

**PROYECTO DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**

Memoria Técnica Del Proyecto

LABORATORIO DIDÁCTICO DE EMBUTICIÓN DE METALES

Proyecto Presentado por los Alumnos:

GUSTAVO ADOLFO AGUIRRE SALAZAR
Estudiante de Ing. Mecatrónica

FERNANDO MELÉNDEZ LOZADA
Estudiante de Ing. Mecatrónica

Dirigido por:

JULIÁN PORTOCARRERO HERMANN
Docente de ingenierías

CALI
30 de Octubre de 2003



SIMALAB
Sistema de Manufactura

RESUMEN

Este proyecto consiste en construir un sistema didáctico de embutición de metales en el cual los usuarios (estudiantes y docentes) puedan realizar prácticas de laboratorio a cerca del conformado en frío conocido como embutición.

El sistema esta conformado por diferentes conjuntos funcionales como son la estructura de soporte, el sistema de embutición, el sistema óleo-hidráulico, el sistema electrónico, potencia y software de monitoreo; que unidos permiten la realización del proceso satisfactoriamente.

La estructura de soporte esta diseñada y construida para resistir la fuerza producida durante el proceso de embutición de lámina de aluminio, zinc o latón hasta un valor máximo de 3mm de espesor. Usando perfiles de acero comercial A-36

El sistema de embutición consta de elementos mecánicos como son la matriz, el punzón y el sujetador; estos fueron diseñados y construidos para realizar embutición de lámina con espesor de 1mm.

El sistema óleo-hidráulico proporciona las presiones y los caudales necesarios para los actuadores que realizan el proceso de embutición, este sistema está compuesto por dos cilindros hidráulicos los cuales brindan la fuerza de embutición y sujeción, el control de los actuadores se realiza por medio de válvulas direccionales, válvulas reguladoras de presión y de caudal.

El sistema electrónico engloba tanto la instrumentación como el control, estos están basados en un sistema microcontrolado usando un microcontrolador BasicX 24 el cual proporciona la facilidad de trabajo por multitareas; brindándole mayor versatilidad al proceso.

La potencia es de gran importancia dentro del proyecto ya que es la encargada de suministrar potencia eléctrica a los motores, tarjetas electrónicas, sensores y demás dispositivos que requieren electricidad; hasta el momento se encuentra en la fase de diseño.

El software de monitoreo ha sido desarrollado e implementado en un PC convencional y es el encargado de servir de interfaz entre el usuario y la maquina.

PALABRAS CLAVES

Conformado en Frío: Es un proceso de manufactura que consiste en dar forma a una lamina metálica la cual se encuentra a temperatura ambiente.

Válvulas: Son dispositivos mecánicos o electromecánicos que permiten regular o controlar dirección de fluidos, en nuestro caso el fluido usado es aceite hidráulico.

Microcontrolador: Es un dispositivo electrónico que cuentan con módulos de entrada y salida los cuales permiten recibir señales del entorno y transmitir señales de control.

1. Introducción General

En la Actualidad la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente dentro de los programas académicos de Ingenierías tanto de Producción, Mecánica como Mecatrónica brinda conocimientos fundamentales a cerca de los Procesos de Manufactura; Uno de estos procesos es el de Embutición, el cual consta de darle una forma determinada a una lamina por medio de un juego matriz-punzón (ver Figura 1).

Este proyecto busca desarrollar un laboratorio didáctico en el cual el estudiante pueda poner en practica el conocimiento sobre el proceso de conformado en frío (Embutición), obteniendo un producto que en este caso son pequeñas copas de aluminio con un espesor de lamina entre 1 y 3 mm.

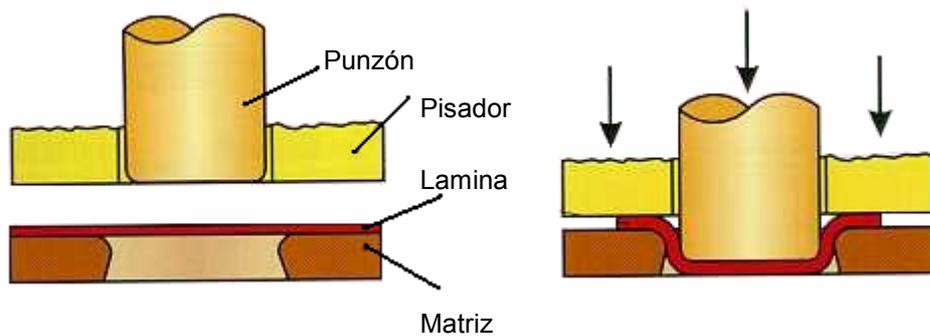


Figura 1.- Proceso de Embutición

La interacción con el sistema se hace a través de un PC, el cual cuenta con un software que permite un fácil manejo por parte del usuario gracias a que se ha desarrollado bajo un entorno Windows por intermedio de una herramienta de desarrollo como es el Visual Basic 6.0 (ver Figura 2).

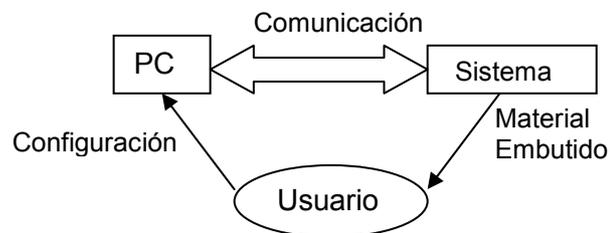


Figura 2.- Interacción Usuario - Sistema

2. Fases y Objetivos del Proyecto

2.2.1 Fases del Proyecto

Las fases de este proyecto aparecen a continuación (ver figura 3).

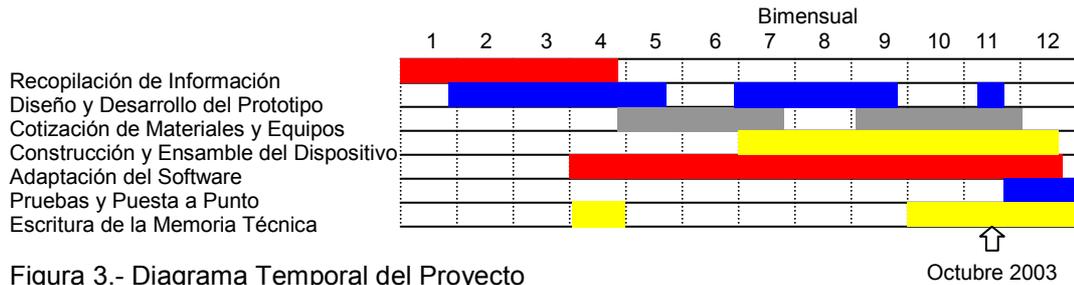


Figura 3.- Diagrama Temporal del Proyecto

- Recopilación de Información

Dentro de esta fase se busca, analiza y selecciona la información necesaria del proceso de embutición. Utilizando como medio de adquisición la biblioteca, encuestas, entrevistas y documentos Web.

- Diseño y Desarrollo del Prototipo

Se utilizó una la metodología de diseño estructurado planteado por Karl T Ulrich:

- Planificación
- Desarrollo Conceptual
- Diseño a nivel de sistema
- Diseño detallado
- Refinamiento y pruebas
- Producción

Para esta fase se desarrolló un prototipo físico en el cual se evaluó conceptos tales como la estructura de soporte y el sistema hidráulico usando neumática; a demás se realizó un prototipo de software tipo preserie.

El prototipo físico desarrollado se muestra en la figura 4.

- Cotización de Materiales y Equipos

Para realizar la cotización de los elementos del proyecto fue necesario seleccionar aquellos que se pudieran encontrar fácilmente en el mercado y cuales deberían ser construidos de a cuerdo a nuestro criterio

- Construcción y Ensamble del Dispositivo

Para la realización de esta fase fue necesario identificar los elementos de mayor prioridad para su posterior adquisición, luego de adquirirlos se logró ensamblar la estructura de soporte, sistema hidráulico y el sistema de embutición.

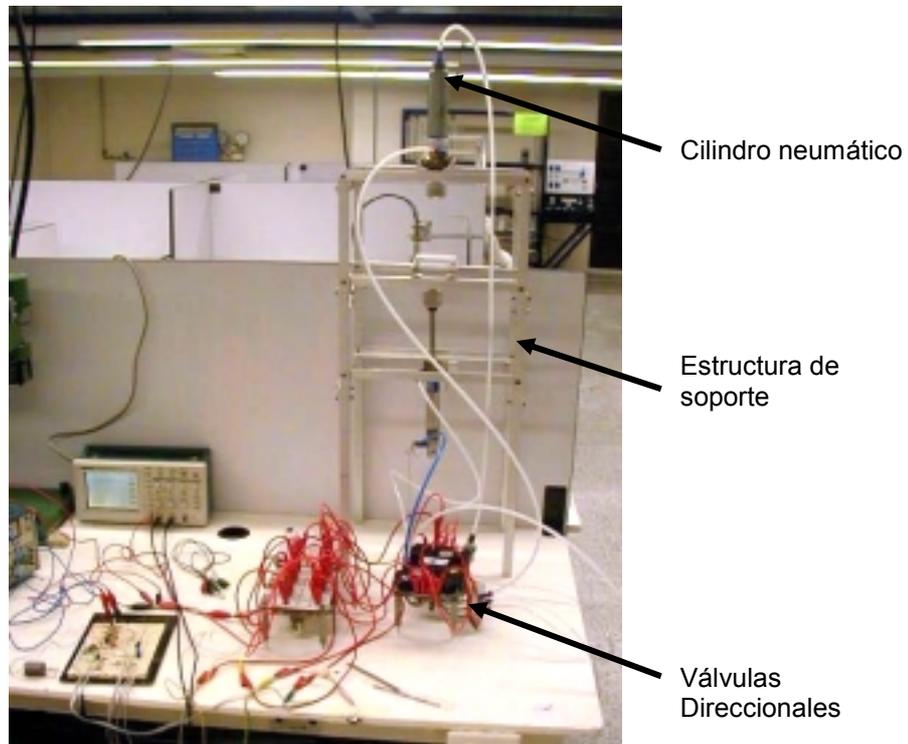


Figura 4.- Fotografía del prototipo físico

- Adaptación del Software

Esta fase se trabajó concurrentemente desde la fase de diseño y desarrollo del prototipo; en esta fase se coloca a punto el sistema de control y monitoreo de la maquina, al igual que se realiza una mejora en la interfaz hombre – maquina.

- Pruebas y Puesta a Punto

Es la fase mas critica del desarrollo debido a que en esta se puede presentar fallas en el sistema lo cual podría generar un rediseño; las pruebas deben ser planificadas y analizadas para encontrar las posibles mejoras del sistema.

- Escritura de la Memoria Técnica

En esta fase se busca hacer la documentación del proyecto.

2.2.1 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Construir una maquina que permita a los estudiantes de la CUAO realizar prácticas de laboratorio a cerca del conformado por embutido.

