II). Barcelona: Marcombo S.A., 1994.
- [30] NSWC. Center, National Surface Warfare. Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment. Vol. B. West Bethesda, 2006. 2 vols.

- [31] NTN. "Linear Ball Bearings:Solid, Drawn Cup, Stroke, Linear Flat Roller, and Linear Roller Bearing Types." CAT. NO. 2300-VII/E. Osaka: NTN Corporation, 2002.
- [32] Ollero Baturone, Aníbal. Robótica : manipuladores y robots móviles. Barcelona: Marcombo, 2007.
- [33] Pantropia.es. 2009 йил 12-Abril. MARÍA VILLÉN, NATALIA LOJO, PABLO COSANO, NOELIA MARTÍNEZ ANA LÓPEZ (ED). 2010 йил 5-Febrero <<http://www.pantropia.es/sociedad-de-la-informacion/datos/19-datos/216-construyendo-la-sociedad-de-la-informacion>>.
- [34] Raj, As Bhaskar. Bar codes. Technology and implementation. India: Tata MacGraw-Hill, 2007.
- [35] Shigley, Joseph. Mechanical engineering design. Septima Edición. New York: McGraw Hill, 2004.
- [36] Sims Bainbridge, William. Berkshire Encyclopedia of Human - Computer Interaction. Vol. 1. Massachusetts: Berkshire Publishing Group, 2004. 2 vols.
- [37] SKF. "Unidades de Rodamientos Lineales para Ejes." CAT. 4182-ES/1. Göteborg: SKF Corporation, 2007.
- [38] skf.com. 2010 йил 16-Agosto <<http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=en&imperial=false&windowName=null&perfid=107002&prodid=1070020008>>.
- [39] smallparts.com.au. 1997. 2010 йил 12-Agosto <<http://www.smallparts.com.au/store/partslist/cclips/cclips/all/1/3/>>.
- [40] Stenerson, Jon. Fundamentals of programmable logic controllers, sensors, and communications. Tercera. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.
- [41] Stenerrsson, Jon. Industrial automation and process control. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.
- [42] Symbol Technologies, Inc. LS1900T/LS1908X Product Reference Guide. Holtsville: Symbol Technologies, Inc., 2002.

## **Cálculos y Operaciones (Anexo A)**

## Capítulo 2

1.

$$\omega_{motor} = 180 \frac{rev}{min} = 3 \frac{rev}{seg}$$

$$D_{piñon} = 5.5 \text{ cm}$$

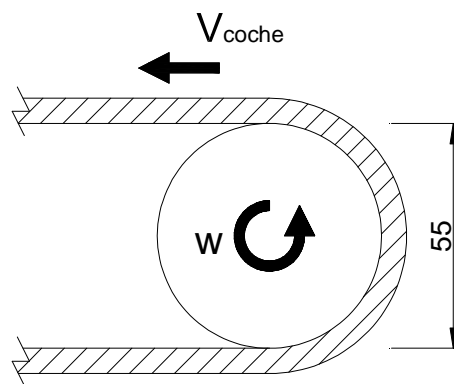


Figura A.1: Relación de velocidades piñón-cadena.

$$V_{coche} = \omega_{motor} * r_{piñon}$$

1.1

$$3 \frac{rev}{seg} * \frac{5.5cm}{2} = 8.25 \frac{cm}{seg}$$

La velocidad del coche fue calculada con relación a la velocidad de avance de la cadena. La velocidad de la cadena depende del diámetro del piñón (5,5 cm) y la velocidad de rotación del motor (180 rev/min).

2.

$$\omega_{motor} = 600 \frac{rev}{min} = 10 \frac{rev}{seg}$$

$$p = 2mm$$

$$r_{imotor} = 36 mm$$

$$r_{ieje} = 26 mm$$

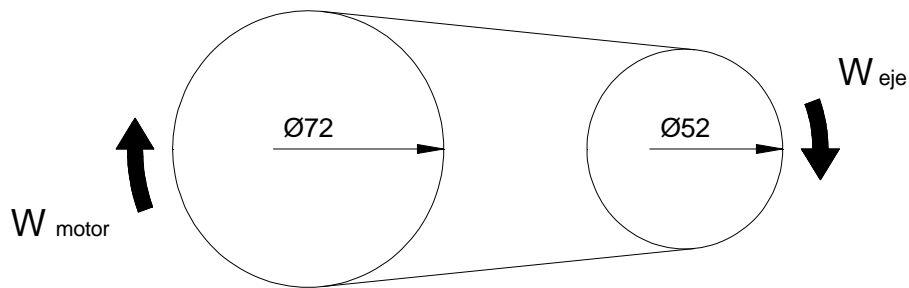


Figura A.2: Relación de velocidad poleas.

Se obtiene la relación de las poleas mediante la comparación de sus radios interiores.

$$r = \frac{r_{imotor}}{r_{ieje}} \tag{2.1}$$

$$r = \frac{36 mm}{26 mm} = 1.385$$

A continuación se calcula mediante la relación de poleas la velocidad a la que girará el eje roscado.

$$\omega_{eje} = \omega_{motor} * r \tag{2.2}$$

$$\omega_{eje} = 10 \frac{rev}{seg} * 1.385 = 13.85 \frac{rev}{seg}$$

Finalmente con el paso de roscado del eje (2 mm), se determina la velocidad de avance del coche.

$$V_{coche} = \omega_{eje} * p \quad 2.3$$

$$V_{coche} = 13.85 \frac{rev}{seg} * 2 \text{ mm} = 27.7 \frac{mm}{seg} = 2.7 \frac{cm}{seg}$$



### Capítulo 3

1.

*Datos:*

$$g_{rec} = 121286 \text{ grados}$$

$$p = 2 \text{ mm}$$

$$x = 121286 \text{ grados} \left( \frac{1 \text{ rev}}{360 \text{ grados}} \right) (2 \text{ mm}) = 674 \text{ mm}$$

El software retroalimenta el número de grados recorrido por el eje roscado durante la simulación. Mediante conversiones y con conocimiento del paso establecido para la rosca (2 mm) obtenemos la distancia total recorrida por el coche.

2.

*Datos:*

$$F_x = 6.29 \text{ N}$$

$$F_y = 13.52 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \tag{2.1}$$

$$F = \sqrt{(6.29)^2 + (13.52)^2} = \sqrt{39.56 + 182.79} = \sqrt{222.35} = 14.9 \text{ N}$$

Calculo del modulo de las fuerzas que actúan sobre el rodamiento con cargas más críticas. De esta manera obtenemos un valor real y manejable para nuestro análisis.

3.

*Datos:*

$$h = 12 \text{ mm}$$

$$b = 125 \text{ mm}$$

$$L = 1057 \text{ mm}$$

$$E = 2,275 \text{ GPa}$$

$$P = 12 \text{ kg}$$

$$\rho = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

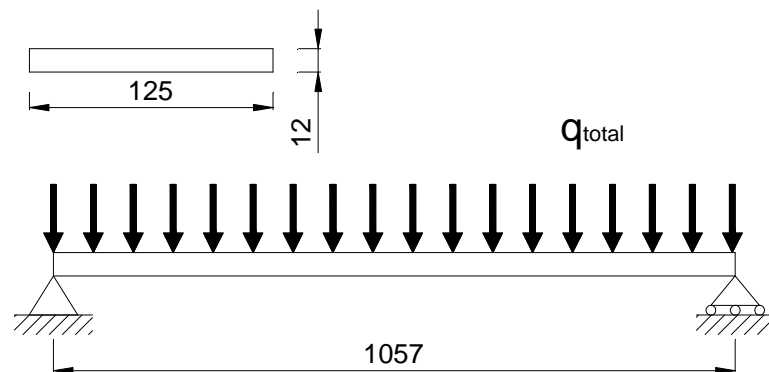


Figura A.3: Esquema distribución de cargas sobre estantería.

Calculo del peso propio de la base.

$$q = \rho * A$$

3.1

$$q = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * (b * h) = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * (12,5 * 1,2) = 18 \frac{\text{g}}{\text{cm}} = 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Calculo de la inercia de la sección transversal

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad 3.2$$

$$I = \frac{(125)(12)^3}{12} = 18000 \text{ mm}^4 = 1.8 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Se tiene que tanto el cuerpo de la base como el peso de los productos son cargas distribuidas, por lo que durante el estudio se las considera de esa manera.

$$q_{total} = \frac{P}{L} + q = \frac{12 \text{ kg}}{1.057 \text{ m}} + 1.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 11.35 + 1.8 = 13.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\delta = \frac{5qL^4}{384EI} \quad 3.3$$

$$\delta = \frac{5 \left( 13.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) (1.057 \text{ m})^4}{384(2,275 \text{ GPa})(1.8 * 10^{-8} \text{ m}^4)} = 0.00522 \text{ m} = 5.22 \text{ mm}$$

La deformación calculada mediante elementos finitos fue de 17 mm. La diferencia radica en que no se considero para este estudio analítico las ranuras que posee la base. Con estos concentradores de esfuerzos la deformación se vuelve más crítica. El cálculo analítico se volverá tedioso e innecesario ya que la simulación nos ha ayudado a obtener datos validos con precisión. El cálculo realizado nos ayuda a confirmar que los datos obtenidos en la simulación son aceptables.

Se concluye que el resultado es muy cercano a la simulación por lo que se considera aceptable, sin embargo no será el valor que se valide para cálculos posteriores ya que se desprecia el detalle de concentradores de esfuerzos que es muy importante.

4.

*Datos:*

$$D = \frac{5}{8} \text{ in} = 15,875 \text{ mm}$$

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$P = 1 \text{ kg}$$

$$\rho = 7.850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

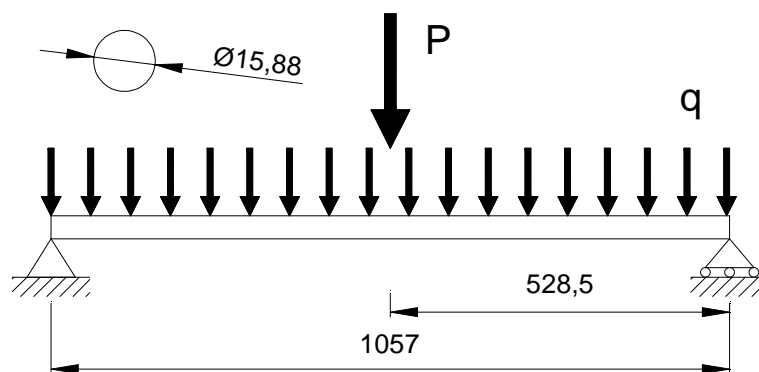


Figura A.4: Esquema distribución de cargas sobre Eje Roscado.

A continuación de se calcula el área de la sección transversal del eje roscado.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \tag{4.1}$$

$$A = \frac{\pi(15.875)^2}{4} = 197,93 \text{ mm}^2 = 1,9793 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

El peso propio es uno de las cargas a las que estará sometido le componente, el mismo que se detalla a continuación.

$$q = \rho * A \quad 4.2$$

$$q = 7.850 \frac{kg}{m^3} * (1,9793 * 10^{-4} m^2) = 1,55 \frac{kg}{m}$$

Inercia de la sección transversal del eje es:

$$I = \frac{\pi D^4}{32} \quad 4.3$$

$$I = \frac{\pi(15,875)^4}{32} = 6235 mm^4 = 6,235 * 10^{-9} m^4$$

El eje roscado está sometido a la carga muerta de su propio peso y adicionalmente soporta una carga puntual de 1kg que representa el coche de desplazamiento. La carga se colocó en el medio ya que es el punto más crítico. Se presente el cálculo de la deflexión en el punto más crítico:

$$\delta_1 = \frac{5qL^4}{384EI} \quad 4.4$$

$$\delta_2 = \frac{PL^3}{48EI} \quad 4.5$$

$$\delta_{TOTAL} = \delta_1 + \delta_2 = \frac{5qL^4}{384EI} + \frac{PL^3}{48EI}$$

$$\delta_{TOTAL} = \frac{1}{(210 GPa)(6,235 * 10^{-9} m^4)} \left[ \frac{5 \left(1,55 \frac{kg}{m}\right) (1)^3}{384} + \frac{(1 kg)(1 m)^3}{48} \right]$$

$$\delta_{TOTAL} = \frac{1}{(1309,35)} [(0,0202) + (0,0208)] = 1,59 * 10^{-5} m = 0,0159 mm$$

La deformación calculada mediante elementos finitos fue de 18 mm. El error estimado es de 6.71%. Lo que confirma que los datos que brinda la simulación son válidos y aceptables para posteriores cálculos.

$$e = \frac{\delta_{simulada} - \delta_{calculada}}{\delta_{simulada}} \quad 4.6$$

$$e = \frac{18 \text{ mm} - 16.89 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} = 0.0617 = 6.71\%$$

5.

*Datos:*

$$D = \frac{5}{8} \text{ in} = 15,875 \text{ mm}$$

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$P = 9,81 \text{ N}$$

$$q = 15,21 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

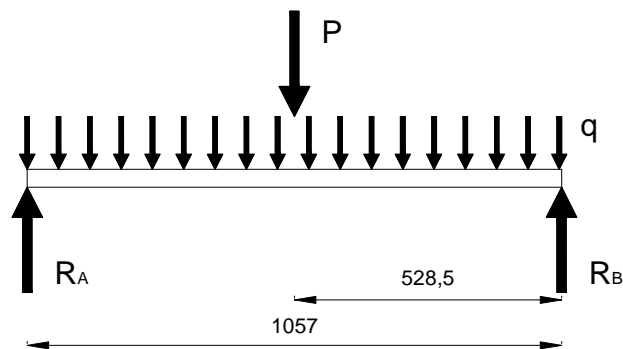


Figura A.5: Esquema para obtención de cargas estáticas sobre rodamientos.

Se busca obtener las reacciones producidas en los rodamientos por las cargas estáticas del eje roscado y el coche de desplazamiento. La carga que ejerce el coche fue colocada en el medio, debido a que el punto más crítico.

$$\sum Fy = 0 \quad 5.1$$

$$\sum Fy = R_A + R_B + (q * L) + P = 0$$

$$\sum M_A = 0 \quad 5.2$$

$$\sum M_A = -\left(q * L * \frac{L}{2}\right) - \left(P * \frac{L}{2}\right) + (R_B * L) = 0 \quad (2)$$

$$R_B = \frac{\left(q * L * \frac{L}{2}\right) + \left(P * \frac{L}{2}\right)}{L} = \frac{(q * L) + (P)}{2}$$

$$R_B = \frac{\left(15,21 \frac{N}{m} * 1m\right) + (9,81 N)}{2} = 12.51 \text{ kg}$$

(2) en (1)

$$R_A = -(R_B + (q * L) + P)$$

$$R_A = -\left(12.51 - \left(15,21 \frac{kg}{m} * 1 m\right) - 9,81 \text{ kg}\right)$$

$$R_A = 12.51 N$$

6.

$$P_V = \text{Peso de viga} = P_V * g = 0,32 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3,14 \text{ N}$$

$$W_{md} = P_{md} * g = 7 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 68,67 \text{ N}$$

$$W_{est} = P_{est} * g = 15 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 147,15 \text{ N}$$

Todos los pesos son cargas distribuidas por lo que se las debe considerar así.

$$q_1 = \frac{W_{md}}{L_{md}} = \frac{68,67 \text{ N}}{0,160 \text{ m}} = 429,1875 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \text{carga de mesa de desplazamiento}$$

$$q_2 = \frac{W_{est}}{L_{est}} = \frac{147,15 \text{ N}}{0,720 \text{ m}} = 204,375 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \text{carga de estantería}$$

$$E_{acero} = 210 \text{ GPa} = 210 * 10^9 \text{ Pa}$$

Se determina la inercia de la sección transversal del ángulo:

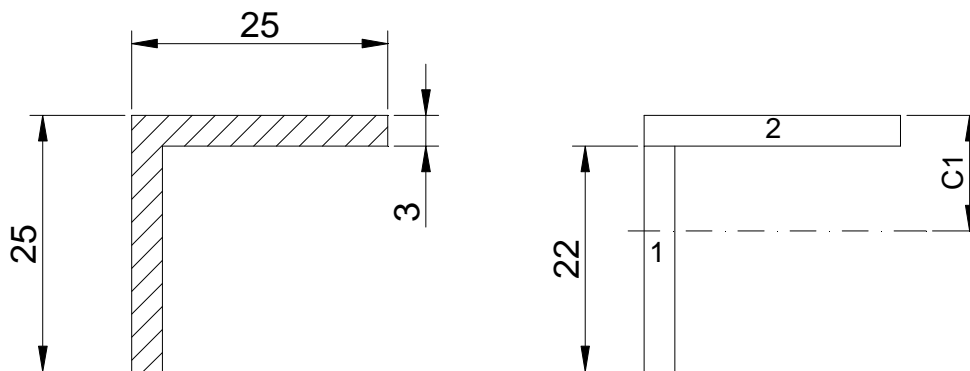


Figura A.6: Esquema de sección transversal del ángulo de bastidor.

$$A_1 = b * h = 3 \text{ mm} * 22 \text{ mm} = 66 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b * h = 25 \text{ mm} * 3 \text{ mm} = 75 \text{ mm}^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 = 66 \text{ mm}^2 + 75 \text{ mm}^2 = 141 \text{ mm}^2$$



Centroide:

$$\bar{x} = c_1 = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad 6.1$$

$$\bar{x} = c_1 = \frac{(A_1 * \bar{x}_1) + (A_2 * \bar{x}_2)}{A_T} = \frac{(66 * 14) + (75 * 1,5)}{141} = 7,35 \text{ mm}$$

Momento polar de inercia:

$$I_x = \sum_{i=1}^n (I_i + (A_i * d_i^2)) \quad 6.2$$

$$I_x = [I_1 + (A_1 * d_1^2)] + [I_2 + (A_2 * d_2^2)]$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad 6.3$$

$$I_x = \left[ \frac{3 * (22)^3}{12} + (66 * (6,65)^2) \right] + \left[ \frac{25 * (3)^3}{12} + (75 * (5,85)^2) \right] = 8203,62 \text{ mm}^4$$

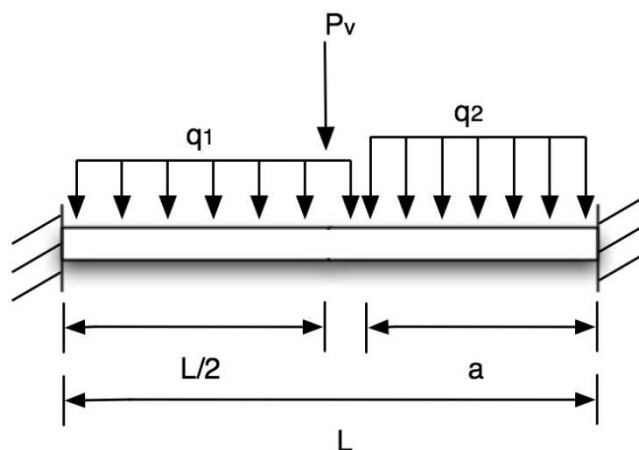


Figura A.7: Esquema distribución de cargas sobre ángulo de bastidor.