4.2. Objetivos Específicos

- Rediseñar y construir con base en el diseño realizado por Eiber Oswaldo Sánchez G. y Alex Armando Viáfara Z. como proyecto de iniciación a la investigación un equipo didáctico que permita a los estudiantes de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente familiarizarse de manera practica con el proceso de conformación por embutido.
- Dotar a los estudiantes de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente de una herramienta de laboratorio que permita a los estudiantes estudiar, controlar y manipular los parámetros y variables del proceso de embutido.
- Implementar un software didáctico que permita:
 - Controlar y monitorear todas las variables del proceso en tiempo real
 - Guardar e imprimir tabla de datos adquiridos durante la prueba de laboratorio
 - Visualización previa del proceso.
- Realizar embutidos pequeños de materiales delgados en especial de aluminio a escala de laboratorio para complementar la teoría vista en clase

3. Descripción General del Proyecto

Las maquinas de embutición tienen mayor aplicación a nivel industrial como lo es en la fabricación de ollas, recipientes, carrocerías entre otras; pero su aplicación a nivel educativo es muy pobre por el costo que tiene la implementación de una maquina de ese tipo.

Este proyecto busca desarrollar una maquina de embutición con fines didácticos, es decir, que el usuario pueda configurar las variables fundamentales del proceso como son la altura, velocidad y la fuerza de embutición y además puede observar como se comportan las variables del proceso. También se logra obtener una pieza embutida para posteriores análisis.

El *LABORATORIO DIDÁCTICO DE EMBUTICIÓN DE METÁLES* esta compuesto por los siguientes dispositivos (ver Figura 5):

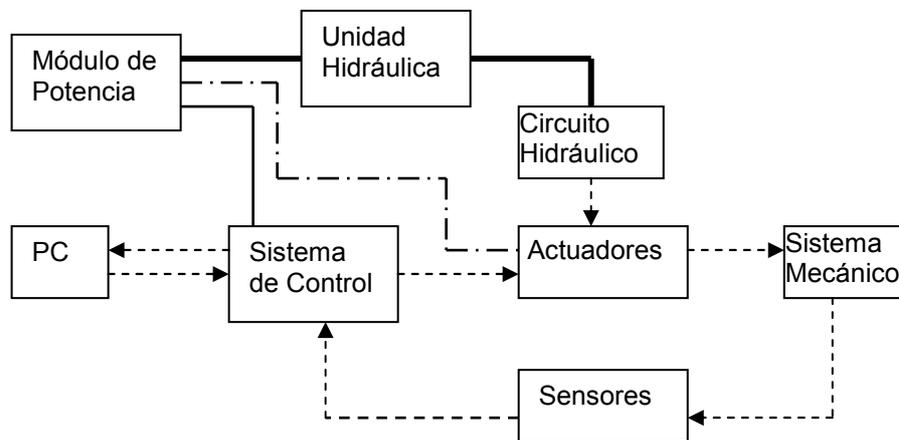


Figura 5.- Esquema General del Proyecto

- PC

Es el dispositivo encargado de servir de interfaz, por medio de este se configura el sistema de control, se monitorean todas las variables y se previsualiza el proceso (Animación 3D). Buscando mayor flexibilidad el PC puede ser intercambiado y no afecta el funcionamiento de la maquina.

- Unidad Hidráulica

Es la encargada de proporcionar la potencia hidráulica al circuito hidráulico y consta de: Motor AC SIEMENS trifásico de 15HP, Bomba de paletas VICKERS a 1500 psi, tanque, filtros STAUFF, manómetro, indicador de nivel, válvula de alivio VICKERS.

- Circuito Hidráulico

Es el conjunto de válvulas que permiten el direccionamiento del fluido a cada uno de los actuadores hidráulicos para que estos puedan ejercer la fuerza y la velocidad requerida en el proceso. Este circuito consta de 2 electro-válvulas direccionales de 4 vías 3 posiciones, 2 válvulas reguladoras de presión, 2 válvulas reguladoras de caudal INTERFLUID, y la tubería.

- Sistema Mecánico

Dentro de este se encuentra la estructura de soporte, el sistema de embutición, acoples de los motoredutores con las válvulas reguladoras y el mecanismo de lectura de posición. La estructura de soporte fue construida por el grupo de desarrollo con materiales comerciales mientras el sistema de embutición fue maquinado por Talleres Payan.

- Sensores

El sistema cuenta con los siguientes sensores: 2 sensores de presión, 1 sensor de posición, 3 finales de carrera, 3 interruptores.

Los sensores son los elementos encargados de brindarle al sistema de control los valores en los que se encuentran cada una de las variables del proceso. Los finales de carrera indican el estado del sistema de embutición. Uno de los interruptores da la información de la puerta (abierta o cerrada) los otros dos son el interruptor de emergencia y el de encendido.

- Sistema de Control

Este está compuesto por un microcontrolador, etapas de acondicionamiento y rutinas de control; el sistema de control se encuentra embebido en el microcontrolador, debido a que se utilizará una topología de control discreto (digital) que se realiza en tiempo real gracias a la utilización de multitarea brindada por el microcontrolador.

- Módulo de Potencia

Este módulo esta dividido en alimentación de circuitos y sensores, drivers para motoredutores, acople y atenuación de señales y arranque del motor trifásico. Los drivers de los motores se basan en la técnica de potencia PWM bipolar y el arranque del motor trifásico se debe hacer por uno de tipo estrella-delta debido a que la potencia del motor excede los 10 HP.

- Actuadores

Dentro del sistema se cuenta con actuadores eléctricos e hidráulicos, en cuanto a los eléctricos se tiene los motoredutores y las electro-válvulas direccionales y en cuanto a los hidráulicos se cuenta con los cilindros de embutición y sujeción.

4. Diseño y Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo del proyecto se analiza la información recopilada y se llegó al listado de la Tabla 1, en donde aparecen las posibles necesidades, las cuales brindan las bases fundamentales del diseño:

Tabla 1.- Listado de Necesidades

#	Necesidad		Imp.
1	La maquina	Es segura	5
2	La maquina	Es didáctica	4
3	La maquina	Es robusta	4
4	La maquina	Es de tamaño adecuado	3
5	La maquina	Es fácilmente reparable	4
6	La maquina	Es de fácil mantenimiento	4
7	La maquina	Es precisa	5
8	La maquina	Es eficiente	4
9	El juego punzón-matriz	Es resistente	5
10	El juego punzón-matriz	Es adaptable	4
11	El juego punzón-matriz	Es de fácil ensamble	3
12	El sujetador	Ejerce la fuerza necesaria	5
13	El sujetador	Es adaptable	3
14	El sujetador	Es rápido	3
15	El sujetador	Es de fácil ensamble	4
16	La estructura	Es confiable	5
17	La estructura	Es transportable	3
18	La estructura	Es resistente	5
19	La Unidad Hidráulica	Proporciona la presión necesaria	2
20	La interfaz	Es agradable	5
21	El software	Es didáctico	4
22	El software	Es robusto	5
23	El software	Es de fácil instalación	3
24	El software	Proporciona datos del proceso	4
25	El software	Controla la maquina	5
26	El sistema	Es confiable	4
27	El sistema	Es configurable	4
28	El sistema	Es de fácil montaje	3

Luego de obtener las necesidades planteadas por los usuarios se descompone el sistema en bloques funcionales (ver Figura 6.) para conocer las funciones principales y generar conceptos a partir de ellas; en este caso se generaron dos conceptos para el sistema de embutición; uno de estos consta de motores DC y tornillos corona - sin fin para la sujeción y un cilindro hidráulico para la embutición y el otro usa dos cilindros hidráulicos tanto en la sujeción como en la embutición. A partir de estos dos conceptos se realizó un análisis con respecto a aspectos tales como energía, costos, ventajas, fácil mantenimiento y reparación lo cual llevó a la selección del concepto de los dos cilindros hidráulicos como se muestra en la Figura 7. Teniendo en cuenta el concepto seleccionado junto con los demás conceptos del sistema electrónico y de control se llega a la obtención de las especificaciones técnicas del diseño que se muestran en la tabla 2.