Para analizar la viga se utilizará el método de superposición:

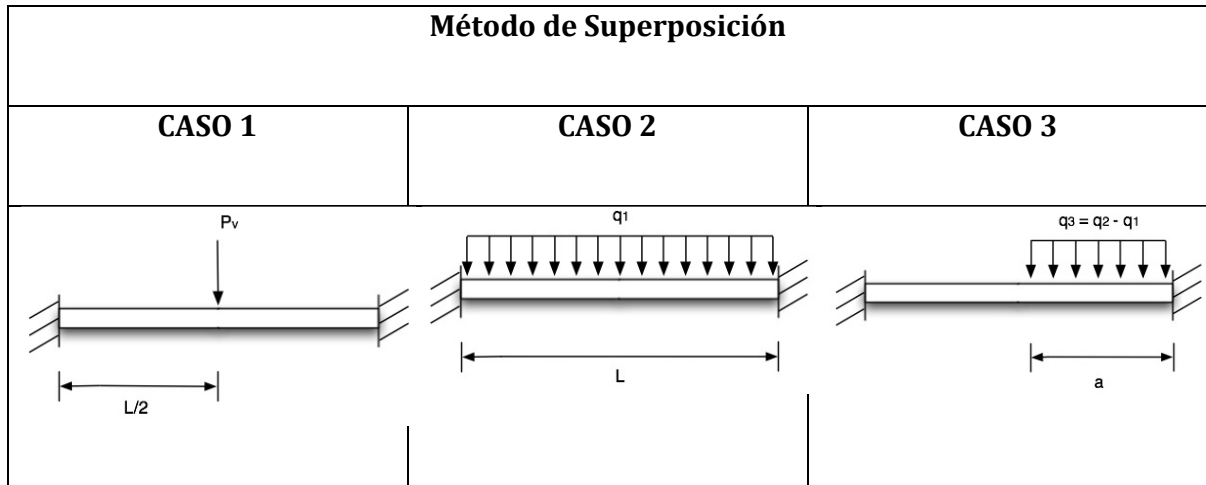


Figura A.8: Método de Superposición.

### 6.1. Caso 1

Basándose en el principio de superposición se descomponen las cargas y se las analizan independientemente. En el caso 1 se trata de una carga puntual que actúa en el centro de la viga, esta carga se debe al peso mismo de la viga que actúa sobre su centro de gravedad.

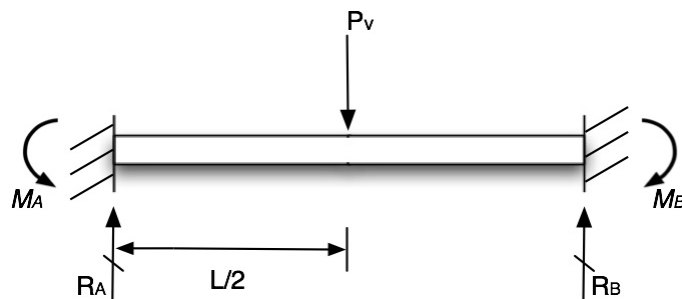


Figura A.9: Esquema primer caso, método de superposición.

La viga se encuentra empotrada en ambos extremos. Son cuatro reacciones desconocidas (dos fuerzas y dos momentos, uno en cada apoyo). Se cuenta con dos ecuaciones independientes de equilibrio por esta razón el sistema es una viga estáticamente indeterminada de grado dos.

Para resolver este tipo de problemas se decide aplicar también a esta situación el principio de superposición; reconociendo que el sistema cuenta con dos reacciones redundantes. De esta manera se plantea expresar dos reacciones en función de las otras dos redundantes. Esto permite simplificar el caso de la viga empotrada a una viga simplemente apoyada. Por otro lado se recuerda el principio de superposición y se considera sobre la viga simple el efecto de las otras dos reacciones redundantes.

En la viga simplemente apoyada se reconocen dos ángulos de deflexión en cada apoyo,  $(\theta_A)_1$  y  $(\theta_B)_1$ . Estos ángulos son producto de la deflexión de la viga simple bajo las condiciones de carga mostradas en la figura 8.

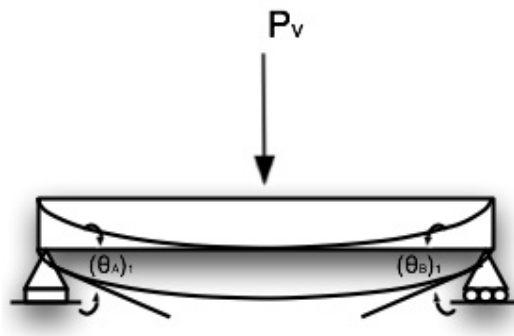


Figura A.10: Esquema de flexión de la viga por peso propio.

El caso de la figura 9 se lo ubica en el libro Mecánica de Materiales de Gere, Apéndice G, Tabla G-2, caso 4. (Gere 909)

La deflexión causada por el momento  $M_A$  produce un ángulo de deflexión en los apoyos  $(\theta_A)_2$  y  $(\theta_B)_2$ :



Figura A.11. Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.

El momento  $M_B$  produce un ángulo de deflexión en los apoyos  $(\theta_A)_3$  y  $(\theta_B)_3$ :



Figura A.12: Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.

Por la simetría del problema se puede observar que  $R_A = R_B$  y  $M_A = M_B = M_1$ . De esta manera se puede considerar la acción de los momentos de una sola vez considerando el caso 10 de la Tabla G-2 del libro de Gere. (Gere 910)

De esta manera se obtiene:



Figura A.13: Esquema de flexión de viga, por momento en punto A.

Dados los casos de la figura BB y la figura DD, se pueden plantear las siguientes ecuaciones de compatibilidad:

$$\theta_A = (\theta_A)_1 - (\theta_A)_2 = 0$$

$$\theta_B = (\theta_B)_1 - (\theta_B)_2 = 0$$

Las reacciones  $R_A$  y  $R_B$  :

$$R_{A1} = R_{B1} = \frac{P_v}{2}$$

De la Tabla G-2 del libro de Gere, para el caso 4 y 10 se obtienen las siguientes relaciones. (Gere 909-910)

$$(\theta_A)_1 = (\theta_B)_1 = \frac{P_v L^2}{16EI}$$

$$(\theta_A)_2 = (\theta_B)_2 = \frac{M_0 L}{2EI}$$

Luego se aplican las ecuaciones de compatibilidad:

$$\theta_A = \frac{P_v L^2}{16EI} - \frac{M_1 L}{2EI} = 0$$

$$M_1 = \frac{P_v L}{8}$$

Se puede calcular la deflexión máxima, la misma que ocurre en el centro de la viga. Usando la superposición se considera la deflexión causada por la carga puntual  $P_v$  y la causada por el momento  $M_1$ :

$$\delta_{1_{L/2}} = \frac{P_v L^3}{48EI} - \frac{M_1 L^2}{8EI}$$

## 6.2. Caso 2

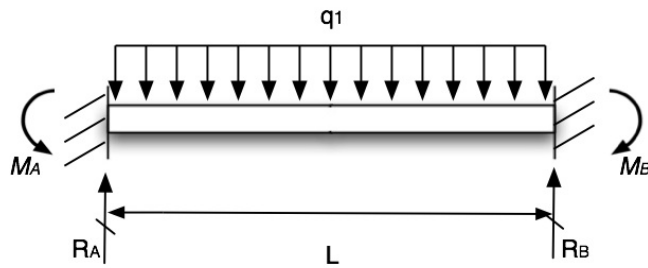


Figura A.14: Esquema primer caso, método de superposición.

Por simetría se pueden hacer muchas simplificaciones como las que se presentaron en el cálculo del Caso 1 sección D1, estas son  $R_A = R_B$  y  $M_A = M_B = M_2$ . La carga distribuida  $q_1$  que actúa sobre la viga simple produce unos ángulos de deflexión en los apoyos  $(\theta_A)_1$  y  $(\theta_B)_1$ .

Las reacciones:

$$R_{A2} = R_{B2} = \frac{q_1 L}{2}$$

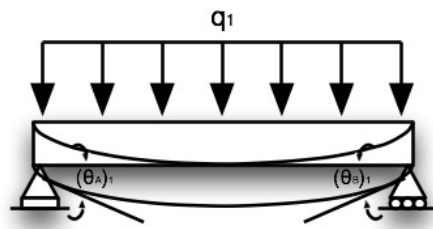


Figura A.15: Esquema de flexión de la viga por carga distribuida.

Los momentos a cada lado de la viga producen ángulos de deflexión en los apoyos  $(\theta_A)_2$  y  $(\theta_B)_2$ .



Figura A.16: Esquema de flexión de la viga por momentos en los extremos.

Las ecuaciones de compatibilidad

$$\theta_A = (\theta_A)_1 - (\theta_A)_2 = 0$$

$$\theta_B = (\theta_B)_1 - (\theta_B)_2 = 0$$

De la Tabla G-2 del libro de Gere, para el caso 1 y 10 se obtienen las siguientes relaciones.

(Gere 908-910)

$$(\theta_A)_1 = (\theta_B)_1 = \frac{q_1 L^3}{24EI}$$

$$(\theta_A)_2 = (\theta_B)_2 = \frac{M_2 L}{2EI}$$

Luego se aplican las ecuaciones de compatibilidad y se reconoce la simetría:

$$\theta_A = \theta_B = \frac{q_1 L^3}{24EI} - \frac{M_2 L}{2EI} = 0$$

$$M_2 = \frac{q_1 L^2}{12}$$

Se puede calcular la deflexión máxima, la misma que ocurre en el centro de la viga.

Usando la superposición se considera la deflexión causada por la carga distribuida  $q_1$  y la causada por el momento  $M_2$ :

$$\delta 2_{L/2} = \frac{5q_1L^4}{384EI} - \frac{M_2L^2}{8EI}$$

### 6.3. Caso 3

Las reacciones:

$$R_A = \frac{q_3a^2}{2L} + \frac{M_A}{L} - \frac{M_B}{L}$$

$$R_B = \frac{q_3a(L - a/2)}{L} - \frac{M_A}{L} + \frac{M_B}{L}$$

Las ecuaciones de compatibilidad

$$\theta_A = (\theta_A)_1 - (\theta_A)_2 - (\theta_A)_3 = 0$$

$$\theta_B = (\theta_B)_1 - (\theta_B)_2 - (\theta_B)_3 = 0$$

De la Tabla G-2 del libro de Gere, para el caso 1 y 10 se obtienen las siguientes relaciones.

(Gere 909-910)

$$(\theta_A)_1 = \frac{q_3a^2}{24LEI}(2L^2 - a^2) \quad (\theta_B)_1 = \frac{q_3a^2}{24LEI}(2L - a)^2$$

$$(\theta_A)_2 = \frac{M_AL}{3EI} \quad (\theta_B)_2 = \frac{M_AL}{6EI}$$

$$(\theta_A)_3 = \frac{M_BL}{6EI} \quad (\theta_B)_3 = \frac{M_BL}{3EI}$$



Se aplican las ecuaciones de compatibilidad:

$$\theta_A = \frac{q_3 a^2}{24LEI} (2L^2 - a^2) - \frac{M_{AL}}{3EI} - \frac{M_{BL}}{6EI} = 0$$

$$\frac{M_{AL}}{3EI} + \frac{M_{BL}}{6EI} = \frac{q_3 a^2}{24LEI} (2L^2 - a^2) \quad 6.3.1$$

$$\theta_B = \frac{q_3 a^2}{24LEI} (2L - a)^2 - \frac{M_{AL}}{6EI} - \frac{M_{BL}}{3EI} = 0$$

$$\frac{M_{AL}}{6EI} + \frac{M_{BL}}{3EI} = \frac{q_3 a^2}{24LEI} (2L - a)^2 \quad 6.3.2$$

Se opera 2 x 6.2 – 6.1:

$$\frac{M_{BL}}{2EI} = \frac{q_3 a^2}{24LEI} [2(4L^2 - 4La + a^2) - 2L^2 + a^2]$$

$$M_{B3} = \frac{q_3 a^2}{12L^2} (6L^2 - 8La + 3a^2)$$

$$\frac{M_{AL}}{3EI} = \frac{q_3 a^2}{24LEI} (2L^2 - a^2) - \frac{q_3 a^2}{72EIL} (6L^2 - 8La + 3a^2)$$

$$M_{A3} = \frac{q_3 a^3}{12L^2} (4L - 3a)$$

Reemplazando los momentos en las reacciones:

$$R_{A3} = \frac{q_3 a^2}{2L} + \frac{q_3 a^3}{12L^3} (4L - 3a) - \frac{q_3 a^2}{12L^3} (6L^2 - 8La + 3a^2)$$

$$R_{A3} = \frac{q_3 a^2}{2L} + \frac{q_3 a^2}{2L^3} (2La - 3L^2 - 3a^2)$$

$$R_{A3} = \frac{q_3 a^2}{L^3} (2La - 2L^2 - 3a^2)$$

$$R_{B3} = \frac{q_3 a(L - a/2)}{L} - \frac{q_3 a^3}{12L^3} (4L - 3a) + \frac{q_3 a^2}{12L^3} (6L^2 - 8La + 3a^2)$$

$$R_{B3} = \frac{q_3 a(L - a/2)}{L} + \frac{q_3 a^2}{2L^3} \left( \frac{2}{3} La + a^2 + L^2 \right)$$

$$R_{B3} = \frac{q_3 a}{L^3} \left[ L^3 + \frac{a^2 L}{3} + \frac{a^3}{2} \right]$$

La deflexión en el centro de la viga causada por la carga distribuida  $q_3$  que actúa en una longitud  $a$  es:

$$v(x) = -\frac{q_3 x}{24LEI} (-a^2 L + 4L^2 x + a^2 x - 6Lx^2 + 2x^3) \text{ para } a \leq x \leq L$$

$$\delta_{3L/2} = -v(L/2) = \frac{q_3}{48EI} \left( -a^2 L + 2L^3 + \frac{a^2 L}{2} - 3L^3 + \frac{L^3}{4} \right)$$

$$\delta_{3L/2} = \frac{q_3}{48EI} \left( -\frac{a^2 L}{2} - \frac{3L^3}{4} \right)$$

$$\delta_{3L/2} = -\frac{q_3}{192EI} (2a^2 L + 3L^3)$$

#### 6.4.

Tomando los resultados de las secciones D1, D2 y D3, las reacciones  $R_A$  y  $R_B$ :

$$R_A = R_{A1} + R_{A2} + R_{A3}$$

$$R_B = R_{B1} + R_{B2} + R_{B3}$$

$$R_A = \frac{P_v}{2} + \frac{q_1 L}{2} + \frac{q_3 a^2}{L^3} (2La - 2L^2 - 3a^2)$$

$$R_B = \frac{P_v}{2} + \frac{q_1 L}{2} + \frac{q_3 a}{L^3} \left[ L^3 + \frac{a^2 L}{3} + \frac{a^3}{2} \right]$$

Los momentos  $M_A$  y  $M_B$ :

$$M_A = M_1 + M_2 + M_{A3}$$

$$M_B = M_1 + M_2 + M_{B3}$$

$$M_A = \frac{P_v L}{8} + \frac{q_1 L^2}{12} + \frac{q_3 a^3}{12L^2} (4L - 3a)$$

$$M_B = \frac{P_v L}{8} + \frac{q_1 L^2}{12} + \frac{q_3 a^2}{12L^2} (6L^2 - 8La + 3a^2)$$

La deflexión  $\delta(L/2)$ :

$$\delta(L/2) = \delta_{1_{L/2}} + \delta_{2_{L/2}} + \delta_{3_{L/2}}$$

$$\delta(L/2) = \frac{P_v L^3}{48EI} - \frac{M_1 L^2}{8EI} + \frac{5q_1 L^4}{384EI} - \frac{M_2 L^2}{8EI} - \frac{q_3}{192EI} (2a^2 L + 3L^3)$$

$$\delta(L/2) = \frac{P_v L^3}{48EI} - \frac{P_v L^3}{64EI} + \frac{5q_1 L^4}{384EI} - \frac{q_1 L^4}{96EI} - \frac{q_3}{192EI} (2a^2 L + 3L^3)$$

$$\delta(L/2) = 0,137 \text{ mm}$$

La deflexión obtenida se encuentra en el mismo orden de magnitud que la simulación en elementos finitos, lo que demuestra que los resultados obtenidos son fiables y confiables.

#### 7. Cálculo del Torque de Desplazamiento, tornillo en posición horizontal:

$$T_{Total} = T_{Fricción} + T_{aceleración}$$

$$T_{Fricción} = FR$$

Donde

F= Fuerza de fricción

p=paso en rev/m (511.8rev/m)

e= eficiencia del tornillo de avance, 0.40 (tornillo – tuerca acero)

$$T_{aceleración} = (J_{load} + J_{tornillo}) \frac{\omega}{t}$$

$$\omega = 2\pi p v$$

$$J_{load} = \frac{W}{(2\pi p)^2}$$

$$J_{tornillo} = \frac{\pi L \rho R^4}{2}$$

Donde

T= torque,  $N \cdot m$ .

$\omega$ = velocidad angular, rad/seg.

$t$ = tiempo, 44 seg y 4 seg para alcanzar la velocidad.

$v$ = velocidad lineal, 0.0181 m/seg.

$L$ = longitud, 1 m.

$R$ = radio, 0.0127 m.

$\rho$ = densidad, 7850kg/m<sup>3</sup>.

$g$ =gravedad, 9.81m/s<sup>2</sup>.

$$F = \mu_s W = 0.58(9.81N) = 6.2698N$$

$$T_{Fricción} = FR = 0.0398 N \cdot m$$

$$J_{load} = \frac{1kg}{4\pi^2 \left(\frac{511.8}{m}\right)^2} = 9.66 \times 10^{-8} kg \cdot m^2$$

$$J_{tornillo} = \frac{\pi}{2}(1m) \left(7850 \frac{kg}{m^3}\right) (0.00635m)^4 = 2 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$

$$\omega = 2\pi \left(\frac{511.8rev}{m}\right) \left(0.0181 \frac{m}{s}\right) = 58.46 \frac{rad}{s}$$

$$T_{aceleración} = \left(\frac{9.66 \times 10^{-8} kg \cdot m^2}{0.40} + 2 \times 10^{-5} kg \cdot m^2\right) \frac{58.46 \frac{rad}{s}}{4s}$$

$$T_{aceleración} = 2.95 \times 10^{-4} N \cdot m$$

$$T_{Total} = 3.98 \times 10^{-2} N \cdot m + 2.95 \times 10^{-4} N \cdot m$$

$$T_{Total} = 4 \times 10^{-2} N \cdot m$$

8.