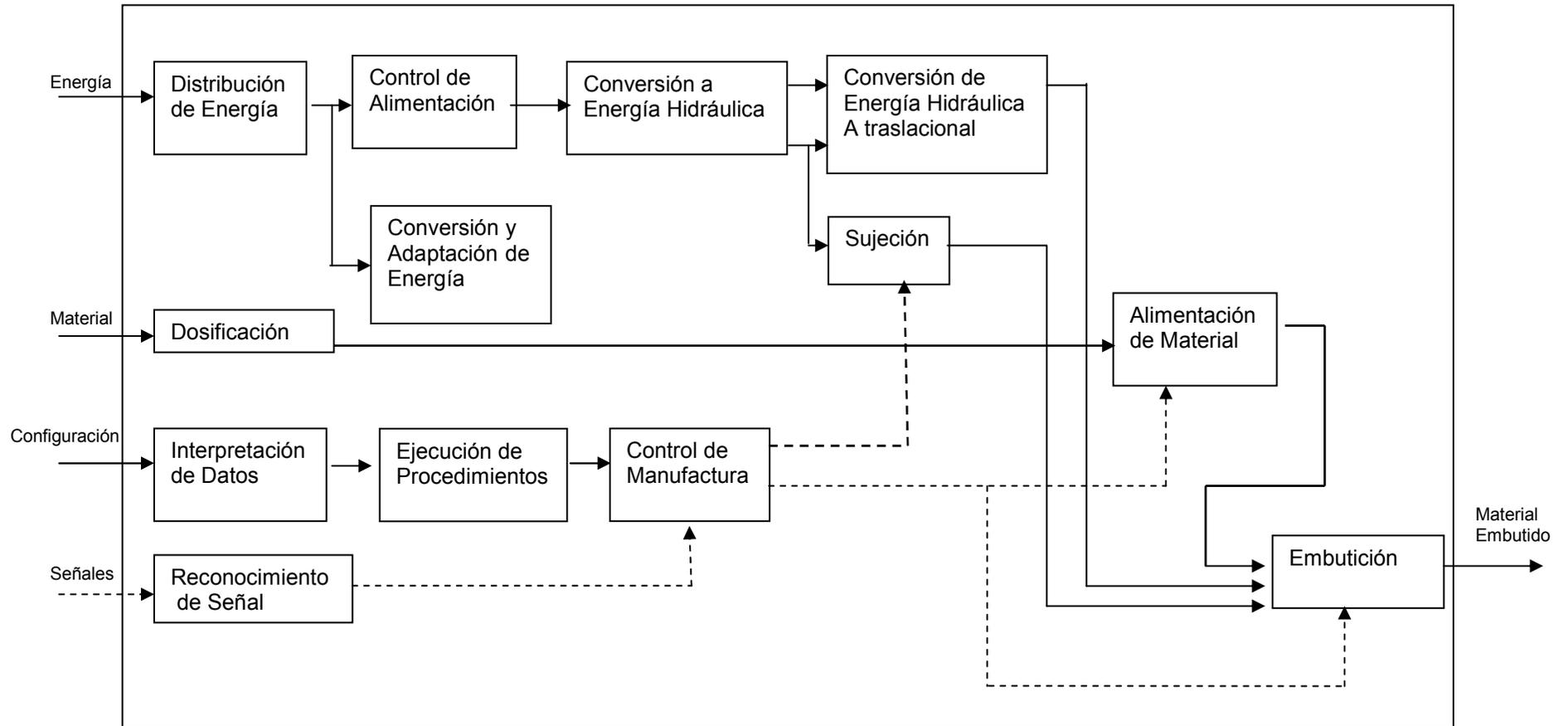


Figura 6.- Descomposición Funcional

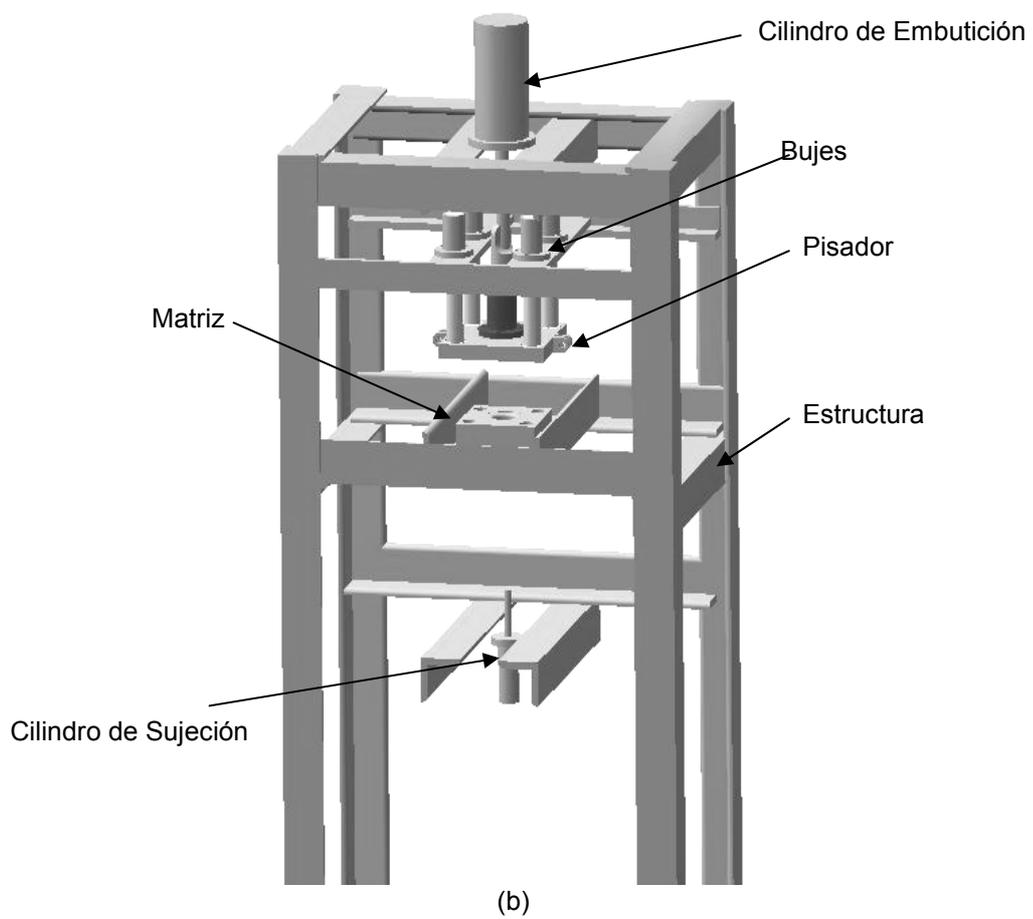
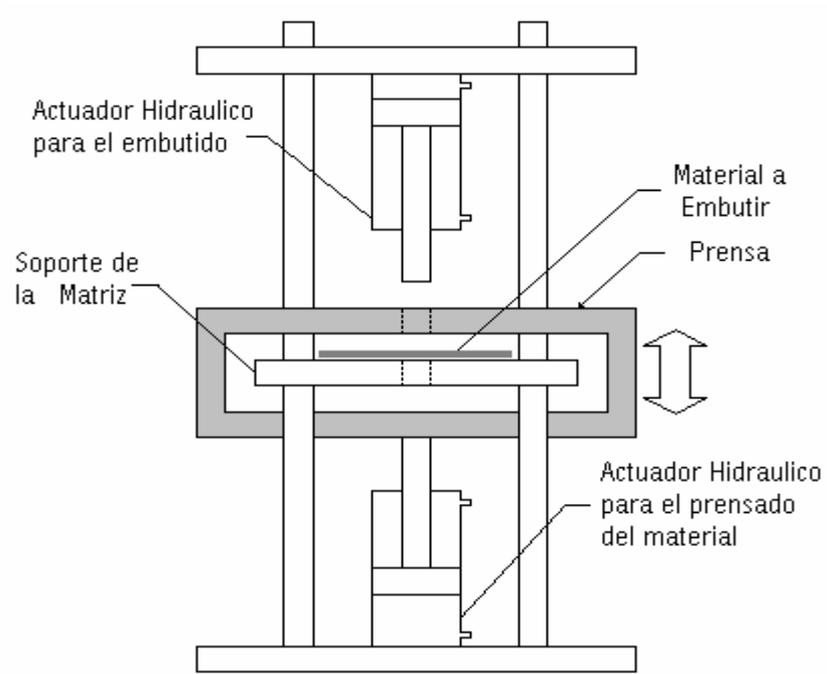


Figura 7.- Concepto Seleccionado a) Dibujo esquemático en el plano. b) Dibujo isométrico

Tabla 2.- Listado de Especificaciones Técnicas

No.	Especificación	Unidad	Valor
1	Factor de seguridad	Entero (+)	2
2	Factor de servicio	Entero (+)	1.3
3	Visualización de elementos funcionales	Subjetivo	Media
4	Resistente a perturbaciones	Lista	Físicas Moderadas
5	Dimensiones (LxWxH)	cm x cm x cm	180,250,60
6	Accesibilidad de elementos	Subjetivo	Buena
7	Herramientas para ensamble	Lista	Llaves de Dado Hexagonal
8	Tiempo promedio de ensamble	min.	400
9	Vida útil de los elementos	Meses	36
10	Consumo de energía	Watts/hora	11600
11	Limite de fluencia de los elementos	MPa	1462
12	Fuerza máx. aplicada por el punzón	KN	21
13	Cantidad de juegos matriz-punzón	Entero	1
14	Mecanismos de sujeción	Lista	Conector Cono Morse
15	Fuerza limite aplicada por el sujetador	KN	2.5
16	Adaptabilidad	Subjetivo	Alta
17	Tiempo de descenso	s	2
18	Velocidad de descenso	mm/s	40
19	Presión máxima de suministro	psi	1500
20	Diámetro del disco	cm	7.2
21	Coefficiente de variación	CV%	5%
22	Calidad de la interfaz	Subjetivo	Buena
23	Conceptos y términos definidos	Lista	V, F, h, D, Cant. discos.
24	Interacción con el usuario	Subjetivo	Intuitiva
25	Manejo de excepciones	Lista	Todas las posibles
26	Almacenamiento de datos	Lista	Variables, referencias y alarmas
27	Interacciones para instalar	Enteras	4
28	Variables impresas y visualizadas	Lista	V, h, F
29	Controlabilidad	Subjetivo	Bajo Esfuerzo de Control
30	Variables configurables	Lista	V, h, F, #discos
16	Adaptabilidad	Subjetivo	Alta

4.1. Selección de la Arquitectura del Sistema

Para seleccionar la arquitectura del producto influye algunos aspectos como: flexibilidad, estandarización de componentes, desempeño del producto, manufacturabilidad y la capacidad del equipo.

Al analizar el proyecto se encontró que debido a que el sistema es un laboratorio didáctico y el manejo prioritariamente va a ser por parte de estudiantes, se requiere la posibilidad de tener una flexibilidad (cambio de juego matriz - punzón) y de capacidad de actualización del software o hardware lo que lleva a definir una arquitectura modular como la predominante en el diseño.

En la Figura 8 se observa el esquema de los elementos funcionales y físicos organizados en Chunks que componen el producto. En la Figura 9 se puede observar las interacciones incidentales existentes entre los Chunks.

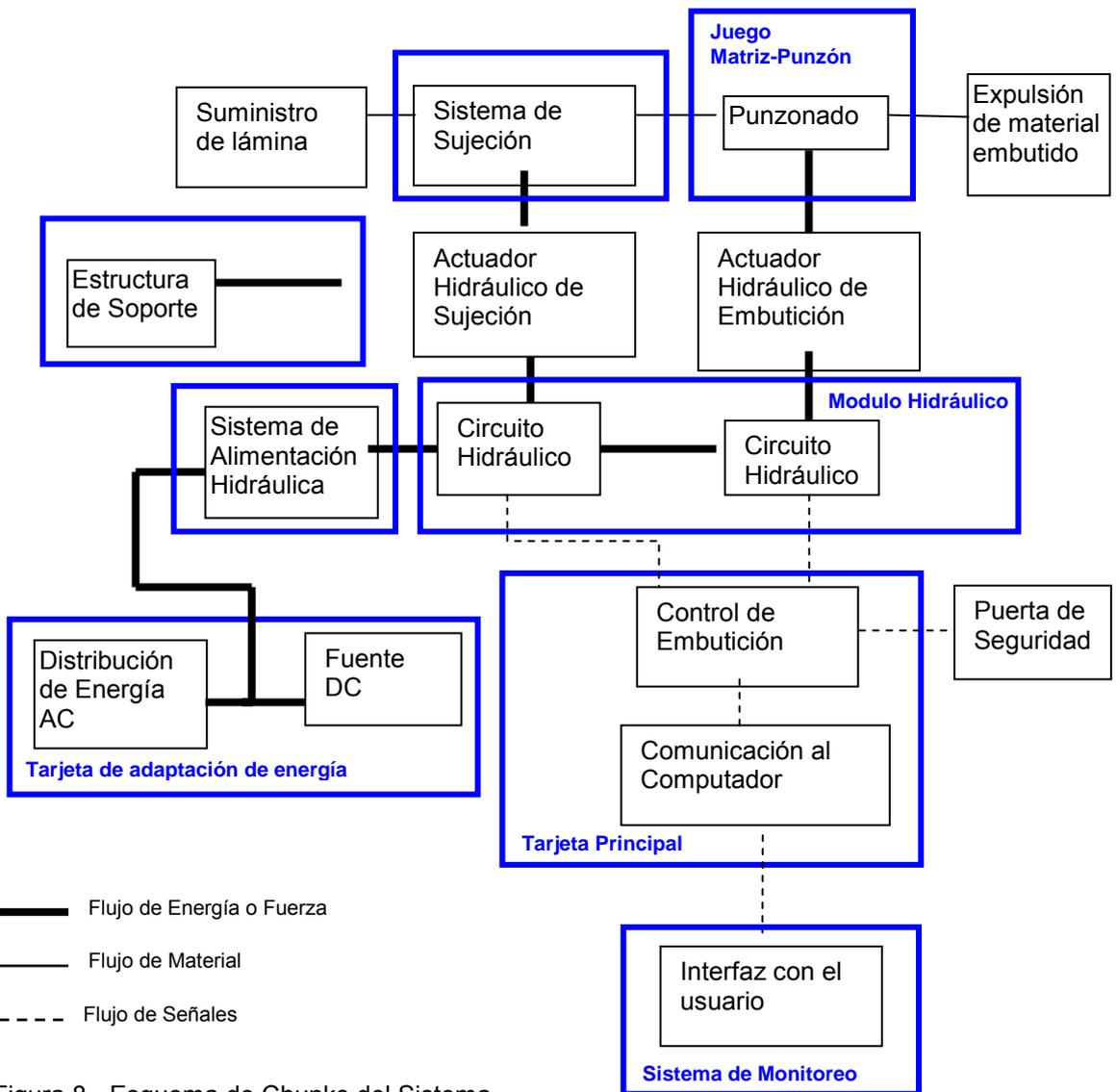


Figura 8.- Esquema de Chunks del Sistema

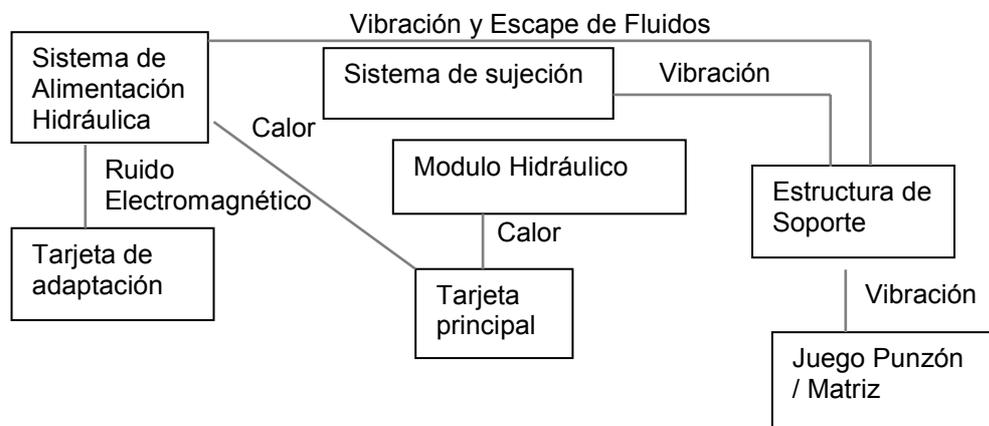


Figura 9.- Interacciones Incidentales

4.2. Arquitectura del Sistema Mecánico

El sistema mecánico está compuesto por la estructura de soporte, el sistema de embutición (juego punzón-matriz y sistema de sujeción) y el sistema de reposicionamiento.

Es fundamental tener un sistema mecánico estable estructuralmente, buena relación resistencia – costo de materiales y alta precisión; Cumpliendo estas características se le brinda mayor robustez a los demás sistemas permitiéndole un mejor funcionamiento en conjunto y una disminución en el error de las variables involucradas en el proceso.

4.2.1. Estructura de Soporte

La estructura de soporte brinda estabilidad estructural a los demás sistemas adyacentes. En el diseño y construcción de la estructura los factores de seguridad y servicio deben ser los adecuados para soportar deformaciones por flexión debido a las fuerzas aplicadas por los actuadores hidráulicos.

El proceso utilizado para la unión de vigas y columnas de la estructura fue la soldadura por electrodo manual (SMAW) y utilizando un electrodo 7014 el cual es muy usado para uniones de buena presentación. En la Figura 10 se muestra la estructura de soporte actual.

El material empleado es el acero A-36 en perfil tipo L.

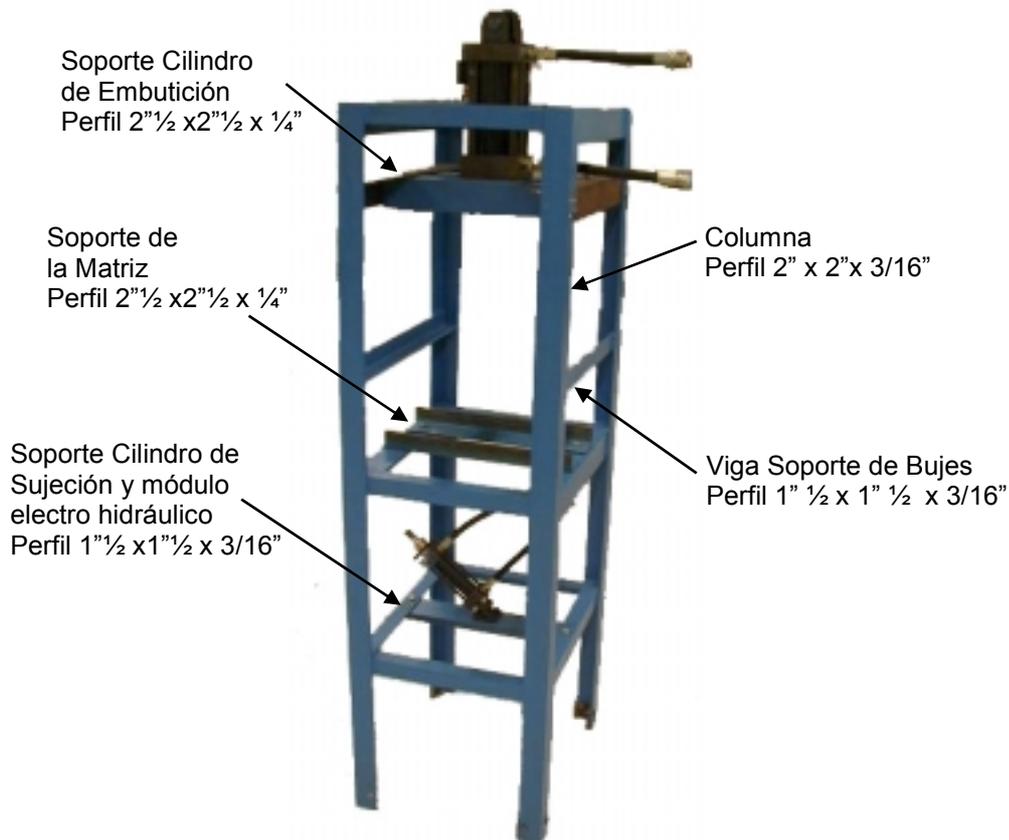


Figura 10. Estructura de Soporte

4.2.2. Sistema de Embutición

- **Juego Matriz-Punzón**

Este juego es de vital importancia a la hora de realizar el proceso pues de sus medidas dependen el éxito de la embutición; debido a que se evita la formación de pliegues y la presencia de rupturas en la lámina gracias a los redondeos presentes en ellos. El juego matriz-punzón debe contar con mayor dureza respecto al material a embutir. En la Tabla 3 se muestran los elementos que componen el juego Matriz-Punzón y algunas de sus características principales.

Tabla 3.- Descripción de Elementos del Juego Matriz-Punzón

Imagen del Elemento	Material	Procesos	Tratamientos
	Acero 4140	Torneado CNC	Templado
Punzón		Fresado	Carburización
	Acero 4140	Torneado CNC	Templado
Acople		Roscado Fresado	Carburización
	Acero A-36	Fresado CNC	Templado
Matriz	5160 para el casquete de embutición	Casquete Torneado CNC	Carburización Casquete Borización

- **Sistema de Sujeción**

Este es el encargado de ejercer presión sobre la lamina de tal forma que esta pueda fluir suavemente a través de la matriz; la fuerza ejercida por este sistema debe ser regulada a medida que aumenta la altura de embutición.

El sistema de sujeción consta de tres elementos diferentes tales como el pisador, los ejes guía, el guía de punzón y los bujes; estos fueron maquinados por TALLERES PAYAN bajo planos previamente evaluados por el grupo de desarrollo.

En la Tabla 4 se muestra las características generales de los elementos que componen el sistema de sujeción.

Tabla 4.- Descripción de Elementos del Sistema de Sujeción

Imagen del Elemento	Material	Procesos	Tratamientos
	- Ejes guías Acero 1045	Torneado Roscado	Recubrimiento de cromo semiduro
	- Guía de Punzón Acero 1020	Torneado Taladrado	
	- Pisador Acero A-36	Fresado CNC Taladrado	
Sujetador			
	Bronce Fosforado	Torneado Taladrado	
Bujes			

4.2.3. Sistema de Reposicionamiento

Este sistema de reposicionamiento (ver Figura 11) tiene la función de proporcionar fuerza contraria a la fuerza del punzón permitiendo con esto un mejor terminado de la lamina embutida; además en el instante en que el punzón retrocede el sistema de reposicionamiento expulsa la copa embutida. Este sistema se encuentra ubicado en la parte inferior de la Matriz y las dimensiones del embolo permite el libre desplazamiento a través del dado de la Matriz

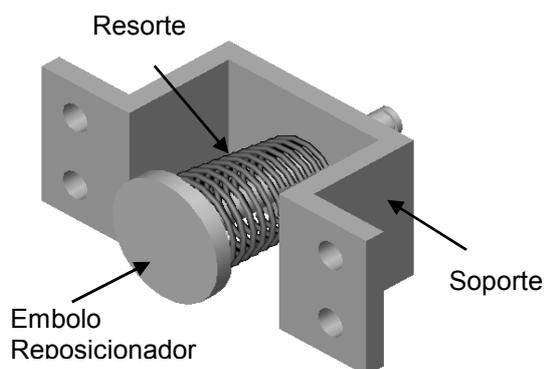


Figura 11.- Isométrico del Sistema de Reposicionamiento

4.3. Arquitectura del Sistema Hidráulico

En cuanto al sistema hidráulico la mayoría de elementos y partes utilizadas en este proyecto son estandarizadas y comerciales.

Gracias a la utilización del Manifold se hace más fácil el trabajo debido a que se disminuye la tubería a usar evitando así fugas y pérdidas.

Para la realización del sistema hidráulico se utilizaron los elementos mostrados en la Figura 12 los cuales son: Manifold cetop 5 de INTERFLUID, dos cilindros hidráulicos diseñados por el grupo de trabajo y fabricados por HYCO Ltda., tres motoredutores (MR) Valeo usados para constituir una servo válvula junto con las válvulas reguladoras.

Las especificaciones de cada uno de los elementos que componen el sistema se pueden observar desde la tablas 5 hasta la tabla 12.