$c$ : distancia entre centros, 120mm

$a$ : cateto del triángulo mostrado en la figura

$\theta_1$ : ángulo de envoltura polea grande

$\theta_2$ : ángulo de envoltura polea pequeña

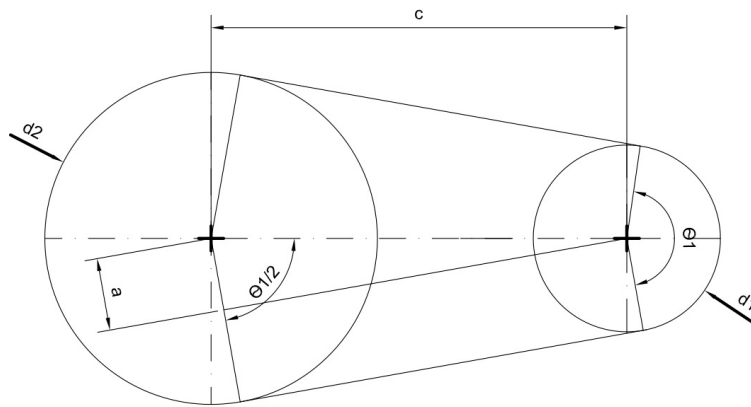


Figura A.17: Esquema para determinación de ángulo de la banda.

$$a = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

$$a = \frac{25.4\text{mm} - 38.1\text{mm}}{2} = 6.35\text{mm}$$

$$\cos\left(\frac{\theta_1}{2}\right) = \frac{a}{c}$$

$$\theta_1 = 2 \arccos\left(\frac{a}{c}\right) = 2 \arccos\left(\frac{d_2 - d_1}{2c}\right) \quad (\text{C4.1})$$

$$\theta_1 = 2 \arccos\left(\frac{6.35}{120}\right) = 173.9^\circ = 3.03\text{rad}$$

$$\theta_2 = 2\pi - \theta_1$$

$$\theta_2 = 186.1^\circ$$

9.

$P_1$ : Tensión que lleva

$P_2$ : Tensión llevada

$P_c$ : Tensión generada por la fuerza centrífuga

f: coeficiente de fricción

$\beta$ : ángulo de la V en la banda,  $10^\circ$ , 0.1745 rad

$\phi$ : ángulo de envoltura (“wrap angle”)

d: diámetro de la polea del eje roscado

h: alto de la banda

$m'$ : masa por unidad de longitud de la banda

$$\frac{P_1 - P_c}{P_2 - P_c} = e^{f\phi/\sin(\beta)} \quad (C5.1)$$

$$P_c = m'V^2 = m'w^2r^2 \quad (C5.2)$$

$$P_c = 0.16 \frac{kg}{m} \left( 87.15 \frac{rad}{seg} \right)^2 (0.0127m)^2$$

$$P_c = 0.196N$$

(Jvinall y Marshek, Fundamentals of Machine Component Design 750)

Usando el Torque T encontrado utilizando la formula C3.4 se sabe que

$$P_1 = \frac{T}{d/2 + h/2} = \frac{2T}{d + h}$$

$$P_1 = \frac{2(4 \times 10^{-2} N \cdot m)}{0.0254m + 0.005m} = 2.63 N$$

$$P_2 = \frac{P_1 - P_c}{e^{f\phi/\sin(\beta)}} + P_c$$

$$P_2 = \frac{(2.63 - 0.196)N}{e^{0.8 \times 3.03rad / \sin(0.174rad)}} + 0.196N = 1.79 N$$



## **Pruebas y Estudios (Anexo B)**

## 1.

Para realizar las pruebas de aseguramiento de ciclos de vida del componente final de carrera (FC) se construyó un banco de pruebas. Éste consiste de un circuito neumático conformado por un actuador doble efecto denotado 1.0, una válvula 5/2 bi-estable etiqueta 1.1, dos finales de carrera con etiqueta 1.03 y 1.04, dos válvulas (LA QUE REGULA CAUDAL COMO SE LLA) etiqueta 1.01 y 1.02, una válvula 3/2 con pilotaje manual y con trabado.

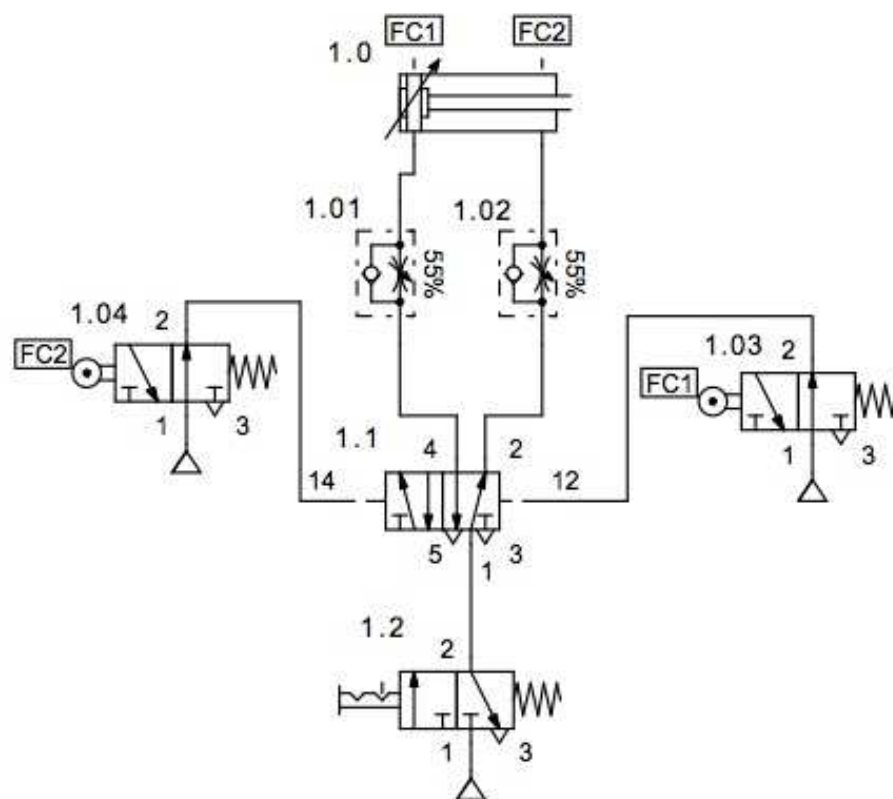


Figura B.1: Sistema neumático modelado en FluidSim Demo

## 2.

El proveedor de rodamientos SKF, muestra mediante estudio de condiciones de funcionamiento del rodamiento cual será la vida útil estimada del componente. A continuación se presenta el estudio realizado para los rodamientos instalados en la PVA.

### Vida del rodamiento

Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de este cálculo, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicho cálculo.

Véase la sección "Vida nominal SKF"

	Rodamiento	R 8
Seleccionar $\eta_c$	d [mm]	12.7
0.5	D [mm]	28.575
	C [kN]	5.4
	$P_u$ [kN]	0.1
	P [kN]	0.0149
	n [r/min]	600
	v [mm <sup>2</sup> /s]	0.4
		<input type="button" value="Calcular"/>

	$L_{10}$	> 1000000	$L_{10h}$	> 1000000	
$\kappa$	0.00967				
$v_1$	41.4				
$a_{SKF}$	0.12	$L_{10m}$	> 1000000	$L_{10mh}$	> 1000000

Método antiguo  $a_{23}$  para una comparación

$a_{23}$	0.1	$L_{10a}$	> 1000000	$L_{10ah}$	> 1000000
----------	-----	-----------	-----------	------------	-----------

Para los rodamientos lubricados con grasa, compruebe la vida de la grasa. Véase la sección "Lubricación con grasa"

Para el cálculo de dos rodamientos en un eje, consulte el programa "SKF Bearing Select"

Para calcular el factor de contaminación  $\eta_c$ , consulte el programa "SKF Bearing Select"

Figura B.2: Figura B.2: Ciclos de vida de rodamientos.

## 3.

	<b>Temperatura Motor</b> [°C]	<b>Temperatura banda</b> [°C]	<b>Velocidad</b> [rpm]
<b>0:00:00</b>	24.2	---	0
<b>0:01:17</b>	24.4	---	---
<b>0:03:37</b>	25.4	---	---
<b>0:10:47</b>	28.3	29	---
<b>0:17:20</b>	31.8	---	2735
<b>0:18:20</b>	---	30.2	---
<b>0:20:32</b>	---	---	2750
<b>0:22:41</b>	---	---	2754
<b>0:23:50</b>	32.8	---	---
<b>0:24:48</b>	---	---	2549
<b>0:28:48</b>	34.6	31.4	2752
<b>0:31:23</b>	34.6		2740
<b>0:35:03</b>	35	---	2590
<b>0:36:40</b>	35.4	---	2640
<b>0:37:45</b>	35.4	32	---
<b>0:40:09</b>	36	---	2740
<b>0:42:28</b>	36.1	---	2761

<b>0:44:42</b>	35.8	---	2759
<b>0:46:13</b>	35.9	---	2767
<b>0:48:52</b>	35.6	31.9	2761
<b>0:49:46</b>	36	---	2782

Tabla B.1: Tabla de datos, prueba ciclos de vida motor.



Figura B.3: Prueba ciclos de vida motor.

## **Mantenimiento (Anexo C)**

La nomenclatura establecida para cada una de las actividades de mantenimiento se describe a continuación:

Acción	Código
Inspección	I
Limpieza	Li
Lubricación	Lu
Calibración	Cl
Prueba	P
Ajuste	A
Cambio	Cm

Tabla C.1: Nomenclatura de actividades de mantenimiento.

El plan de mantenimiento que se deberá seguir en la PVA, para mantener un funcionamiento adecuado de sus componentes y que el óptimo desempeño de los mismos es el siguiente:

Plan de Mantenimiento									
	Parte	Cant.	Código	Ciclos					
				250	1000	2000	5000	10000	20000
<b>Electrónico</b>	PLC	1	E-plc1	P					Cl
	Finales de Carrera	2	E-fnc1/2	P				Cm	
	Pulsador de encendido	1	E-bot1	P					Cm
	Pulsador de parada	1	E-bot2	P					Cm
	Interruptor cambio de estado (Mantenimiento u operación)	1	E-intr1	P					Cm
	Pistola de Codificación	1	E-pis1	Li	P				Cm
	Servo Motor	1	E-ser1	P					Cm
	Sensor Inductivo	1	E-sen1	Li	P/C/A				Cm
<b>Estanterías</b>	Estantería Superior	1	SbA-stk1	I		Li			

	Estantería Inferior	1	SbA-stk2	I		Li				
	Soporte Central	1	SbA-spt1	I		Li				
<b>Interacción Humana</b>	Pantalla Táctil	1	IHpta1	P/Li	Cl					
<b>Mecanismo de Despacho</b>	Banda	1	DmP-ban1	I		Cm				
	C-clips	2	DmP-clp1		I	Lu				
	Chumacera del eje roscado	2	DmP-chu1		I	Lu				
	Eje guía	2	DmP-ejg1		I	Lu				
	Eje roscado	1	DmP-ejr1		I	Lu		Cm		
	Motor VDC	1	DmP-mot1	I				Cm		
	Polea del eje roscado	1	DmP-pol1		I			Cm		
	Polea del motor	1	DmP-pol2		I			Cm		
	Rodamiento de Chumacera	2	DmP-rod		I	Lu			Cm	
	Perno de motor	2	DmP-per1		A					
	Perno de chumacera	8	DmP-per2		A					
	Perno prisionero de polea motor	1	DmP-per3		A					
	Perno prisionero de polea eje roscado	1	DmP-per4		A					
	Perno prisionero de chumacera	2	DmP-per5		A					
	Tuerca de anclaje motor	2	DmP-trc1		A					
	Tuerca de anclaje chumacera	8	DmP-trc2		A					
	U estructural motor	1	DmP-ust1				Li			
	U estructural apoyo	1	DmP-ust2				Li			
	<b>Coche de Desplazamiento</b>	Placa base	1	DcH-plk1		I	Li			
		Rodamiento Lineal para Guía	2	DcH-rod1		I	Lu		Cm	
Tuerca del eje roscado (para desplazamiento)		1	DcH-trc1		I	Lu		Cm		
<b>Mecanismo Cobranza</b>	Módulo de Cobranza	1	Cl	P	Li					
<b>Base de Sensores</b>	Placa base	1	DbS-plk1		I	A				
	Placa formada	1	DbS-plk2		I	A				

Tabla C.2: Acciones mantenimiento preventivo



Los costos de repuestos que implicaría el mantenimiento preventivo aplicado serán:

Plan de Mantenimiento. Costo Mano de Obra								
	Parte	Cant.	Código					
				2000	5000	10000	20000	
<b>Electrónico</b>	PLC	1	E-plc1					
	Finales de Carrera	2	E-fnc1/2			4,00		
	Pulsador de encendido	1	E-bot1				3,00	
	Pulsador de parada	1	E-bot2				3,00	
	Interruptor cambio de estado (Mantenimiento u operación)	1	E-intr1				3,19	
	Pistola de Codificación	1	E-pis1				78,40	
	Servo Motor	1	E-ser1				31,00	
	Sensor Inductivo	1	E-sen1				39,00	
<b>Estanterías</b>	Estantería Superior	1	SbA-stk1					
	Estantería Inferior	1	SbA-stk2					
	Soporte Central	1	SbA-spt1					
<b>Interacción Humana</b>	Pantalla Táctil	1	IHpta1					
<b>Mecanismo de Despacho</b>	<b>Módulo de Posicionamiento</b>	Banda	1	DmP-ban1	1,00			
		C-clips	2	DmP-clp1				
		Chumacera del eje roscado	2	DmP-chu1				
		Eje guía	2	DmP-ejg1				
		Eje roscado	1	DmP-ejr1			7,80	
		Motor VDC	1	DmP-mot1			35,00	
		Polea del eje roscado	1	DmP-pol1			2,50	
		Polea del motor	1	DmP-pol2			2,50	
		Rodamiento de Chumacera	2	DmP-rod				30,00
		Perno de motor	2	DmP-per1				
		Perno de chumacera	8	DmP-per2				
		Perno prisionero de polea motor	1	DmP-per3				

		Perno prisionero de polea eje roscado	1	DmP-per4				
		Perno prisionero de chumacera	2	DmP-per5				
		Tuerca de anclaje motor	2	DmP-trc1				
		Tuerca de anclaje chumacera	8	DmP-trc2				
		U estructural motor	1	DmP-ust1				
		U estructural apoyo	1	DmP-ust2				
	<b>Coche de Desplazamiento</b>	Placa base	1	DcH-plk1				
		Rodamiento Lineal para Guía	2	DcH-rod1				40,00
		Tuerca del eje roscado (para desplazamiento) ½ " -13(ANSI B18.2.2)	1	DcH-trc1			0,25	
	<b>Mecanismo Cobranza</b>	Módulo de Cobranza	1	C1				
	<b>Base de Sensores</b>	Placa base	1	DbS-plk1				
		Placa formada	1	DbS-plk2				
		<b>Total</b>			\$ 1	\$ 0	\$ 52,05	\$ 227,59

Tabla C.3: Costos de repuestos mantenimiento preventivo

La tabla a continuación muestra el tiempo estimado para cada actividad, el costo que implica cada una de ellas y costos totales que implicará el mantenimiento durante 20000 ciclos de vida.

<b>Acción</b>	<b>Código</b>	<b>t (min)</b>	<b>t (h)</b>
<b>Inspección</b>	I	5	0,08
<b>Limpieza</b>	Li	5	0,08
<b>Lubricación</b>	Lu	10	0,17
<b>Calibración</b>	Cl	15	0,25
<b>Prueba</b>	P	5	0,08
<b>Ajuste</b>	A	10	0,17

<b>Cambio</b>	Cm	30	0,50
<b>Varios</b>	P/C/A	30	0,50
<b>Varios</b>	P/Li	10	0,17

Tabla C.4: Costos de acciones realizadas para mantenimiento.

	<b>Costo</b>	<b>C/hora</b>
<b>mano de obra</b>	300	1,875

Tabla C.5: Costo mensual operador

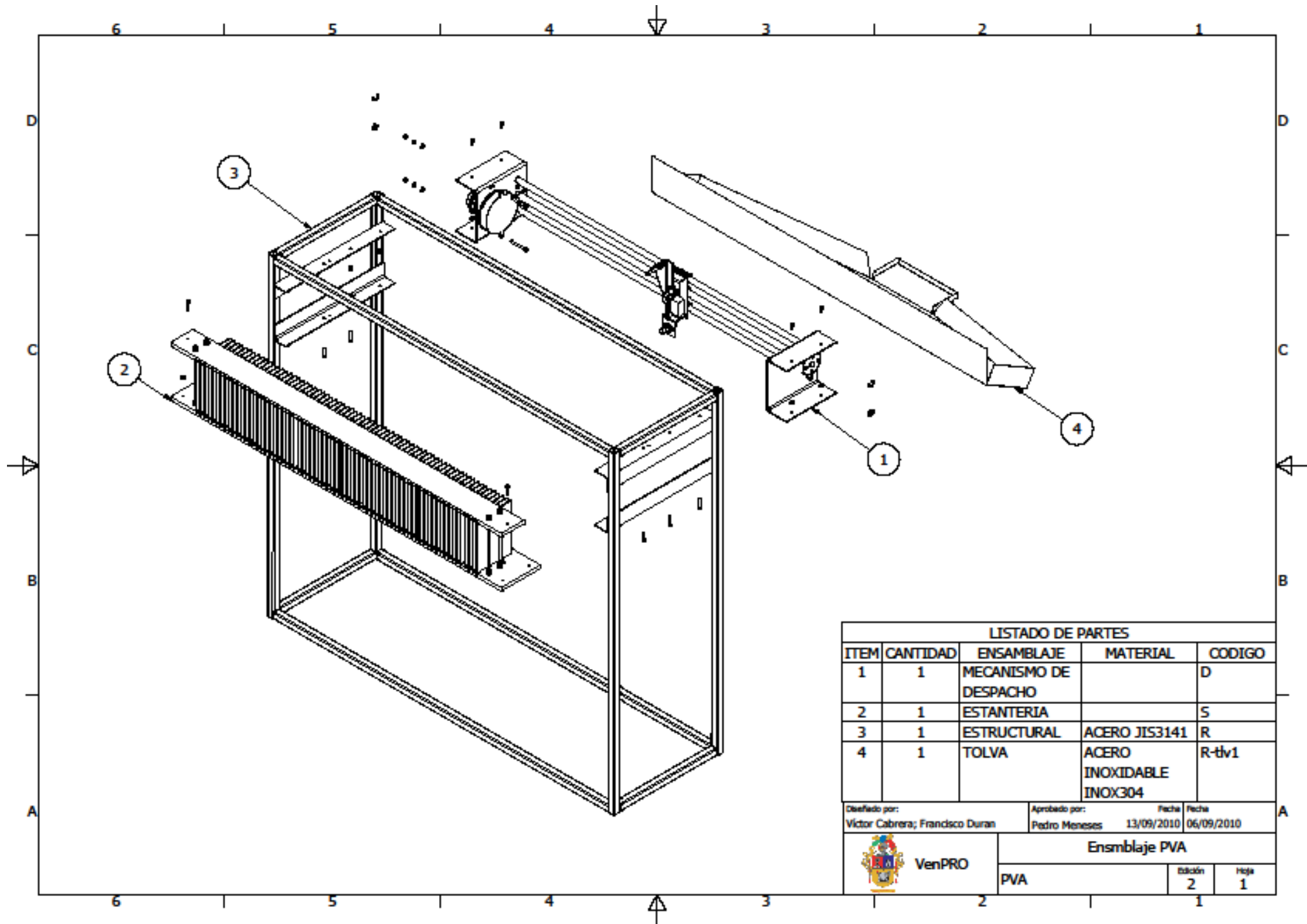
<b>Plan de Mantenimiento. Costo Mano de Obra</b>									
	<b>Parte</b>	<b>Cant.</b>	<b>Código</b>	<b>Ciclos</b>					
				<b>250</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>5000</b>	<b>10000</b>	
<b>Electrónico</b>	PLC	1	E-plc1	0,08					0,25
	Finales de Carrera	2	E-fnc1/2	0,08				0,50	
	Pulsador de encendido	1	E-bot1	0,08					0,50
	Pulsador de parada	1	E-bot2	0,08					0,50
	Interruptor cambio de estado (Mantenimiento u operación)	1	E-intr1	0,08					0,50
	Pistola de Codificación	1	E-pis1	0,08	0,08				0,50
	Servo Motor	1	E-ser1	0,08					0,50
	Sensor Inductivo	1	E-sen1	0,08	0,50				0,50
<b>Estanterías</b>	Estantería Superior	1	SbA-stk1	0,08		0,08			
	Estantería Inferior	1	SbA-stk2	0,08		0,08			
	Soporte Central	1	SbA-spt1	0,08		0,08			
<b>Interacción Humana</b>	Pantalla Táctil	1	IHp1	0,17	0,25				
<b>Módulo de Posicionamiento</b>	Banda	1	DmP-ban1	0,08		0,50			
	C-clips	2	DmP-clp1		0,08	0,17			
	Chumacera del eje roscado	2	DmP-chu1		0,08	0,17			
	Eje guía	2	DmP-ejg1		0,08	0,17			