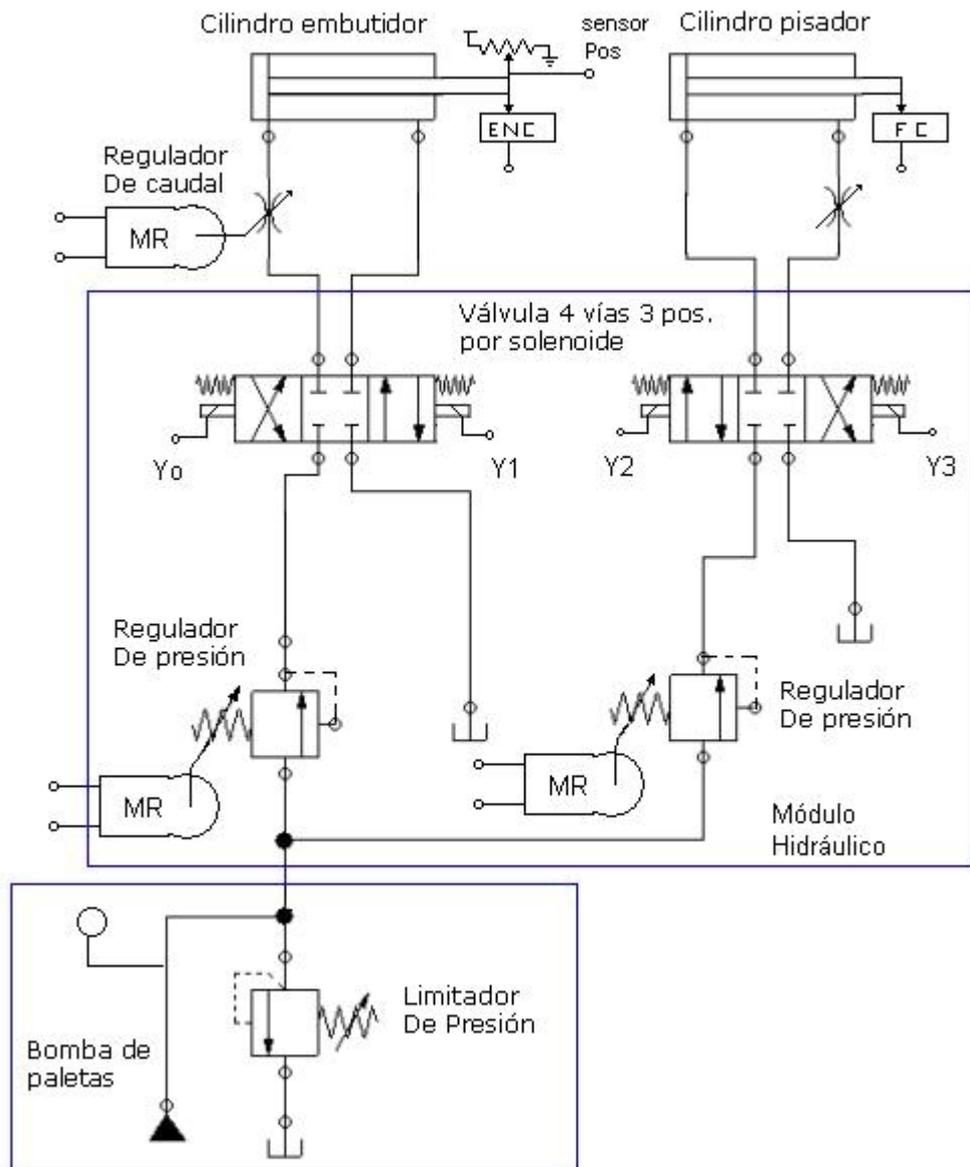


Figura 12.- Esquema Arquitectural del Sistema Hidráulico

Tabla 5.- Especificaciones del Cilindro de Embutición

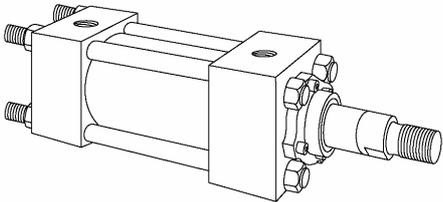
CILINDRO OLEOHIDRAULICO 	Empresa HYCO LTDA	No. <p style="text-align: center;">1</p>
		Cantidad: <p style="text-align: center;">1</p>
		Unidades: <p style="text-align: center;">ANSI</p>
Características Generales y Mecánicas		
Diámetro int. = 3.1/4 pulg.	Presión máx. = 1500 psi	
Diámetro Vástago = 1 pulg.	Caudal máx. = 14 GPM	
Carrera = 14 cm = 5.5 pulg.	Diámetro de rosca del vástago: 3/4 pulg.	
Tipo de soporte = Cuadrado de 4 orificios	Diámetro de conexión = 1/2 pulg. NPT	
Uso e Importancia: Es usado como elemento embutidor , en su extremo del vástago será acoplado un porta punzón de tipo cono Morse		

Tabla 6.- Especificaciones del Cilindro de sujeción

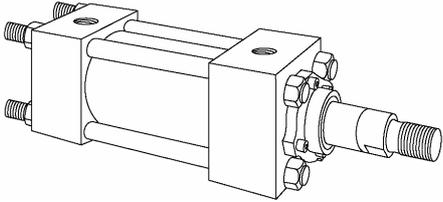
CILINDRO OLEOHIDRAULICO 	Empresa HYCO LTDA	No. <p style="text-align: center;">2</p>
		Cantidad: <p style="text-align: center;">1</p>
		Unidades: <p style="text-align: center;">ANSI</p>
Características Generales y Mecánicas		
Diámetro int. = 1 pulg.	Presión máx. = 1500 psi	
Diámetro Vástago = 0.75 pulg.	Caudal máx. = 14 GPM	
Carrera = 8 cm = 3.15 pulg.	Diámetro de rosca del vástago: 5/8 pulg.	
Tipo de soporte = Cuadrado de 4 orificios	Diámetro de conexión = 3/4 pulg.	
Uso e Importancia: Es usado como elemento proporcionador de fuerza al sistema de sujeción		

Tabla 7.- Especificaciones de las Válvulas Direccionales

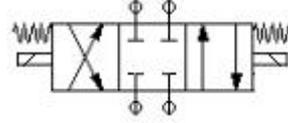
VALVULA DIRECCIONAL	Empresa	No. 3
	HYCO LTDA	Cantidad: 2
		Unidades: ANSI
Características Generales y Eléctricas		
Tamaño : NFPA D05 / ISO 4401	Presión máx. = 4500 psi	
Tipo de Montaje: Cetop 5	Caudal máx. = 30 GPM	
Tipo de Accionamiento: Solenoide 24 VDC	Temperatura de Trabajo: -4 a 140 °F	
Corriente de sostenimiento: 1.83 A	Viscosidad del fluido manejado: 80 y 1400 SUS	
Uso e Importancia: Este elemento es usado para dar dirección a los cilindros hidráulicos		

Tabla 8.- Especificaciones de las Válvulas Reguladoras de Caudal

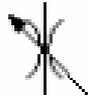
VALVULA REGULADORA DE CAUDAL	Empresa	No. 4
	HYCO LTDA	Cantidad: 2
		Unidades: ANSI
Características Generales y Mecánicas		
Tamaño: 1 ½ pulg.	Presión máx. = 5000 psi	
Tipo de Montaje: En línea	Caudal máx. = 30 GPM	
Tipo de Accionamiento: Manual	Temperatura de Trabajo: 14 a 212 °F	
Material: Acero al Carbono	Diámetro de Conexión: ¾ pulg. NPT	
Uso e Importancia: Este elemento es usado para regular caudal de los cilindros hidráulicos, regulando así la velocidad de los mismos		

Tabla 9.- Especificaciones de las Válvulas Reguladoras de Presión

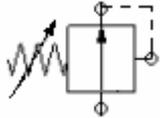
VALVULA REGULADORA DE PRESION	Empresa	No. 5
	HYCO LTDA	Cantidad: 2
		Unidades: ANSI
Características Generales y Mecánicas		
Tamaño: ISO 4400	Presión máx. = 4500 psi	
Tipo de Montaje Cetop 5	Caudal máx. = 30 GPM	
Tipo de Accionamiento: Manual por tornillo	Temperatura de Trabajo: -4 a 140 °F	
<p>Uso e Importancia: Este elemento es usado para regular presión de los cilindros hidráulicos, regulando así la fuerza de los mismos; es de gran importancia por que son las encargadas de brindar las fuerzas necesarias de sujeción y embutición.</p>		

Tabla 10.- Especificaciones de la Unidad Hidráulica

UNIDAD HIDRÁULICA	Empresa	No. 6
	HYCO LTDA	Cantidad: 1
		Unidades: ANSI
Características Generales y Mecánicas		
Tamaño: 120cm x 80cm x 70cm	Presión máx. = 1500 psi	
Tipo de Bomba: Paletas VICKERS	Caudal máx. = 14 GPM	
Potencia del Motor: 15 HP	Diámetro Salida: ½ pulg.	
Accesorios: Limitadora de Presión, Filtro de Retorno, Filtro de Succión, Visor de nivel y temperatura, manómetro, tapa de inspección y tanque 125 L.	Diámetro Retorno: 1 pulg.	
<p>Uso e Importancia: Es el elemento encargado de suministrar la potencia hidráulica al sistema.</p>		

Tabla 11.- Especificaciones del Manifold

MANIFOLD	<i>Empresa</i> HYCO LTDA	<i>No.</i> 7
		<i>Cantidad:</i> 1
		<i>Unidades:</i> ANSI
Características Generales y Mecánicas		
Tamaño: 140mm x 90mm x 100mm	Presión máx. = 4500 psi	
Tipo de Montaje Cetop 5	Caudal máx. = 30 GPM	
Diámetros de conexión: 3/4 pulg. NPT	Temperatura de Trabajo: -4 a 140 °F	
Uso e Importancia: Este elemento es importante ya que disminuye el número de conexiones, cantidad de tubería a usar y pérdidas de presión.		

Tabla 12.- Especificaciones del Motoreductor

MOTOREDUCTOR	<i>Empresa</i> VALEO	<i>No.</i> 8
		<i>Cantidad:</i> 3
		<i>Unidades:</i> ISO
Características Generales y Eléctricas		
Tamaño: 6 3/4 pulg. x 2 5/8 pulg. x 4 pulg.	Voltaje de Alimentación: 12 VDC	
Velocidad máxima de salida: 44 RPM	Corriente sin carga: 1.5 A	
Material de los Engranajes: Plástico	Torque Nominal: 0.8 N*m	
Protección: IP30	Peso: 1.2 Kg	
Uso e Importancia: Este elemento es usado para accionar las válvulas reguladoras de presión y de caudal.		

4.4. Arquitectura del Sistema Electrónico

El sistema electrónico (ver Figura 13) cuenta con una arquitectura modular, con la cual se busca un fácil y rápido ensamble y también permitir intercambiabilidad de los módulos PWM1, 2 y 3. el sistema electrónico consta de los siguientes módulos: un modulo de lectura (transductores e interruptores), un modulo de control (microcontrolador Basic X24 y acondicionamiento), un módulo de potencia para los motoredutores, un módulo de potencia para las válvulas, un módulo de comunicación con el PC y un módulo de alimentación el cual se encarga de entregar energía eléctrica al sistema.