	Eje roscado	1	DmP-ejr1		0,08	0,17		0,50		
	Motor VDC	1	DmP-mot1	0,08				0,50		
	Polea del eje roscado	1	DmP-pol1		0,08			0,50		
	Polea del motor	1	DmP-pol2		0,08			0,50		
	Rodamiento de Chumacera	2	DmP-rod		0,08	0,17			0,50	
	Perno de motor	2	DmP-per1		0,17					
	Perno de chumacera	8	DmP-per2		0,17					
	Perno prisionero de polea motor	1	DmP-per3		0,17					
	Perno prisionero de polea eje roscado	1	DmP-per4		0,17					
	Perno prisionero de chumacera	2	DmP-per5		0,17					
	Tuerca de anclaje motor	2	DmP-trc1		0,17					
	Tuerca de anclaje chumacera	8	DmP-trc2		0,17					
	U estructural motor	1	DmP-ust1				0,08			
	U estructural apoyo	1	DmP-ust2				0,08			
<b>Coche de Desplazamiento</b>	Placa base	1	DcH-plk1		0,08		0,08			
	Rodamiento Lineal para Guía	2	DcH-rod1		0,08	0,17			0,50	
	Tuerca del eje roscado (para desplazamiento)	1	DcH-trc1		0,08	0,17		0,50		
<b>Mecanismo Cobranza</b>	Módulo de Cobranza	1	C1	0,08	0,08					
<b>Base de Sensores</b>	Placa base	1	DbS-plk1		0,08	0,17				
	Placa formada	1	DbS-plk2		0,08	0,17				
<b>Total de horas de trabajo:</b>					1,33	3,08	2,25	0,25	3,00	4,25
<b>Costo de mano de obra:</b>					\$ 2,50	\$ 5,78	\$ 4,22	\$ 0,47	\$ 5,63	\$ 7,97
<b>Costo de repuestos:</b>					\$ 0	\$ 0	\$ 1,00	\$ 0,00	\$ 52,05	\$ 228
<b>Costo Sesión de mantenimiento:</b>					\$ 2,50	\$ 5,78	\$ 5	\$ 0,47	\$ 57,68	\$ 236
<b>Total Ciclo de Vida:</b>					\$ 200	\$ 116	\$ 62	\$ 2	\$ 219	\$ 463
<b>Total Final:</b>				<b>\$ 1.062</b>						
<b>Costo por ciclo</b>				<b>\$ 0,05</b>						

Tabla C.6: Costo de mantenimiento por ciclo de vida, incluye repuestos y mano de obra.

## **Planos (Anexo D)**

**PVA**



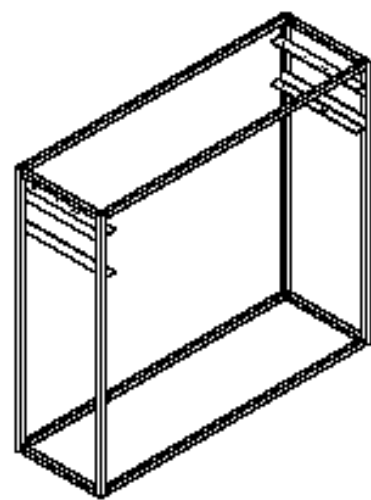
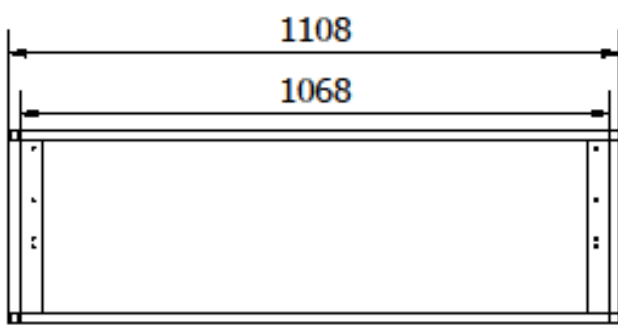
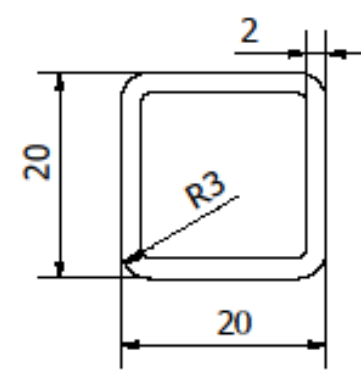
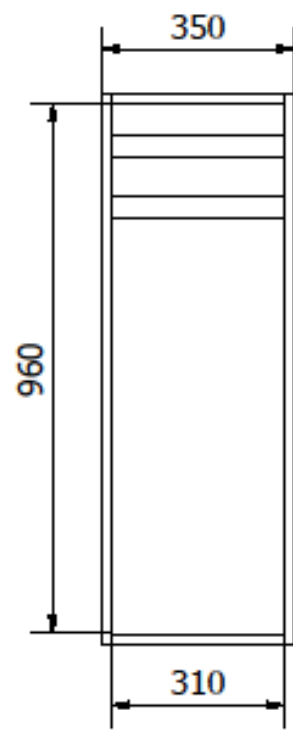
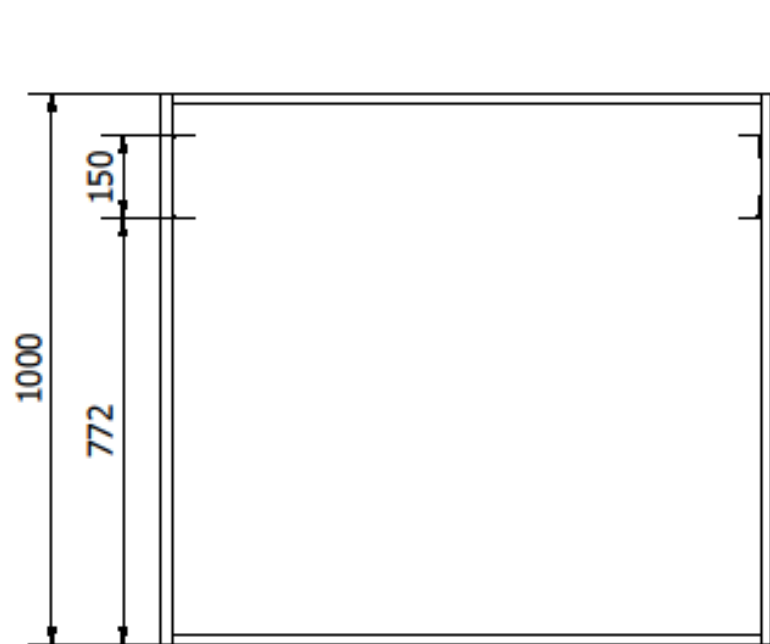
LISTADO DE PARTES				
ITEM	CANTIDAD	ENSAMBLAJE	MATERIAL	CODIGO
1	1	MECANISMO DE DESPACHO		D
2	1	ESTANTERIA		S
3	1	ESTRUCTURAL	ACERO JIS3141	R
4	1	TOLVA	ACERO INOXIDABLE INOX304	R-tlv1


Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Durán	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha: 13/09/2010	Fecha: 06/09/2010
--	--------------------------------	----------------------	----------------------

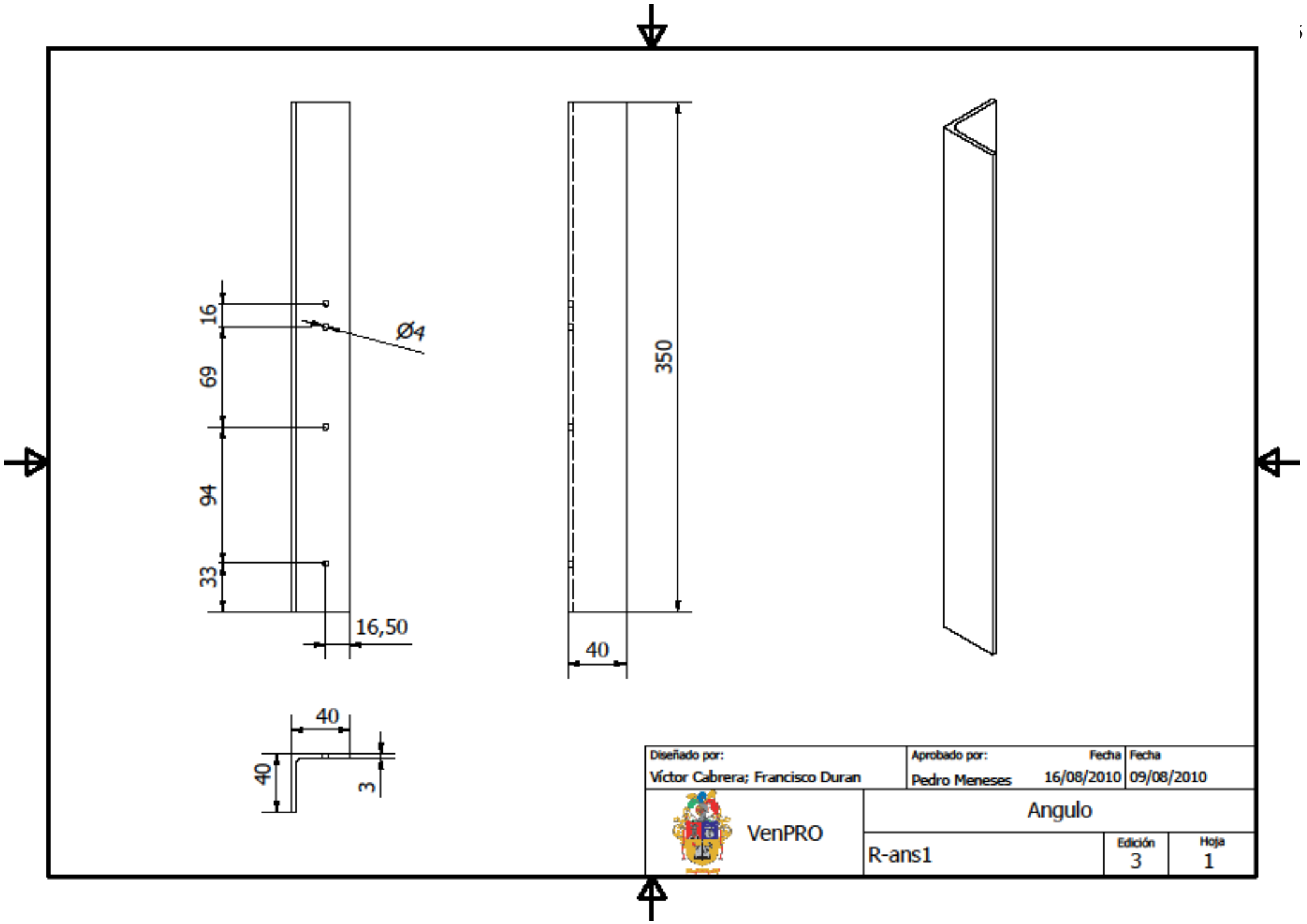
 <b>VenPRO</b>	<b>Ensamblaje PVA</b>		
	PVA	Edición <b>2</b>	Hoja <b>1</b>


## **Estructural (E)**

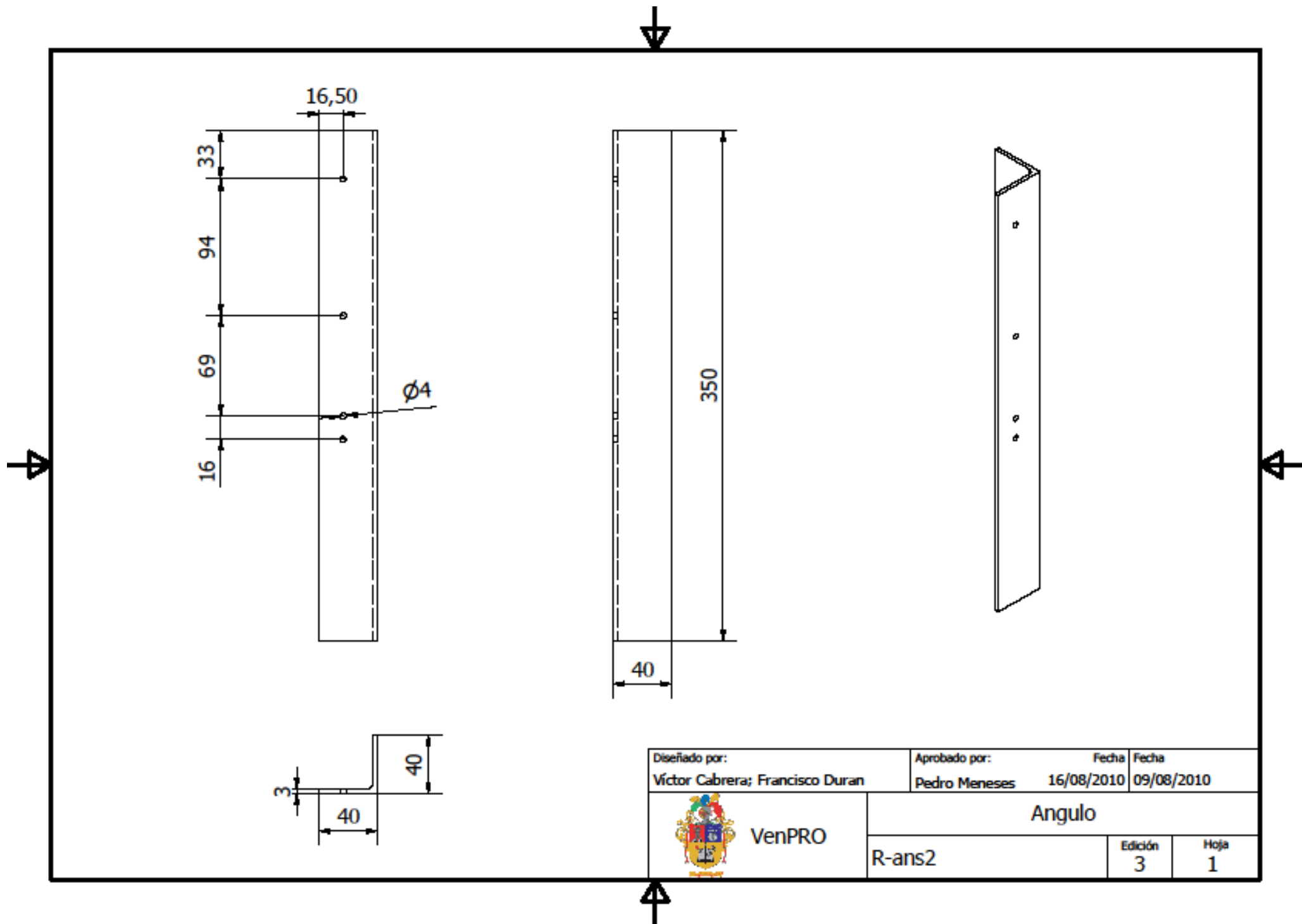




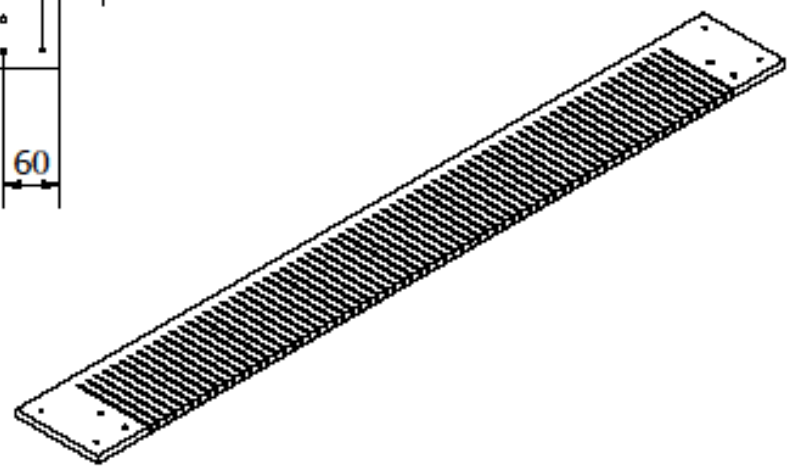
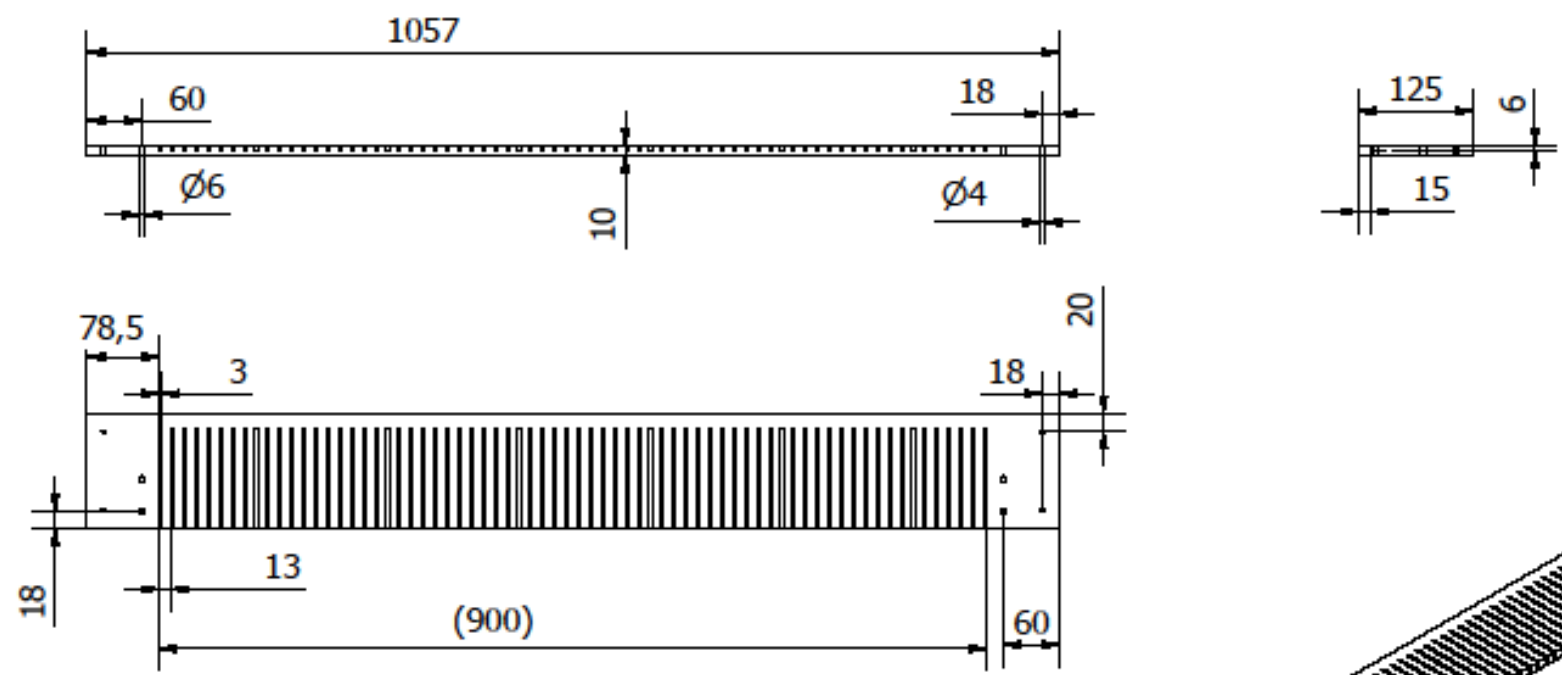
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 23/08/2010	Fecha 16/08/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Bastidor</b>		
	R-str1	Edición 2	Hoja 1