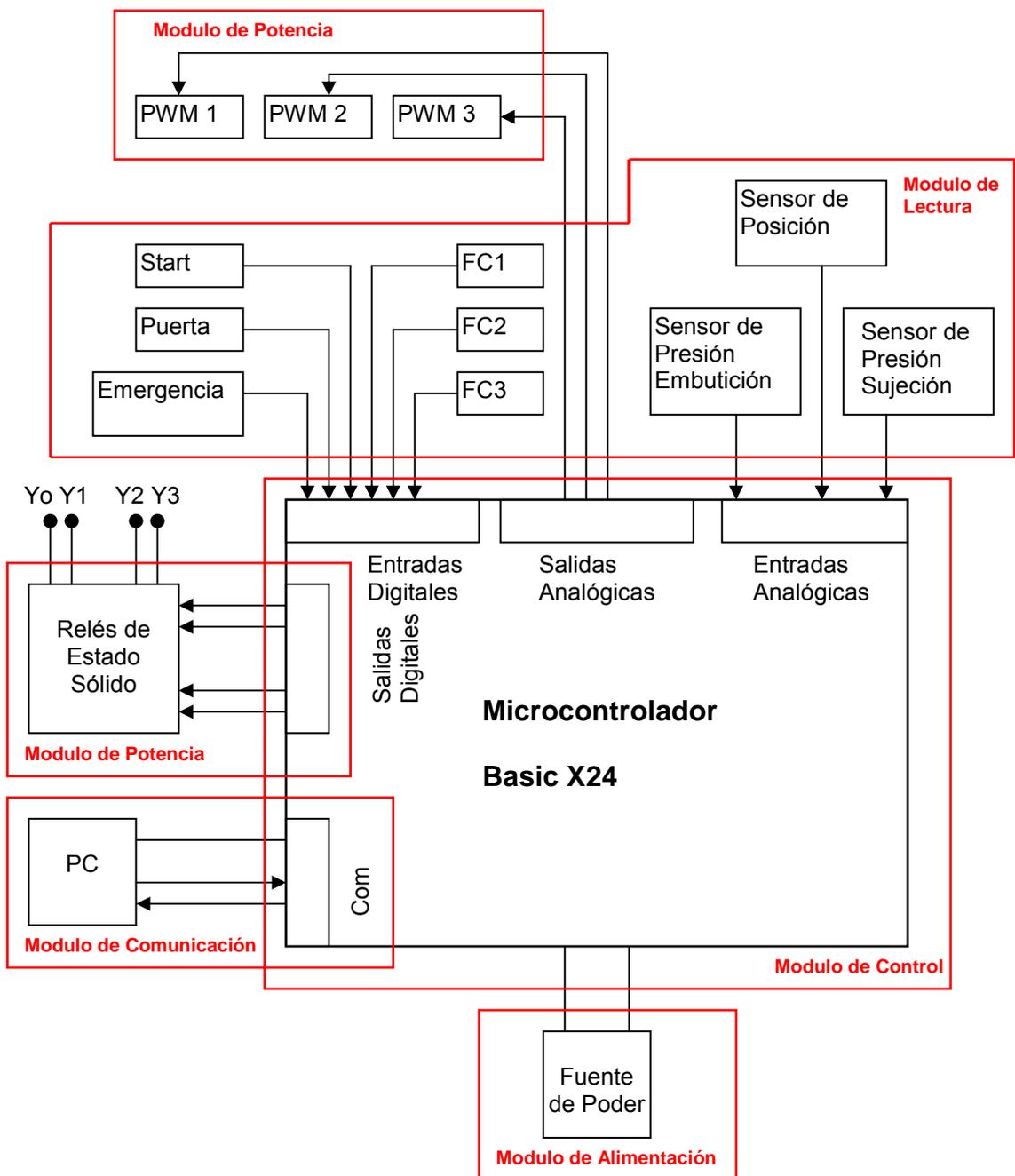


Figura 13.- Esquema Arquitectural del Sistema Electrónico

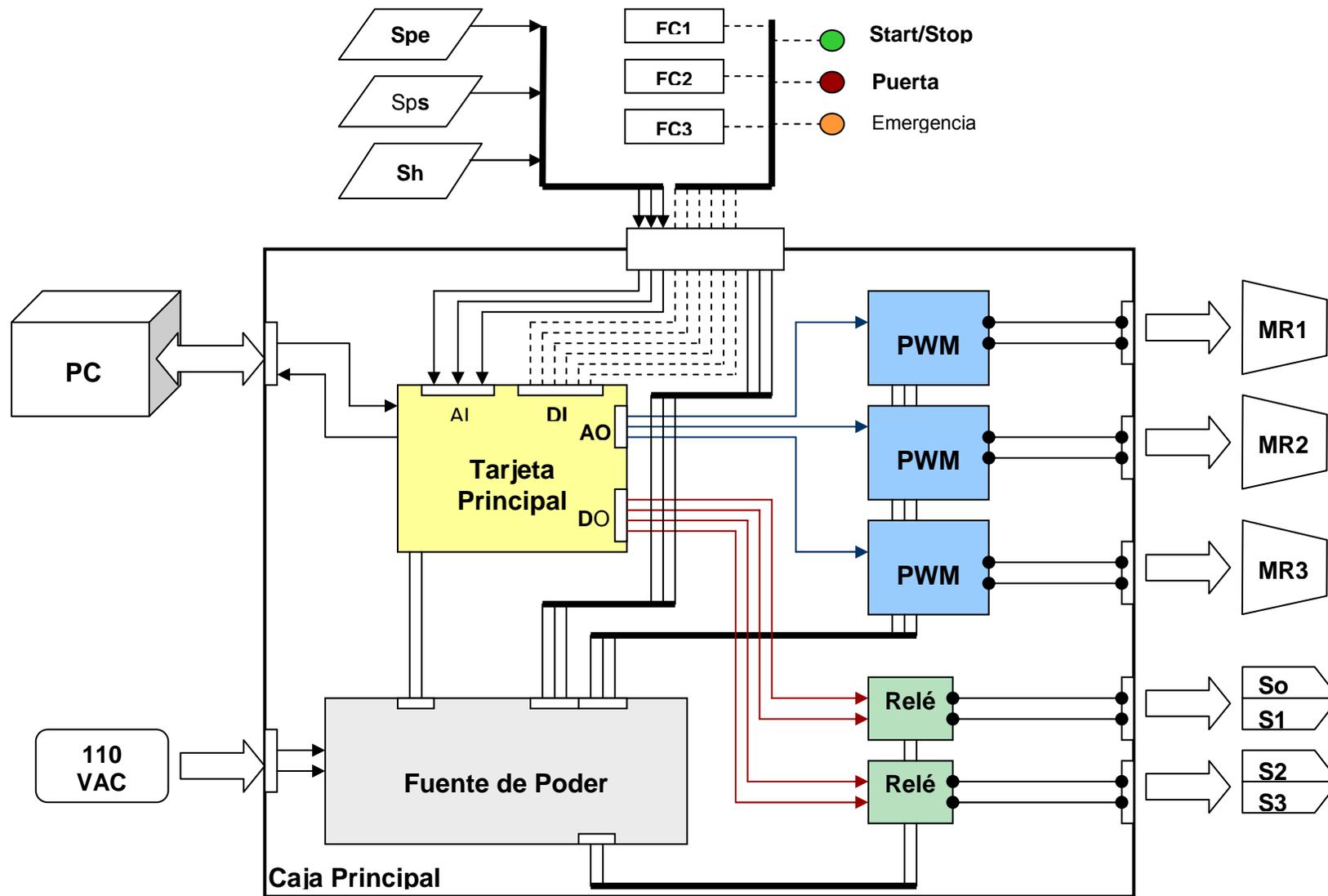


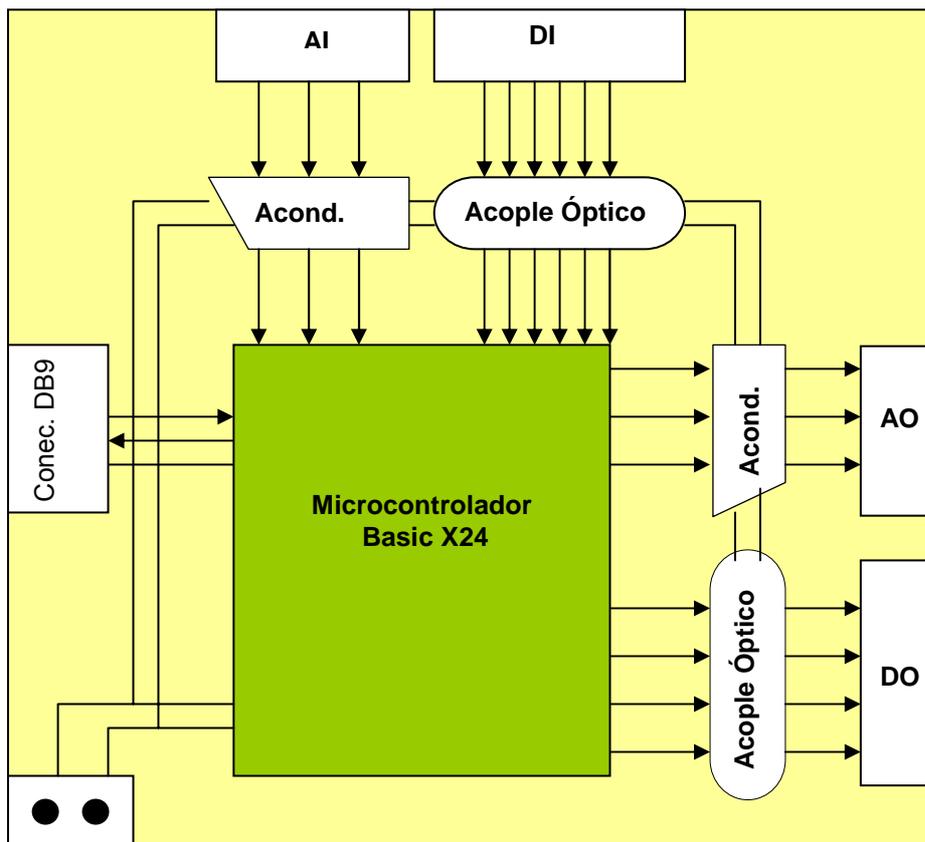
Figura 14.- Layout de la Caja Principal

En la Figura 14 se muestra la distribución espacial de las tarjetas electrónicas dentro de la Caja Principal que a su vez se sub divide en varios módulos que se explicarán a continuación:

4.4.1. Tarjeta Principal

La tarjeta principal tal como se observa en la Figura 15 es un Módulo Electrónico que se encarga de la adquisición y control de las variables del sistema. Dentro de esta se cuenta con un microcontrolador central que realiza todas las funciones requeridas para llevar a cabo el control y la comunicación con el PC, debido a que esta tarjeta interactúa con el exterior se hace necesario tener una etapa de aislamiento óptico y una etapa de protección y acondicionamiento de las señales de entradas.

Para programar el microcontrolador Basic X24 se usa un compilador basado en lenguaje de programación PBasic de alto nivel, permitiéndonos así una buena compatibilidad con el Software desarrollado para el sistema. La comunicación con el PC se realiza a través del puerto serial usando un protocolo de comunicación propio del sistema. En la tabla 13 se muestra la lista de los elementos de la tarjeta principal.



12V, 1A GND

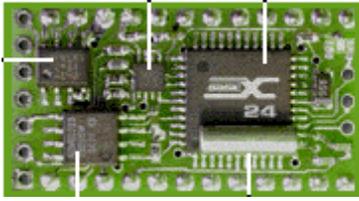
Figura 15.- Layout de la Tarjeta Principal

Tabla 13. Listado Elementos Tarjeta Principal

Cantidad	Elemento	Descripción
1	DB9	
1	Conector Hembra	2 Pines, I <1A
1	Conector Macho	2 Pines, I <1A
1	Conector Hembra	2 Pines, I =2A
1	Conector Macho	2 Pines, I =2A
1	Conector Macho	4 Pines
1	Conector Hembra	4 Pines
2	Conector Hembra	3 Pines
2	Conector Macho	3 Pines
1	Conector Hembra	6 Pines
1	Conector Macho	6 Pines
12	Opto acoples MOC 3010	
1	LM 7805	
1	LM 7812	
1	Base de 24 pines	
1	Microcontrolador Basic X24	
6	Resistencias	
6	Condensadores	

La tarjeta aun no esta construida debido a que no se cuenta con el microcontrolador, pero se ha usado un software CAD-CAM electrónico para diseñar su respectivo circuito impreso (PCB). Teniendo en cuenta la importancia de este microcontrolador se muestra en la tabla 14. las especificaciones técnicas de este.

Tabla 14.- Especificaciones del Microcontrolador

MICROCONTROLADOR BASICX24		No.
	Empresa	9
	NETMEDIA	Cantidad:
		Unidades:
		1 ISO
Características Generales y Eléctricas		
Canales analógicos: 8 ADC 10 bits	Alimentación: 4.8 V a 15 VDC	
Vel. de muestreo: 6000 muestras/s	Corriente requerida: 20 mA de salida y 10 mA de entrada	
Vel. de Transmisión: 0.3 a 460.8 Kbaudios	Capacidad EEPROM: 32 KB SPI	
Tiempo real, Multitarea y Punto Flotante	Capacidad RAM: 400 Bytes	
Uso e Importancia: Este elemento es usado para controlar y comunicar las variables del proceso.		

4.4.2. PWM 1,2 y 3

En la Figura 16 se puede apreciar la composición interna del sistema microcontrolado que genera la potencia requerida por el Motoreductor. Esta tarjeta tiene como entrada de referencia un canal analógico de 0 a 5v la cual indica el sentido y la velocidad del Motoreductor tomando como cero 2.5v. Por ejemplo 0v indica máxima velocidad en sentido antihorario y 5v indica máxima velocidad en el otro sentido. Como acción de control tiene una salida de voltaje aplicado al motor con técnicas PWM (Pulse Width Modulation) Bipolar el cual nos permite aumentar el factor de potencia del sistema electrónico que compone el puente H de Mosfets; además la utilización de Transistores de potencia Mosfets nos brinda mayor corriente de trabajo y cuenta con características tales como rápida respuesta y su excitación por niveles de voltaje y no por corriente.

El microcontrolador Motorola 68HC908JK3 es el encargado de generar el ancho de pulso bipolar en niveles de tensión TTL que posteriormente el circuito integrado IR2110 acciona los Mosfets IR101 del puente H. El lenguaje de programación del microcontrolador es el ASSEMBLER y requiere un hardware adicional para la descargar el programa a la memoria.

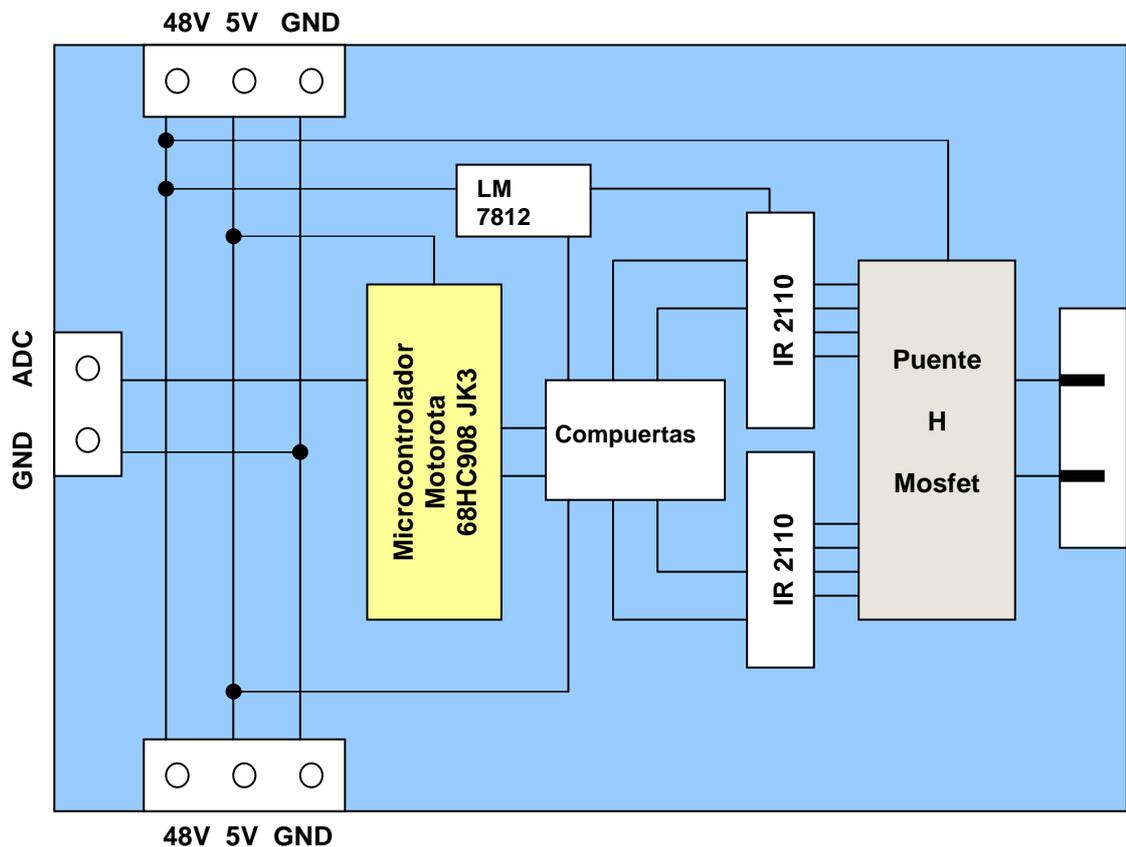


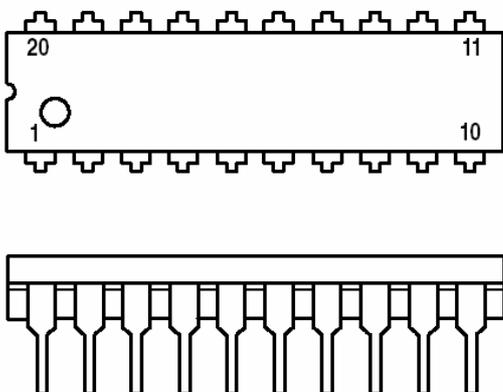
Figura 16.- Layout del sistema PWM

En la tabla 15. se tiene el listado de partes que componen la tarjeta PWM y en La tabla 16. muestra las especificaciones técnicas del microcontrolador Motorola 68HC908JK3.

Tabla 15.- Listado de elementos de las tarjetas PWM

Cantidad	Elemento	Descripción
3	Microcontrolador Motorota 68HC908JK3	
6	IR2110	
16	Mosfets IRFZ44	
4	Negadores 74LS06	
16	4081 Cmos	Open Collector
5	Regulador de voltaje LM7812	
4	Cristal 5MHz	
16	Diodos 1N4148	
50	Resistencias 4.7 Kohms	
30	Resistencias 47 ohms	
5	Resistencias 22 ohms ½ W	
10	Resistencias 100 ohms	
16	Resistencia 10 ohms	
20	Resistencia 1 Kohms	
5	Condensadores 22 µF	
16	Condensadores 0.001 µF	
16	Condensadores 0.047 µF	
3	PCBs	
3	Conectores Hembra	Para dos cables I _{max} =3A
3	Conectores Macho PCB	Para dos cables I _{max} =3A
3	Conectores Hembra	Para dos cables I _{max} =1A
3	Conectores Macho PCB	Para dos cables I _{max} =1A
6	Conectores atornillable PCB	Para tres cables
1	Cable Plano	4 líneas

Tabla 16.- Especificaciones del Microcontrolador

MICROCONTROLADOR MOTOROLA 68HC908JK3	Empresa	No.	
	MOTOROLA	10	
		Cantidad:	3
		Unidades:	ISO

Características Generales y Eléctricas	
Canales analógicos: 12 ADC 8 bits	Alimentación: 6 VDC
Cristal: 5 MHz	Corriente máx. requerida: 100 mA de salida y entrada
Rango de Temperatura: -40 a 80 °C	Capacidad memoria FLASH : 4 KB
Módulos PWM de 8 bits	Capacidad RAM: 128 Bytes
Uso e Importancia: Este elemento es usado para controlar el ancho de pulso suministrado al Motoreductor.	

4.4.3. Relé

Para accionar las válvulas direccionales la corriente suministradas por el microcontrolador es muy baja, por este motivo los Relés de estado sólido son usados para proporcionar la potencia requerida por la bobinas de la válvulas direccionales con alta frecuencia de conmutación. Estas bobinas o solenoides necesitan una tensión de 24 VDC y una corriente de sostenimiento de 1.8 A.

En la Figura 17, se muestra la distribución del PCB de los Relés. Esta tarjeta cumple con la modularidad del sistema permitiendo el intercambio de estas.

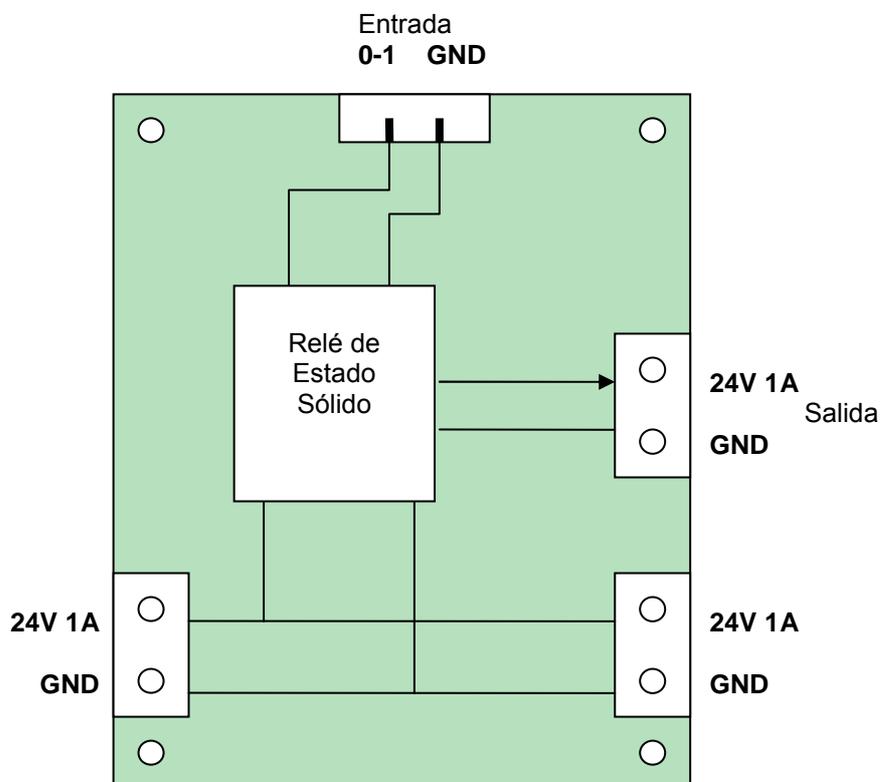


Figura 17.- Layout de la placa portadora del Relé

Tabla 17.- Listado de Elementos de la Tarjeta de Relés

Cantidad	Elemento	Descripción
4	Relés de estado sólido	I=6 ^a
6	Conectores Atornillable	Para dos cables
2	Conectores Macho	Para dos cables
2	Conectores Hembra	Para dos cables
2	PCBs	

4.4.4. Fuente de Poder

Todos los circuitos anteriormente nombrados requieren una alimentación eléctrica para poder funcionar, siguiendo la arquitectura del sistema la fuente de poder (ver Figura 18) esta compuesto por un solo modulo que se conecta con todos los módulos restantes proporcionándole su respectiva alimentación eléctrica.