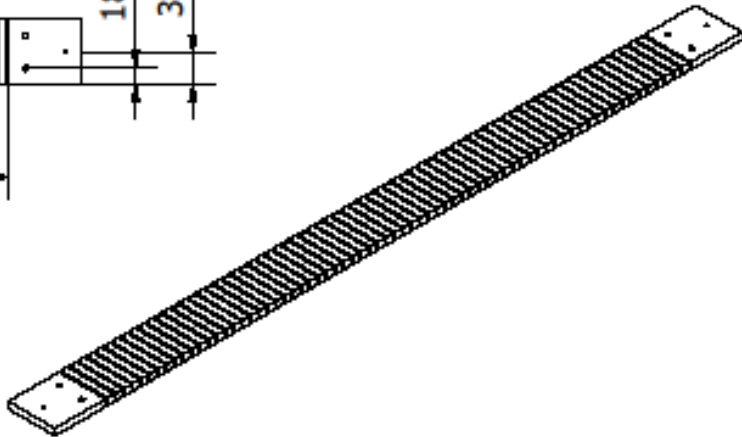
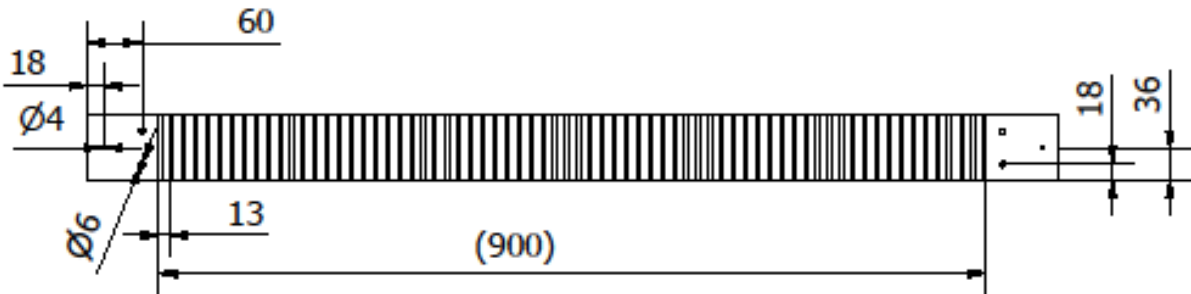
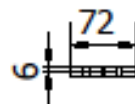
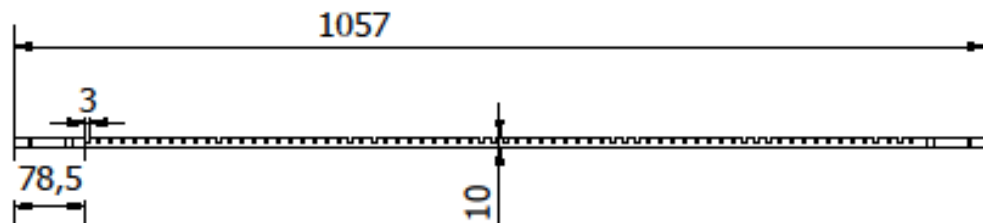
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 16/08/2010	Fecha 09/08/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Angulo</b>		
	R-ans1	Edición 3	Hoja 1




## **Estantería (S)**

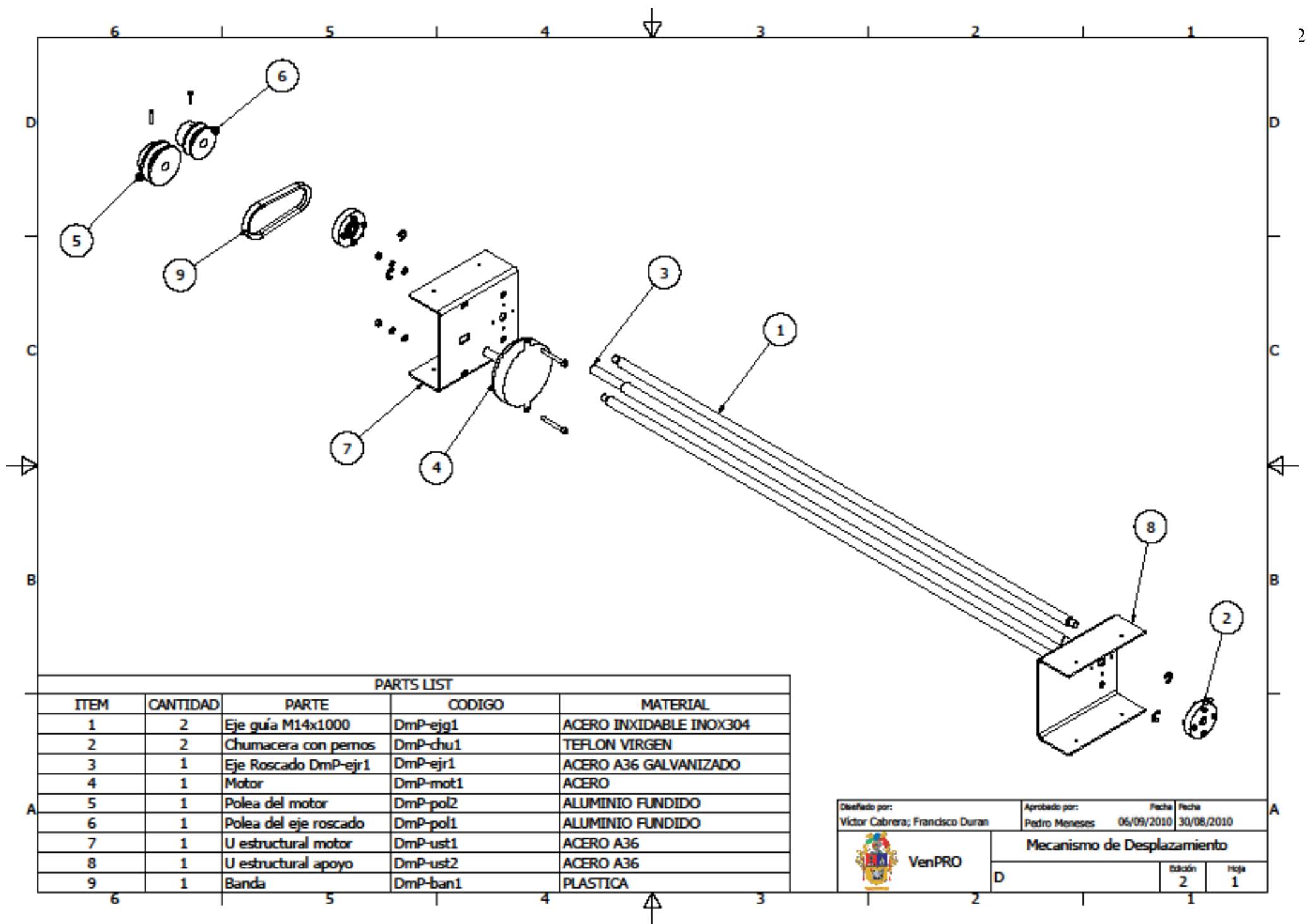


Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 05/07/2010	Fecha 12/07/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Estanteria inferior</b>		
	SbA-stk2c.ipt	Edición 3	Hoja 1




Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 12/07/2010	Fecha 05/07/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Estanteria Superior</b>		
	SbA-stk1c	Edición 3	Hoja 1

## **Mecanismo de Desplazamiento (DmP)**



PARTS LIST

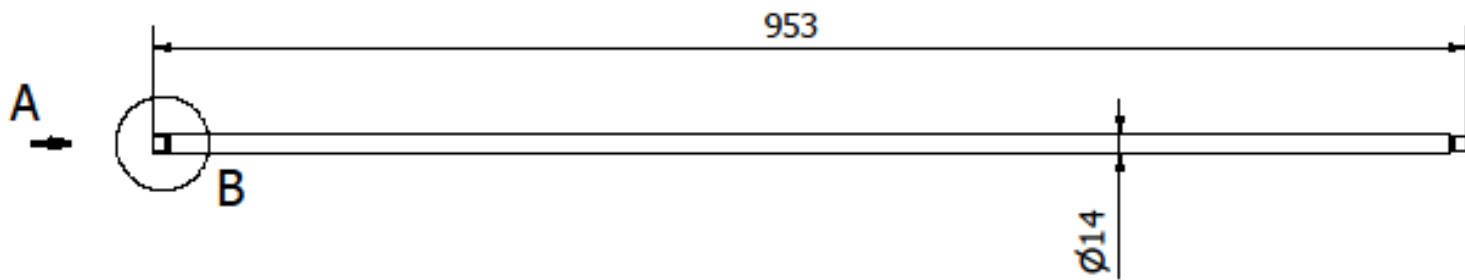
ITEM	CANTIDAD	PARTE	CODIGO	MATERIAL
1	2	Eje guía M14x1000	DmP-ejg1	ACERO INOXIDABLE INOX304
2	2	Chumacera con pernos	DmP-chu1	TEFLON VIRGEN
3	1	Eje Roscado DmP-ejr1	DmP-ejr1	ACERO A36 GALVANIZADO
4	1	Motor	DmP-mot1	ACERO
5	1	Polea del motor	DmP-pol2	ALUMINIO FUNDIDO
6	1	Polea del eje roscado	DmP-pol1	ALUMINIO FUNDIDO
7	1	U estructural motor	DmP-ust1	ACERO A36
8	1	U estructural apoyo	DmP-ust2	ACERO A36
9	1	Banda	DmP-ban1	PLASTICA

Diseñado por: Victor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha: 06/09/2010	Fecha: 30/08/2010
 <b>VenPRO</b>		<b>Mecanismo de Desplazamiento</b>	
		Edición: <b>2</b> Hoja: <b>1</b>	





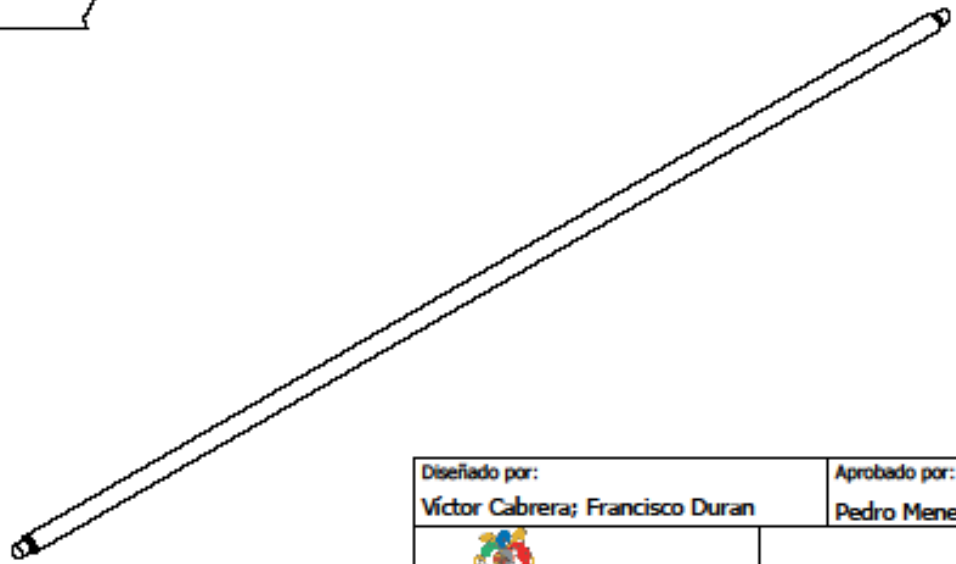
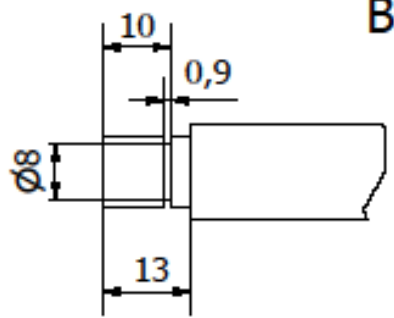
3




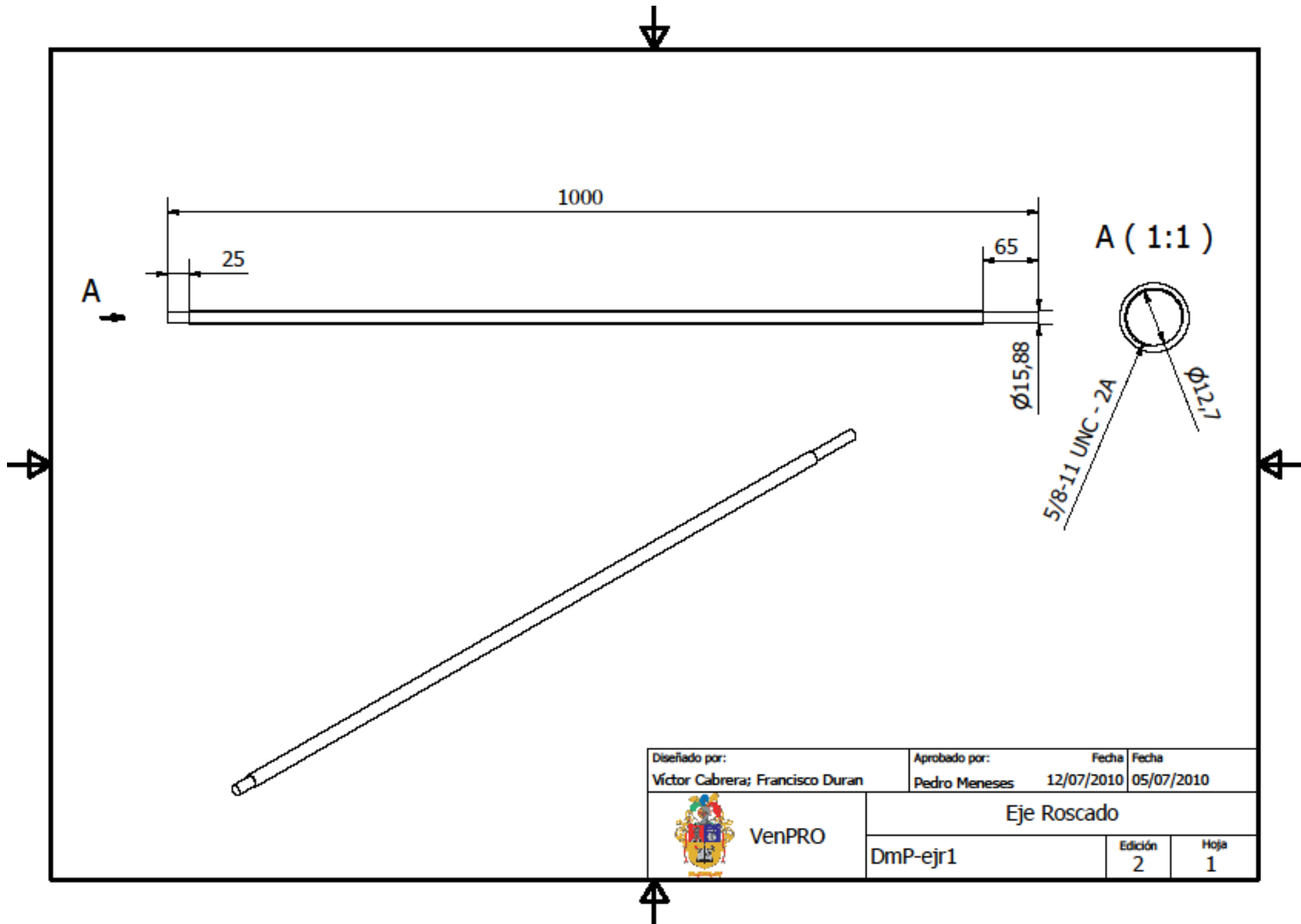
A ( 1:1 )




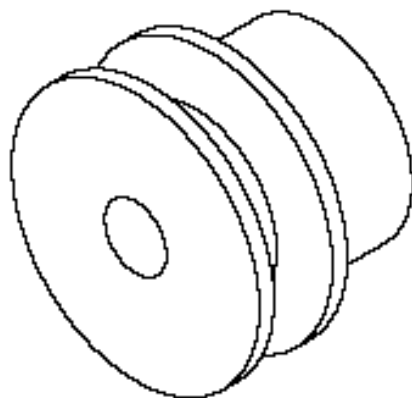
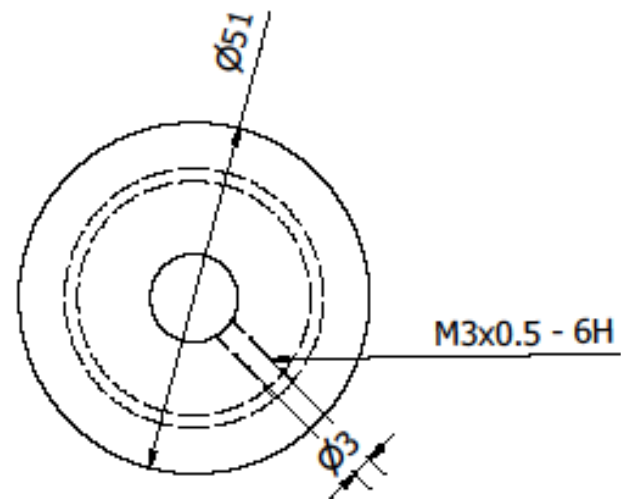
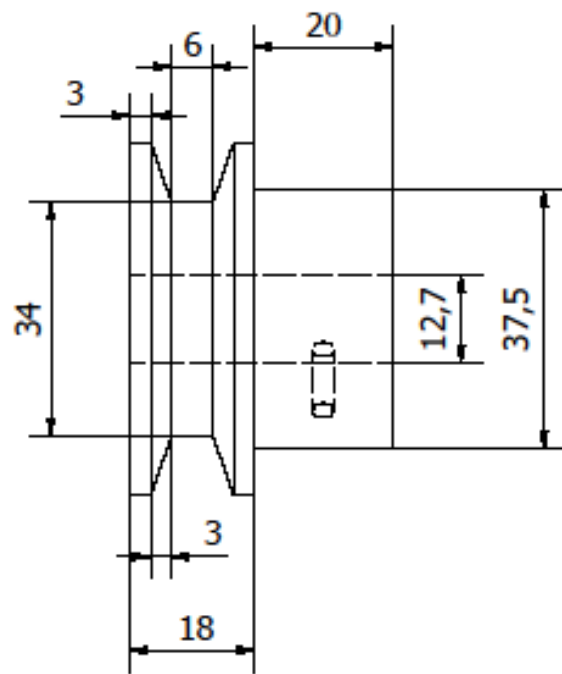
B ( 1:1 )




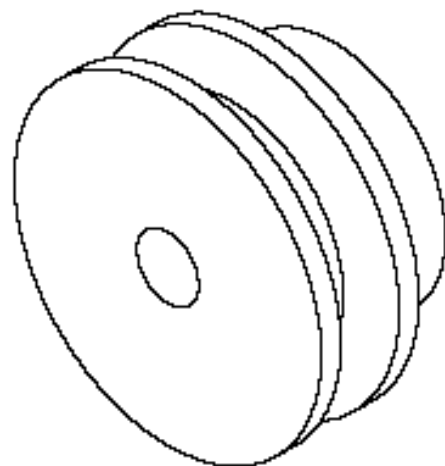
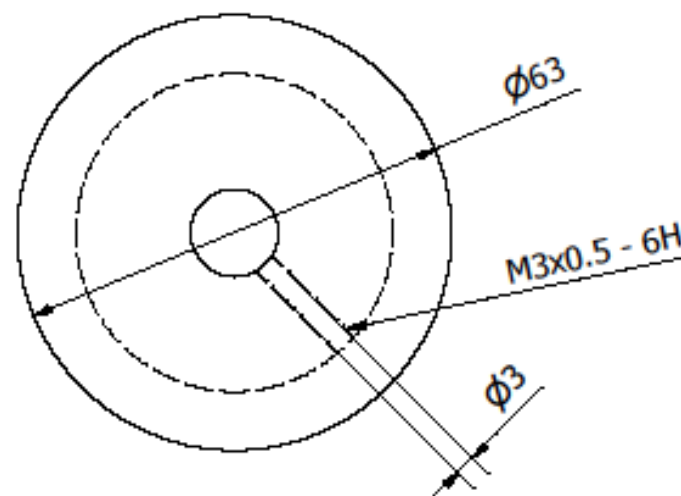
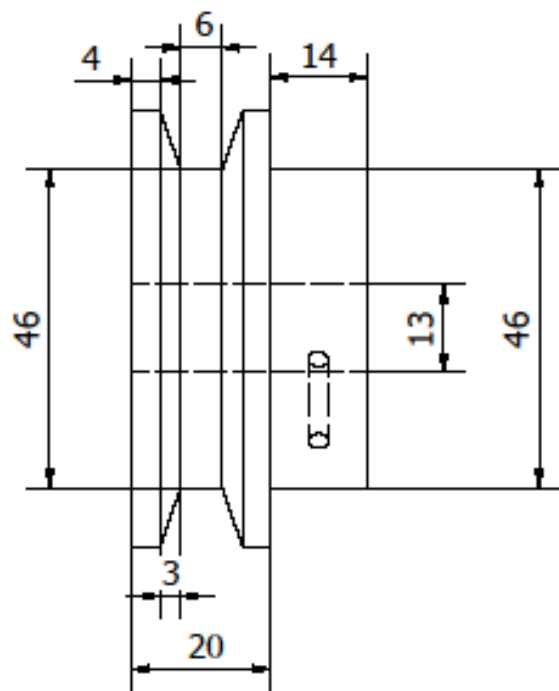
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran		Aprobado por: Pedro Meneses		Fecha 16/08/2010	Fecha 09/08/2010
 VenPRO	Eje Guía				
	DmP-ejg1b	Edición 2	Hoja 1		




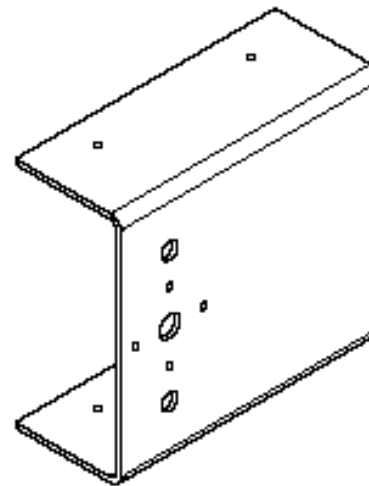
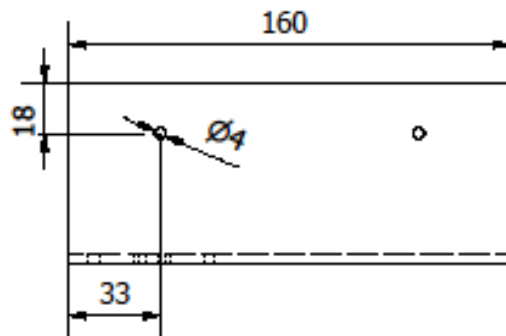
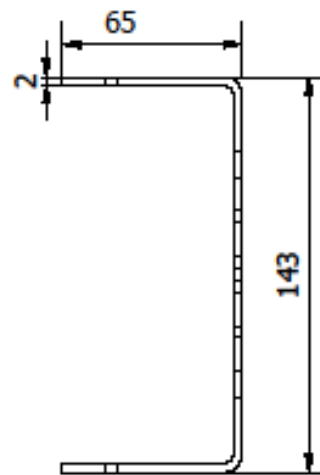
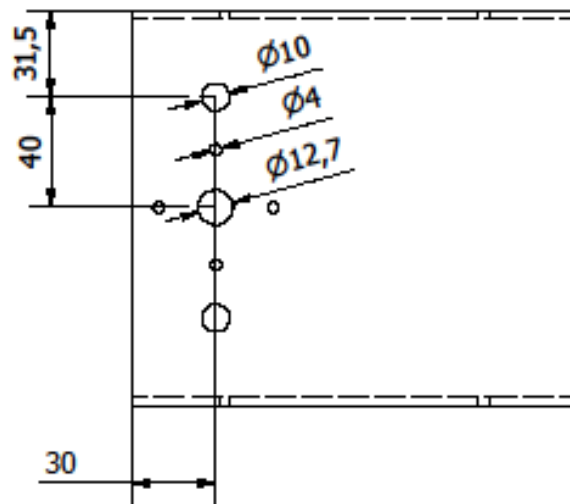
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 12/07/2010	Fecha 05/07/2010
 VenPRO	Eje Roscado		
	DmP-ejr1	Edición 2	Hoja 1




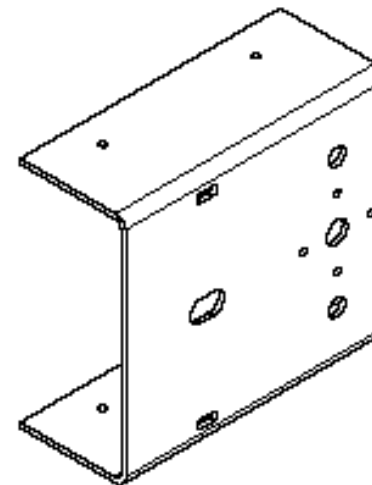
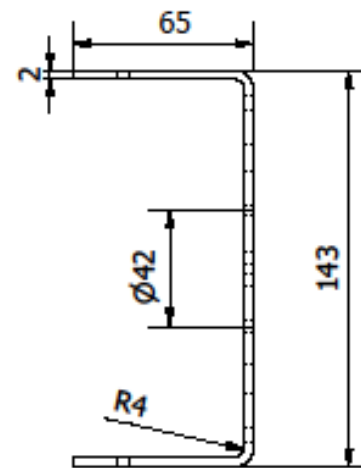
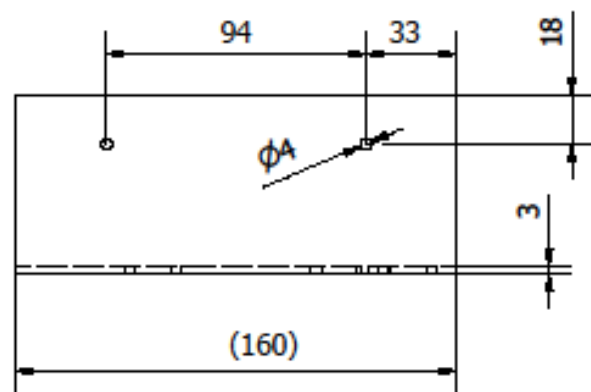
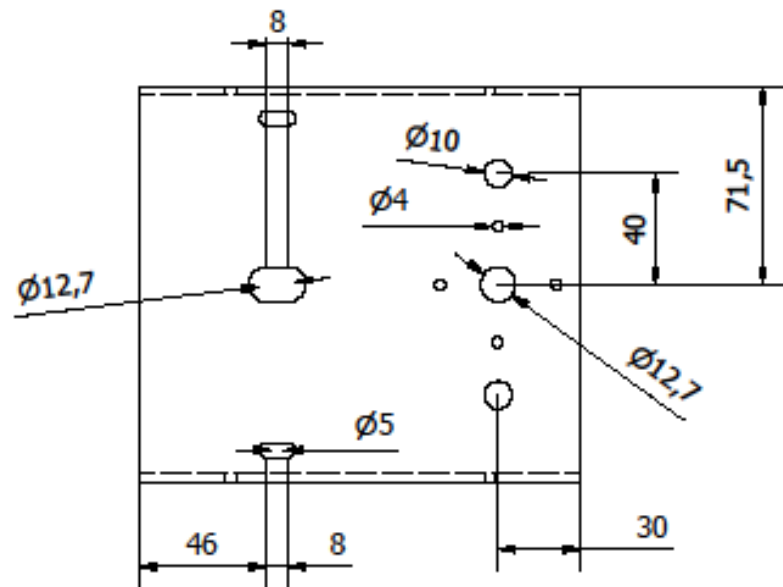
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 28/06/2010	Fecha 21/06/2010
 <b>VenPRO</b>	Polea eje roscado		
	DmP-pol1	Edición 1	Hoja 1




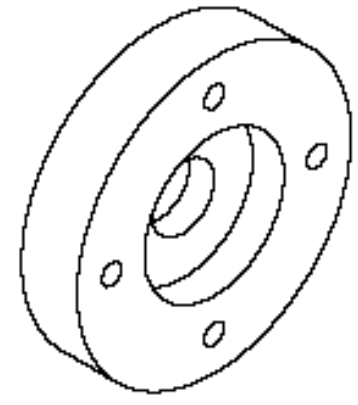
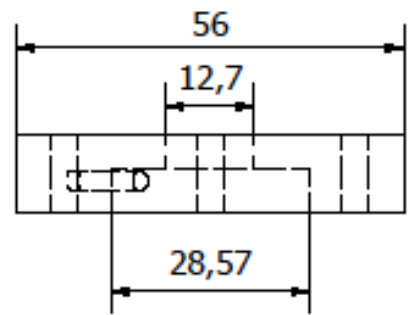
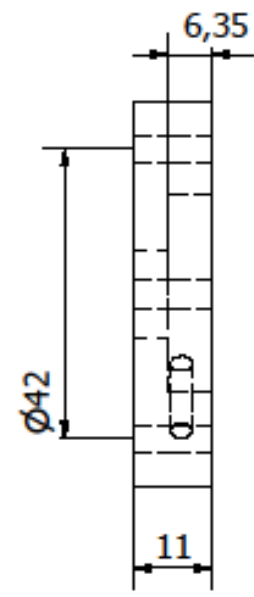
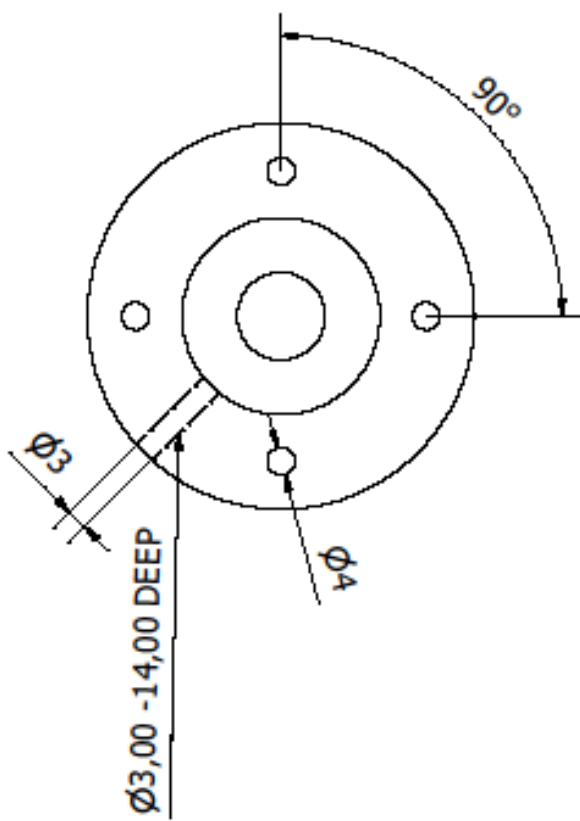
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 28/06/2010	Fecha 21/06/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Polea motor</b>		
	DmP-pol2	Edición 2	Hoja 1




Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 23/08/2010	Fecha 16/08/2010
 VenPRO	U estructural perforada		
	DmP-ust1b	Edición 3	Hoja 1



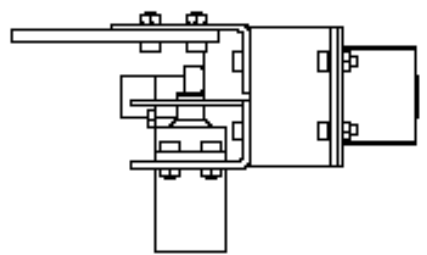
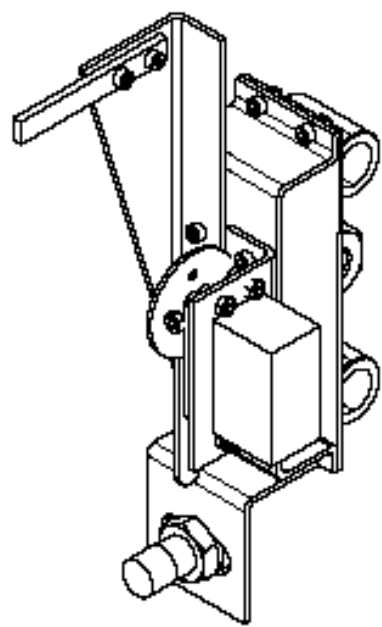
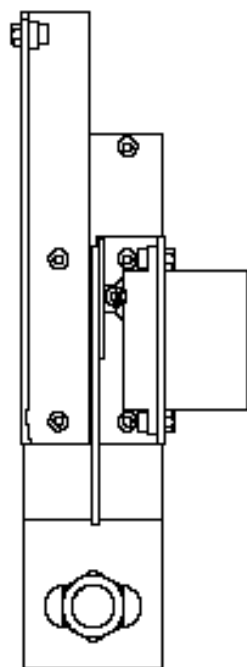
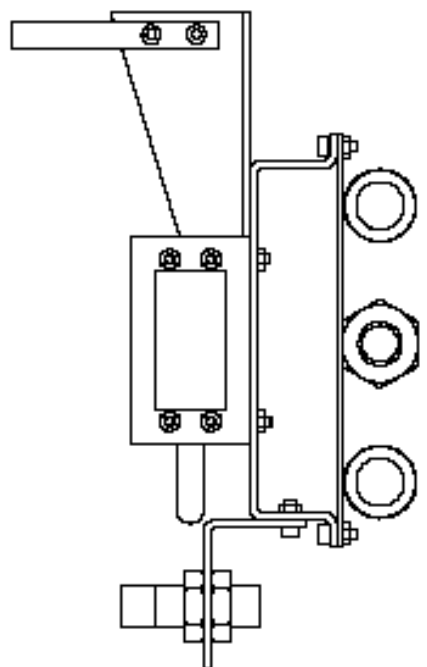
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 23/08/2010	Fecha 16/08/2010
 VenPRO	U estructural perforada		
	DmP-ust2b	Edición 3	Hoja 1




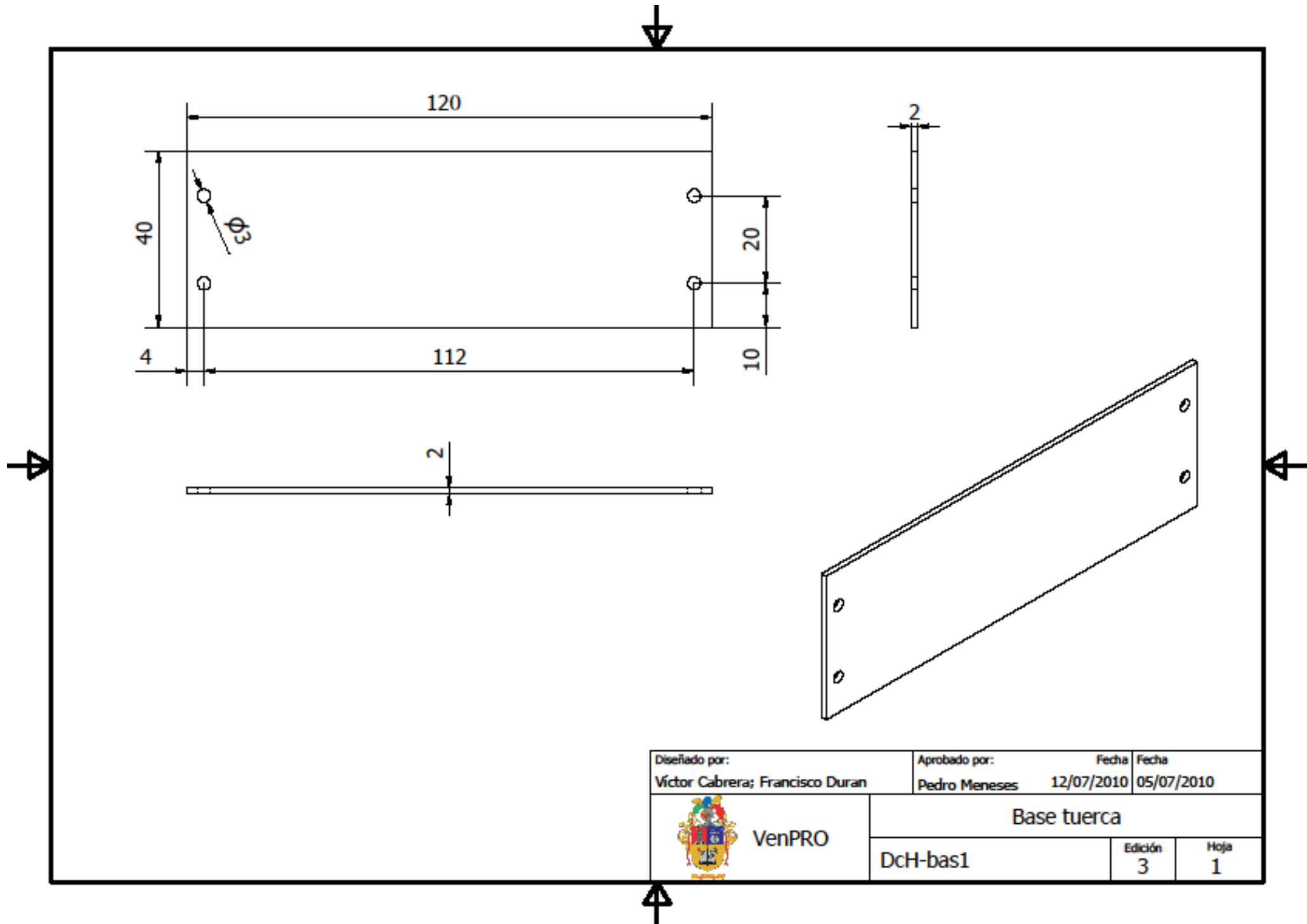
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 16/08/2010	Fecha 09/08/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Chumacera</b>		
	Dmp-chu1	Edición 3	Hoja 1


## **Coche de Desplazamiento (DcH)**

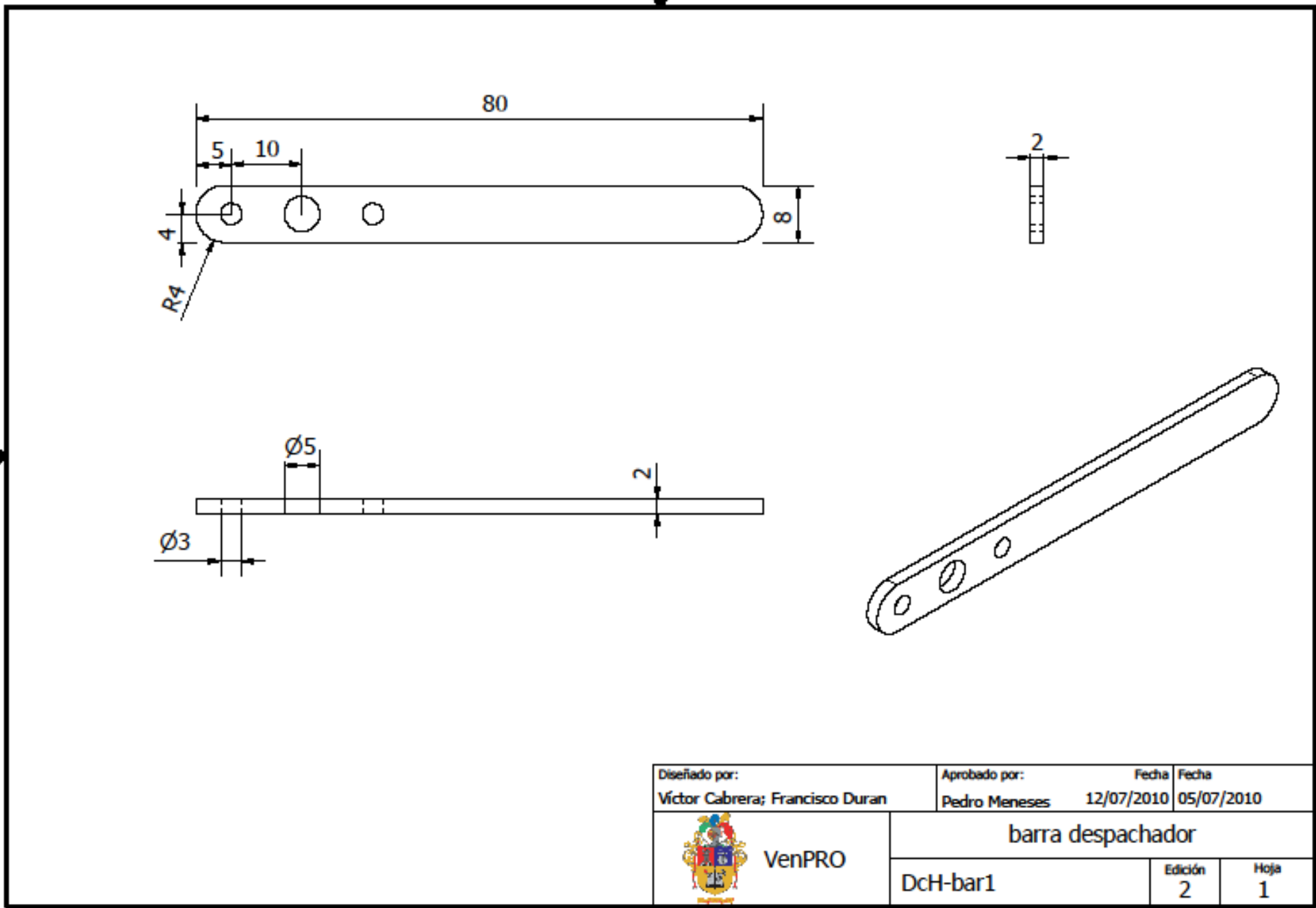





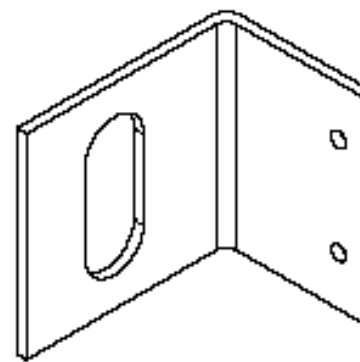
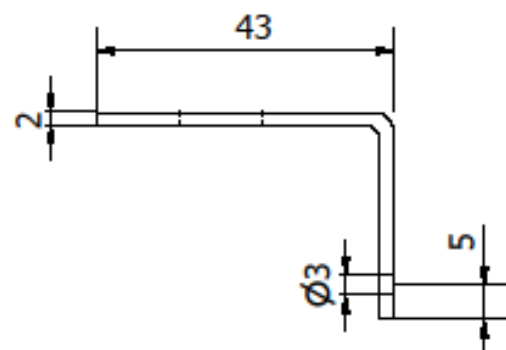
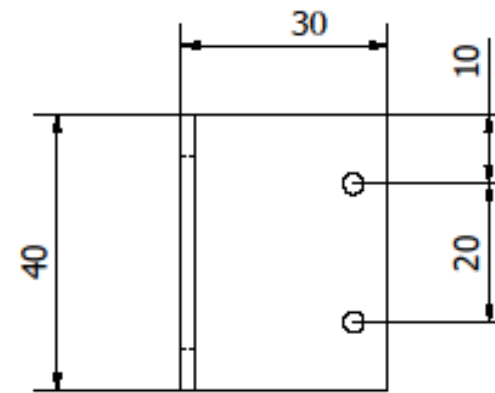
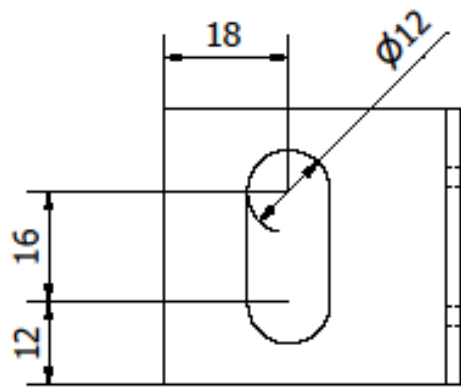
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 09/08/2010	Fecha 02/08/2010
 VenPRO	Coche de Desplazamiento		
	DcH	Edición 4	Hoja 1




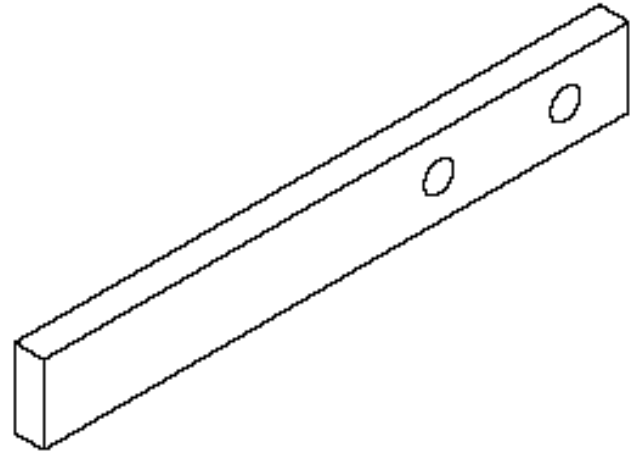
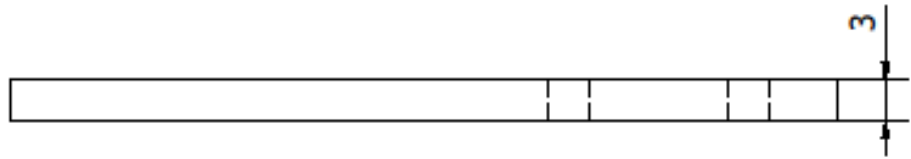
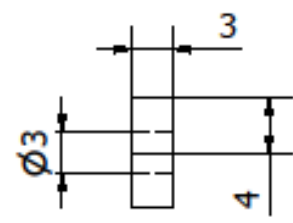
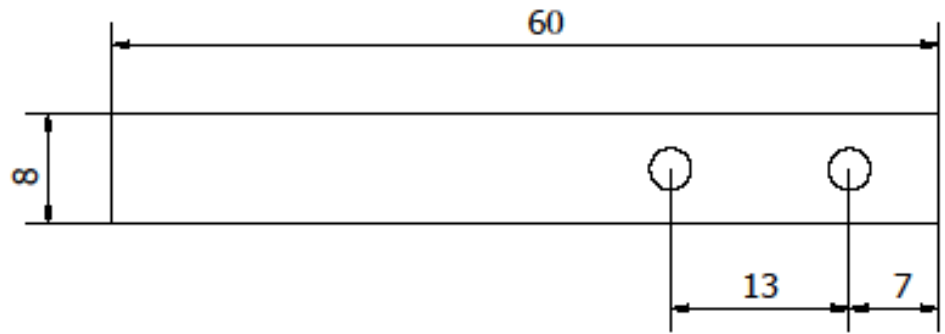
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 12/07/2010	Fecha 05/07/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>Base tuerca</b>		
	DcH-bas1	Edición 3	Hoja 1




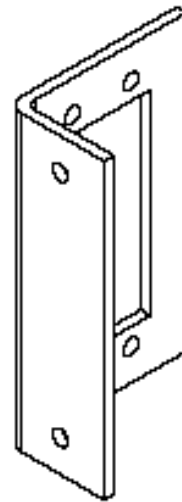
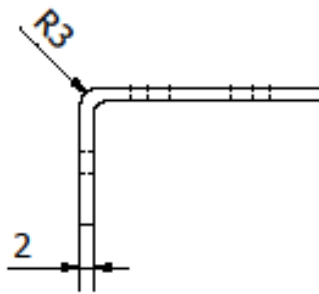
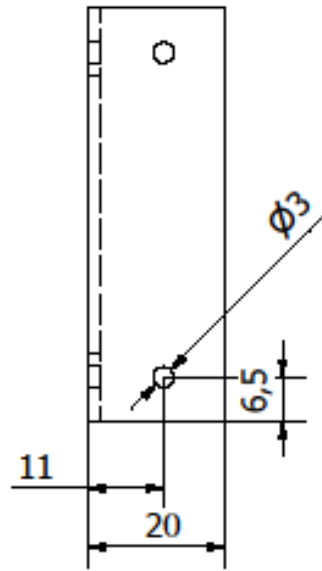
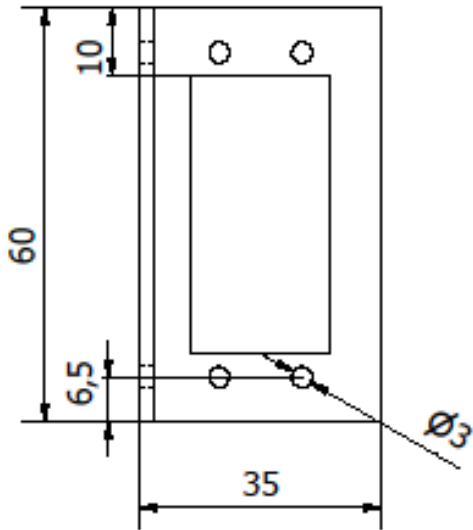
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran	Aprobado por: Pedro Meneses	Fecha 12/07/2010	Fecha 05/07/2010
 <b>VenPRO</b>	<b>barra despachador</b>		
	DcH-bar1	Edición 2	Hoja 1




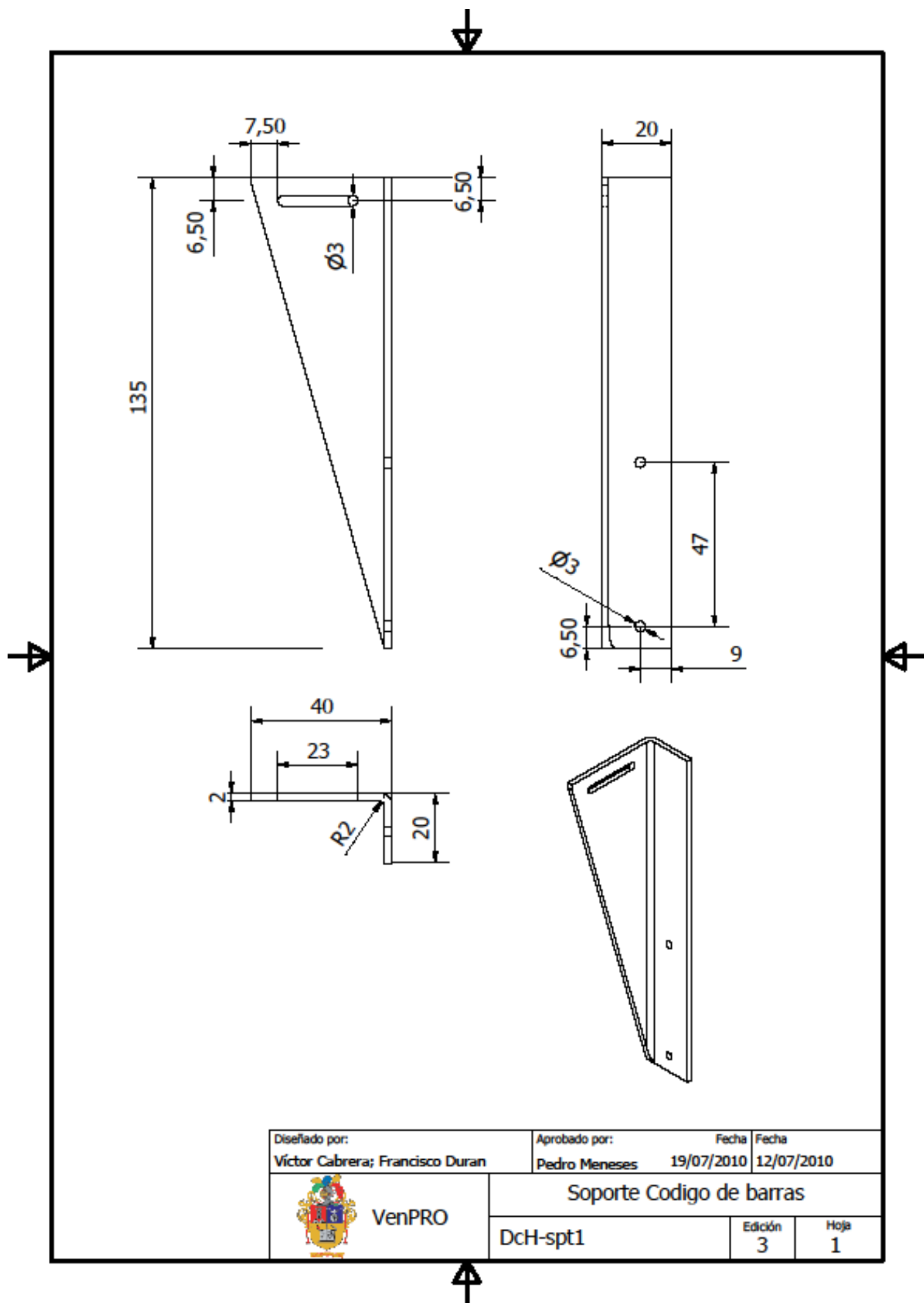
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran		Aprobado por: Pedro Meneses		Fecha 26/07/2010	Fecha 19/07/2010
 VenPRO	Soporte sensor inductivo				
	DcH-spt3			Edición 3	Hoja 1




Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran		Aprobado por: Pedro Meneses		Fecha 30/07/2010	Fecha 26/07/2010
 VenPRO	Viga codigo barras				
	DcH-vig1	Edición 2	Hoja 1		



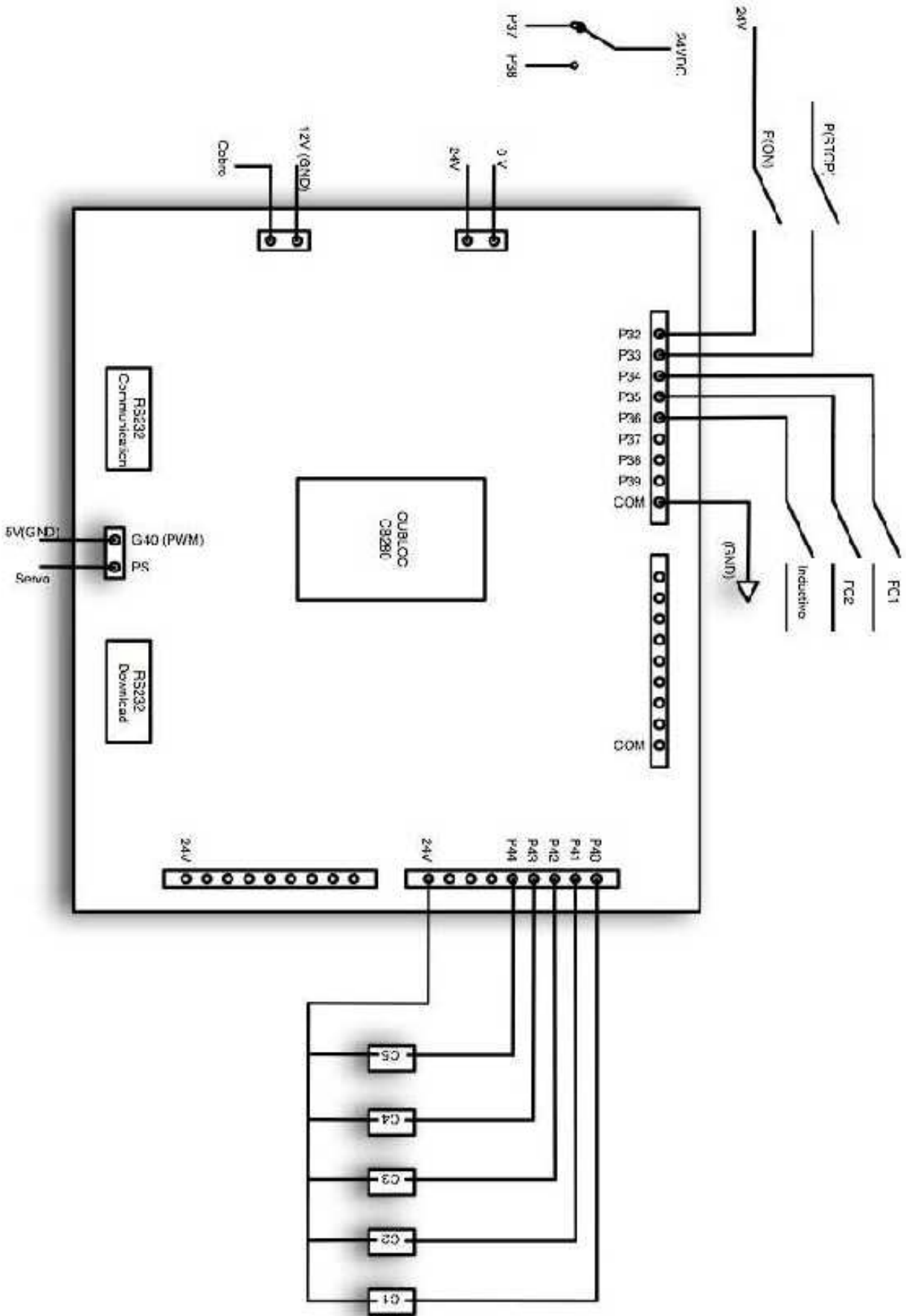
Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran		Aprobado por: Pedro Meneses		Fecha 19/07/2010	Fecha 12/07/2010
 VenPRO	Soporte servo				
	DcH-spt2			Edición 2	Hoja 1



Diseñado por: Víctor Cabrera; Francisco Duran		Aprobado por: Pedro Meneses		Fecha 19/07/2010	Fecha 12/07/2010
 <b>VenPRO</b>		<b>SoporteCodigo de barras</b>			
		DcH-spt1		Edición 3	Hoja 1

## **Programación (Anexo E)**





```

Const Device = CB280
Ramclear

'Set Debug Off
VERIFICACION HACIA UNA LAPTOP.
Set Ladder On
''APERTURA DE PUERTO PANTALLA LCD

Set llcd 1
Opencom 1,115200,3,80,180

''ACTIVACION DE ENTRADAS Y SALIDAS

Usepin 32,In,Onoff
Usepin 33,In,Stop
Usepin 34,In,Fc1
Usepin 35,In,Fc2
Usepin 36,In,Senalsensor
Usepin 40,Out,Motora
Usepin 41,Out,Motorr
Usepin 42,Out,Sensor
Usepin 43,Out,Servo
Usepin 44,Out,Cobro

''DEFINION DE VARIABLES

Dim LCD(12) As Byte
Dim D(12) As Byte
Dim A As String
Dim B As String
Dim C As String
Dim P As String
Dim Pistola As Long
Dim X As Long
Dim CICLO As Long
Dim Y As Long
Dim C1 As Long
Dim C2 As Long
Dim C3 As Long
DimCodigo_Producto As Long
Dim Senal_moneda As Long

''APERTURA DE PUERTO PARA RECIBIR DATOS DESDE LCD
Set Until 1,12,3

''INICIO DE PROGRAMACION EN LCD
@ "FileCmd 'Bienvenida.txt',"
''PANTALLA INICIAL

Wait 2000

@ "FileCmd '1.txt',"
''PANTALLA INICIAL
On Recv1 Gosub INICIAL

Do
Loop

''INICIO DE SUBROUTINA DE INICIO

```

```

INICIAL:

  Geta 1, LCD, 11
BYTES DESDE LAS ENTRADAS DE LCD
  For C1 = 0 To 12
ADQUIRIDOS DESDE LA LCD
  Debug Hex2 LCD(C1)
  Next
  Debug Cr

  If {LCD(1) = &H81} Then
REALIZAREMOS

    If LCD(2) = 9 Then
MANTENIMIENTO
      @ "FileCmd 'MANTENIMIENTO.txt';"
      On Recv1 Gosub MANTENIMIENTO

    ElseIf LCD(2) = 10 Then
SELECCION DE PRODUCTO
      @ "FileCmd 'PRODUCTOS1.txt';"
PRODUCTO
      On Recv1 Gosub PRODUCTOS

    Endif
  Endif
  Return

PRODUCTOSA:
  @ "FileCmd 'PELICULAS1.txt';"
  Ramclear
  Wait 10
  M(14)-1
  Wait 10
  M(14)-0
  V - 2
PANTALLAS DE PRODUCTO
  On Recv1 Gosub PRODUCTOS
Return

''INICIO DE SUBROUTINA DE SELECCION DE PRODUCTOS

PRODUCTOS:

  Geta 1, LCD, 11
DESDE LAS ENTRADAS DE LCD
  For C1 = 0 To 12
ADQUIRIDOS DESDE LA LCD
  Debug Hex2 LCD(C1)
  Next
  Debug Cr

  ''PROGRAMA EJECUTADO EN LA LCD
  If {LCD(1) = &H81} Then
PRODUCTO REALIZADA POR EL USUARIO. PULSACION DE BOTON. ENTRADA HEXADECIMAL &H81

    ''MUESTRA EL CONTENIDO DEL PRODUCTO QUE SE
    BUSCA ADQUIRIR.
    For C2 = 11 To 70
COMPARE QUE BOTON SE ESTA PRESIONANDO Y CON ELLO CONOCER EL PRODUCTO SELECCIONADO
      If LCD(2) = C2 Then
        'Codigo_Producto = (C2*9)-(2+((C2-11)*8)) - 4
        'DEFINE UNA VARIABLE EN
        LA CUAL SE ALMACENARA LA IDENTIFICACION DEL PRODUCTO DESEADO
        Codigo_Producto = C2 - 10
      Endif
    Next
  Endif
Endif

```

```

A = Dp(Codigo Producto) 'CREA UNA CADENA DE DATOS
QUE PERMITIRA PRESENTAR EN LA LCD EL DETALLE DEL PRODUCTO SELECCIONADO

Debug Dec C2
Debug Cr
Debug Dec A

'' IMPRIME EL DETALLE DE PRODUCTO EN LA LCD, DE ACUERDO A LA ELECCION REALIZADA
@ "Clear;"
@ "DrawImage 'fondo.bmp',0,0;"
@ "DrawImage 'NUMERO.Bmp',30,15,390,480;"
@ "DrawImage 'COSTO.bmp',420,150,800,400,$center;"
@ "DrawImage 'USFQ.bmp',420,15,800,200,$center;"
@ "Button 1,400,410,550,450,'ACEPTAR';"
@ "Button 2,600,410,750,450,'REGRESAR';"
@ "TextPos 30,15,356,435,$center;Textfont 150,,1; TextColor
&HFFFFFF,$transparent;Print '"A,"';"

Endif
Next 'TERMINA EL FOR PARA CONOCER QUE BOTON
DE QUE PRODUCTO FUE PULSADO

If LCD(2) = 1 Then 'ACEPTACION DE PRODUCTO A ADQUIRIR. SE
DIRIGE A UNA PANTALLA FINAL DE COBRO Y ENTREGA
M(10) = 1 'INICIA EL PROCESO
Wait 10
M(10) = 0
@ "FileCmd 'BUSCAR.txt';"

Elseif LCD(2) = 2 Then 'VUELVE A PANTALLA DE PELICULAS. SI
EL PRODUCTO NO ES EL DESEADO. BOTON CANCELAR
@ "FileCmd 'PRODUCTOS1.txt';"

Elseif LCD(2) = 3 Then 'VUELVE A PANTALLA DE PELICULAS. SI
EL PRODUCTO NO ES EL DESEADO. BOTON CANCELAR
@ "Clear;"
@ "DrawImage 'fondo.bmp',0,0;"
@ "DrawImage 'NUMERO.Bmp',30,15,390,480;"
@ "DrawImage 'COSTO3.bmp',420,150,800,400,$center;DrawImage
'usfq1.bmp',420,15,800,200,$center;"
@ "Button 1,400,410,550,450,'ACEPTAR';"
@ "Button 2,600,410,750,450,'REGRESAR';"
@ "TextPos 30,15,356,435,$center;Textfont 150,,1; TextColor
&HFFFFFF,$transparent;Print '"A,"';"

Elseif LCD(2) = 5 Then 'VUELVE A PANTALLA DE PELICULAS. SI
EL PRODUCTO NO ES EL DESEADO. BOTON CANCELAR
@ "FileCmd 'PRODUCTOS1.txt';"

Elseif LCD(2) = 106 Then
STOP = 1
Wait 10
STOP = 0
@ "FileCmd '1.txt';" 'PANTALLA INICIAL
On Recv1 Gosub INICIAL

Elseif LCD(2) = 7 Then
Y = Y - 1
P = Dp(Y)
@ "FileCmd 'PRODUCTOS",P,".txt';"

Elseif LCD(2) = 8 Then
Y = Y + 1
P = Dp(Y)

```

```

@ "FileCmd 'PRODUCTOS',P, ".txt";"

Endif
Endif

If _P(41) = 1 Then                                     'ACEPTACION DE PRODUCTO A ADQUIRIR. SE
DIRIGE A UNA PANTALLA FINAL DE COBRO Y ENTREGA
@ "FileCmd 'AGOTADO.txt';"                             'PANTALLA DE NO DIPONIBILIDAD DE
PRODUCTO
Do
  If Pcl = 1 Then
    @ "FileCmd 'PRODUCTOS1.txt';"                       'ENVIA A LA PANTALLA DE
SELECCION DE PELICULAS PARA ELECCION DE OTRO PRODUCTO
    Gosub PRODUCTOSA
    Exit Do
  End If
Loop
Endif

If (LCD(1) = &H85) Then                                'PERMITE CONOCER SI LA ENTRADA PROVIENE
DESDE LA PISTOLA DE CODIFICACION. ENTRADA HEXADECIMAL &H85
D(X) = LCD(2)                                          'ALMACENA LOS VALORES DE ENTRADA DE LA
PISTOLA DE COMUNICACION EN LA CADENA D
X = X + 1                                             'PERMITE ALMACENAR LOS VALORES DE INGRESO
EN LA SIGUIENTE POSICION DE LA CADENA D

If X = 2 Then                                          'PERMITE EJECUTAR UN CODIGO CUANDO EL
CONTADOR SE ENCUENTRE EN LA TERCERA POSICION (X=2)
  Pistola = ((D(0)-48)*10)+(D(1)-48)                  'REINICIA EL CONTADOR X = 0
  VALOR NUMERICO ARROJADO POR LA PISTOLA DE CODIFICACION
  Debug Dec D(0), Cr
  Debug Dec D(1), Cr
  Debug Dec D(2), Cr
  Debug DecCodigo_Producto, Cr                       'PERMITE VERIFICAR EL VALOR
NUMERICO RECIBIDO
  Debug Dec Pistola, Cr
  D (0) = 0
  D (1) = 0
  X = 0

End If

If Pistola = Codigo_Producto Then                    'COMPARA ENTRE LA ENTRADA DE PISTOLA DE
COFICACION Y VALOR DEL PRODUCTO SELECCIONADO
  Codigo_Producto = 0
  D (0) = 0
  D (1) = 0
  X = 1
  @ "FileCmd 'Cobro.txt';"
  _P(44) = 1                                          'ENCIENDE EL RELE DEL SISTEMA DE
COBRANZA
  LCD(2) = 0                                          'REINICIAR VARIABLE PARA EVITAR
ENCLAVAMIENTO DE SISTEMA DE COBRO Y PERMITIR QUE CONTINUE CON LECTURA DE RESTO VARIABLES

Do                                                    'INICIA LA LECTURA DEL SENSOR INDUCTIVO

If _P(36) = 0 Then                                    'ES UN SENSOR NORMALMENTE CERRADO

  Wait 600
  M(11) = 1                                          'ACTIVA LA VARIABLE INTERNA QUE ENCIENDE
SALIDA DEL PISTON PARA ENTREGA DEL PRODUCTO

```

```

        Wait 10                                'ACTIVA UNA ESPERA DE 10 MS PARA
DEACTIVAR LA VARIABLE M(11)
        M(11) = 0
        Exit Do                                'INICIA LA SUBROUTINA DEL SISTEMA
DE COBRANZA

        Endif
        Loop

        Do
        Alias D3 = Moneda                      'DEFINE LA VARIABLE EN DONDE SE
RECIBIRA LA VARIABLE ANALOGA DEL CONTADOR DE MONEDAS
        Input 29
        Moneda = Tadin(5)
        Senal_moneda = Moneda

        If Senal_moneda = 1023 Then            'COMPARA LA SENAL DE BYTES RECIBIDOS EN
LA ENTRADA ANALOGA (MAXIMO 1023 BYTES - 0.5 VDC)
        P(44) = 0                              'APAGA EL EQUIPO DE COBRANZA
        @ "FileCmd 'Pago.txt';"

        Debug Dec Senal_moneda, Cr              'IMPRIME LA VARIABLE QUE ENVIA EL
SISTEMA DE COBRANZA
        Wait 500
        Low 5                                    'ENCIENDE LA SALIDA DEL PWM 5
PRODUCTO                                     'LEVANTA EL SERVO PARA EMPUJAR EL
        Pwm 0,4200, 32768

        Wait 1000
        Pwm 0,2500, 32768                        'REGRESA EL SERVO A SU POSICION
INICIAL

        CICLO = CICLO + 1

        @ "Fappend 'CICLO.dat',' ',CICLO,'"";"

        Wait 1000
        M(12) = 1
        Wait 10                                'ACTIVA UNA ESPERA DE 10 MS PARA
DEACTIVAR LA VARIABLE M(11)
        M(12) = 0

        'Exit Do                                'PERMITE TERMINAR EL LAZO DO UNA VEZ
SE COMPLETE LA CONDICION
        Endif
        If Fc1 = 1 Then
        @ "FileCmd 'PRODUCTOS1.txt';"          'ENVIA A LA PANTALLA DE
SELECCION DE PELICULAS PARA ELECCION DE OTRO PRODUCTO
        Gosub PRODUCTOSA
        Exit Do
        End If
        Loop
        End If

        Endif
Return

```

```

''INICIO DE SUBROUTINA DE MANTENIMIENTO
MANTENIMIENTO:

```



```

    Geta 1, LCD, 11
DESDE LAS ENTRADAS DE LCD
    For C1 = 0 To 12
ADQUIRIDOS DESDE LA LCD
    Debug Hex2 LCD(C1)
    Next
    Debug Cr

    @ "Textfont 20;TextPos 30,400,390,460,$center;"
    CLICLOS REALIZADOS HASTA EL MOMENTO
    @ "TextColor &HFFFFFF,$transparent;Print 'CICLO.DAT';"

M(106) = 1
_M(104) = 1

If P(36) = 0 Then
    @ "Color &H0000FF;Boxfill 410,400,770,460,&H111111,5;"
    @ "TEXTFONT 20;TextPos 410,400,770,460,$center;"
    @ "TextColor &HFFFFFF,$transparent;Print 'OBJETO DETECTADO';"
Else
    @ "Color &HFFFFFF;Boxfill 410,400,770,460,&H111111,5;"
    @ "TEXTFONT 20;TextPos 410,400,770,460,$center;"
    @ "TextColor &H111111,$transparent;Print 'BUSCANDO';"
Endif

If (LCD(1) = &H81) Then

    For C3 = 101 To 103
        If LCD(2) = C3 Then
            _M(C3) = 1
            Wait 10
            _M(C3) = 0
            Endif
        Next

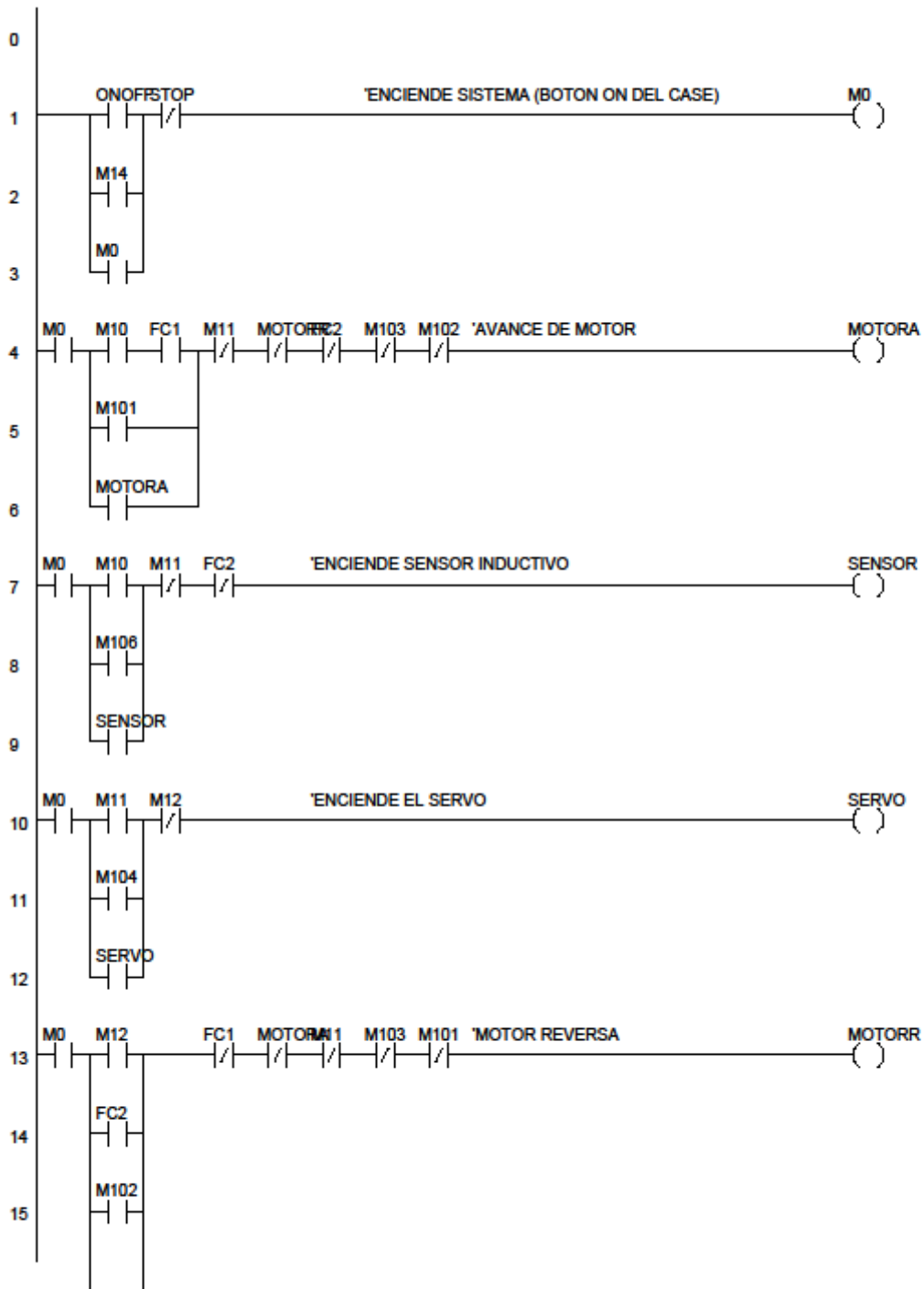
    If LCD(2) = 104 Then
        Low 5
        Pwm 0,4200, 32768
        Wait 1000
        '(46080) frecuencia 50 Hz

    ElseIf LCD(2) = 105 Then
        Low 5
        Pwm 0,2500, 32768
        Wait 1000
        '(46080)

    ElseIf LCD(2) = 106 Then
        Ramclear
        @ "FileCmd '1.txt';"
        On Recv1 Gosub INICIAL
        Endif
    Endif

Return

```







Page 2 Cubloc Studio L:\VenPRO (4 Oct).cul

End of Document [ Copyright COMFILE Technology, Inc. www.comfiletech.com]