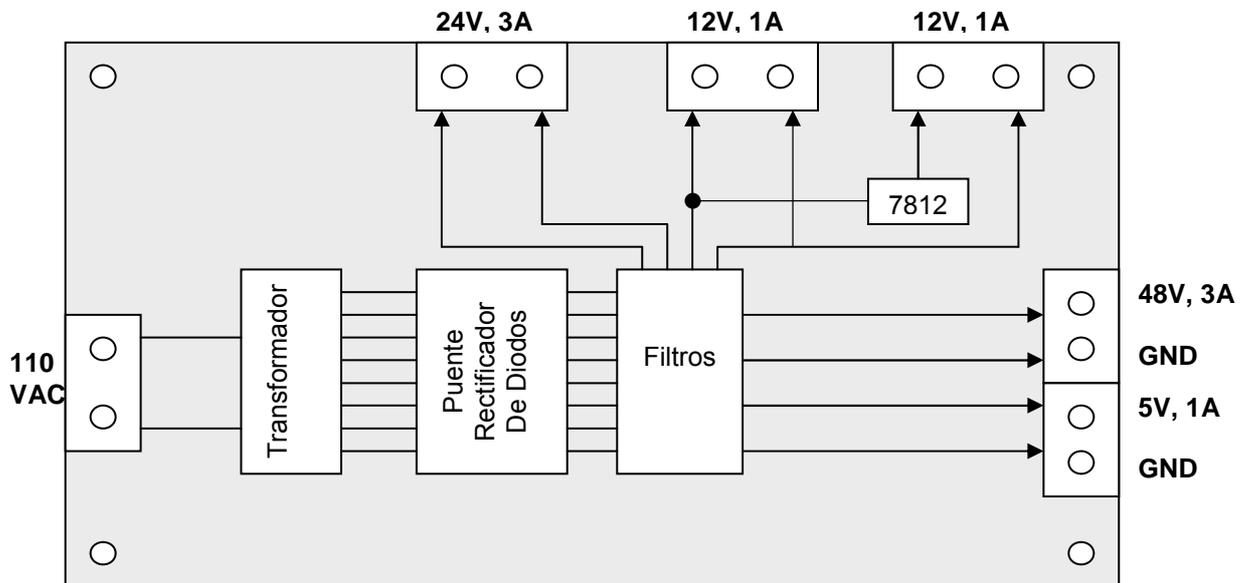


Figura 18.- Layout de la Fuente de Poder

Tabla 18.- Listado de Elementos de la Tarjeta Fuente de Poder

Cantidad	Elemento	Descripción
1	Transformador 110 AC	Salidas 7V,15V,28V,54V
4	Puentes de Diodos	
1	Filtro	
6	Conectores Atornillables	Para dos cables
1	LM 7805	
1	LM 7812	
1	PCB	

4.4.5. Arranque

Debido a que el motor de la unidad hidraulica cuenta con una alta potencia (15HP) no se debe realizar un arranque directo ya que adsorberia una corriente muy alta de linea; por lo cual se debe realizar un arranque tipo estrella-delta (ver Figura 19a) que consiste en realizar un arranque suave (estrella) permitiendo que cada bobina reciba una tension equivalente a la tension de fase, luego de alcanzar el 80% de la velocidad nominal del motor se pasa a un arranque fuerte (delta) permitiendo que cada bobina reciba una tension equivalente a la tension de linea.

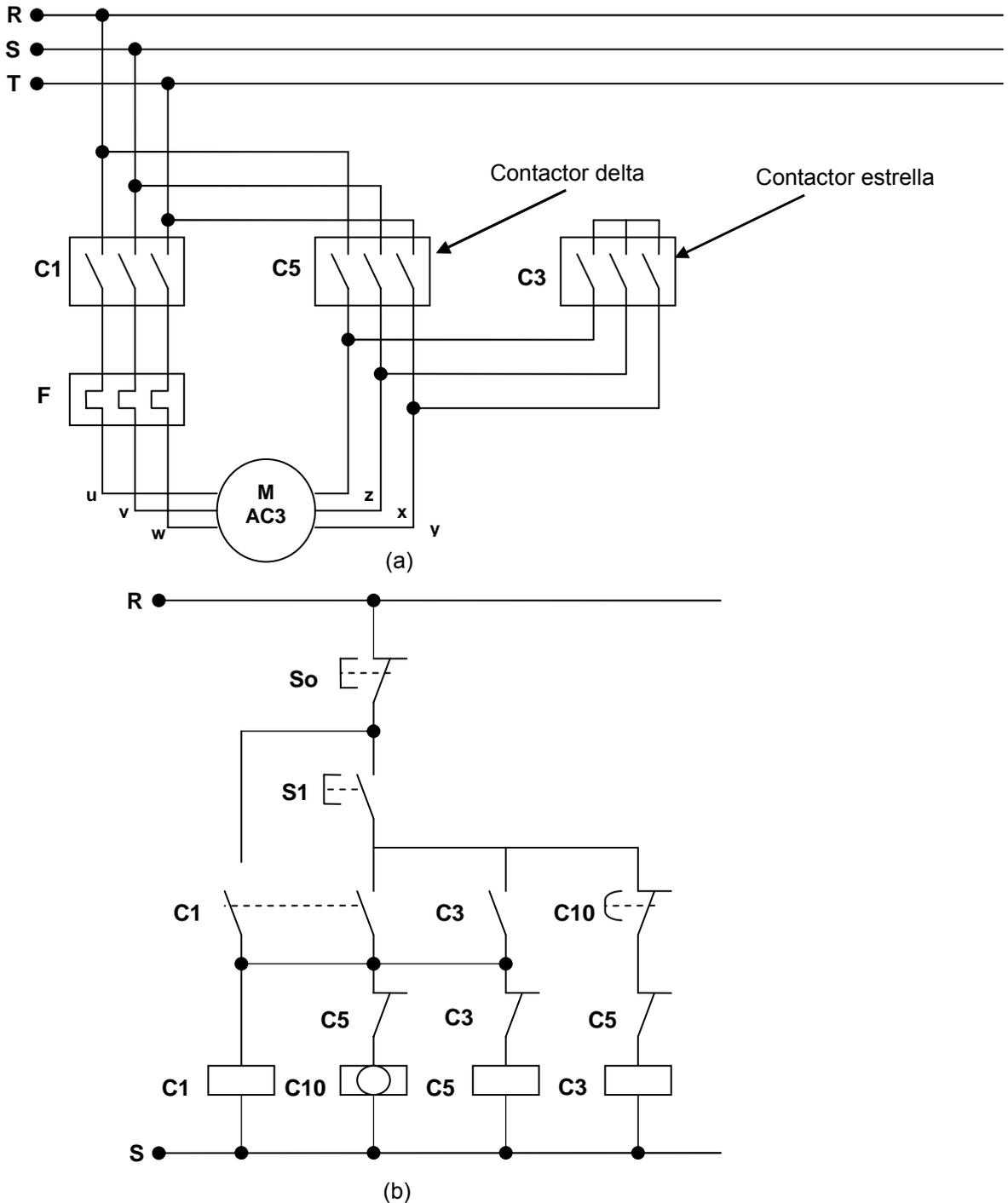


Figura 19.- (a) Diagrama de Arranque Estrella-Triangulo, (b) Cableado

En la Figura 19b, se observa el diagrama cableado del arranque estrella triangulo como se deberia de montar. En la tabla 19 se pueden ver los elementos que componen dicho arranque y en la tabla 20 se muestra un listado de algunos otros elementos necesarios para el sistema electrico.

Tabla 19.- Listado de Elementos del Arranque

Cantidad	Elemento	Descripción
1	Relé térmico	$I_{max} > 58\% I_{nom}$
1	Contactador de Red AC3	$I_{max} > 58\% I_{nom}$. 2 Aux. NA
1	Contactador "triangulo"	$I_{max} > 58\% I_{nom}$. 2 Aux. NC
1	Contactador "estrella"	$I_{max} > 33\% I_{nom}$. 1 Aux. NC, 1 aux.NA
1	Temporizador de 1 a 20s	1 aux NA, 1 aux NC
1	Caja metalica	Soporte del arrancador
5m	Cable para AC3	
1	Plug in AC3	
1	Toma AC3	
1m	Regla para montaje de contactos	
3m	Cubierta protectora de cables	Diam=1"
1	Botón Start/Stop	

Tabla 20.- Listado de otros Elementos

Cantidad	Elemento	Descripción
1	Caja principal	Ancho= ,Alto= , Profundo=
	Cubre cables	
3m	Cable de conexión	
1	Botón de ON/OFF	
2m	Tubo cubre cable	
2	Transductores de Presion	
1	Clarostato de 100K , 20 Vueltas	

5. Descripción del Software

El sistema completo esta compuesto por un software embebido en el microcontrolador y el otro esta instalado en el PC; El software del PC esta desarrollado para trabajar en el sistema operativo Windows usando el Visual Basic 6.0 como herramienta de desarrollo, el objetivo principal de este es servir de interfaz entre la maquina y el usuario permitiendo la configuración y monitoreo de todas las variables del proceso de embutición.

Para el desarrollo del software es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Usuarios

Los posibles usuarios del software son los estudiantes, docentes, personal de laboratorio y técnicos de mantenimiento.

- Metas

La metas propuestas son: buena comunicación entre el software y el microcontrolador, monitoreo y configuración de variables, visualizar animación 3D, permitir almacenamiento de los datos del proceso y disponer de ayudas necesarias para el manejo adecuado del software.

- Funciones

- Básicas

- Mostrar opciones de manejo online u offline con la maquina.
- Solicitar y verificar contraseña para acceder al sistema.
- Mostrar la función de los componentes (botones, caja de texto y casillas de opción).
- Configurar parámetros de funcionamiento.
- Verificar puerta y botón de emergencia.

- Comunicación

- Verificar puerto serial.
- Establecer comunicación con el microcontrolador.
- Validar protocolo de comunicación con el microcontrolador.

- Monitoreo

- Visualizar los datos leídos (textual y gráficamente).
- Visualizar el estado de la maquina.
- Visualizar el estado de la comunicación.

- Control
 - Verificar estado del subsistema (microcontrolador-maquina).
 - Verificar e impedir errores o inconsistencias de datos recibidos.
 - Verificar botón de encendido.

- Registro
 - Permitir almacenamiento de datos obtenidos en disquete y disco duro.
 - Imprimir datos almacenados.
 - Permitir cambio de contraseña.

- Animación 3D
 - Animar objetos 3D involucradas en el proceso (sujetador y punzón-acople).
 - Permitir animación offline del proceso.
 - Controlar animación por intermedio de botones.

Para entender el comportamiento del sistema es necesario establecer la relación entre el usuario y el software; se puede observar en la figura 20 los casos de uso del sistema. En la Figura 21, se muestra la representación conceptual de los objetos reales y virtuales que se relacionan entre si.

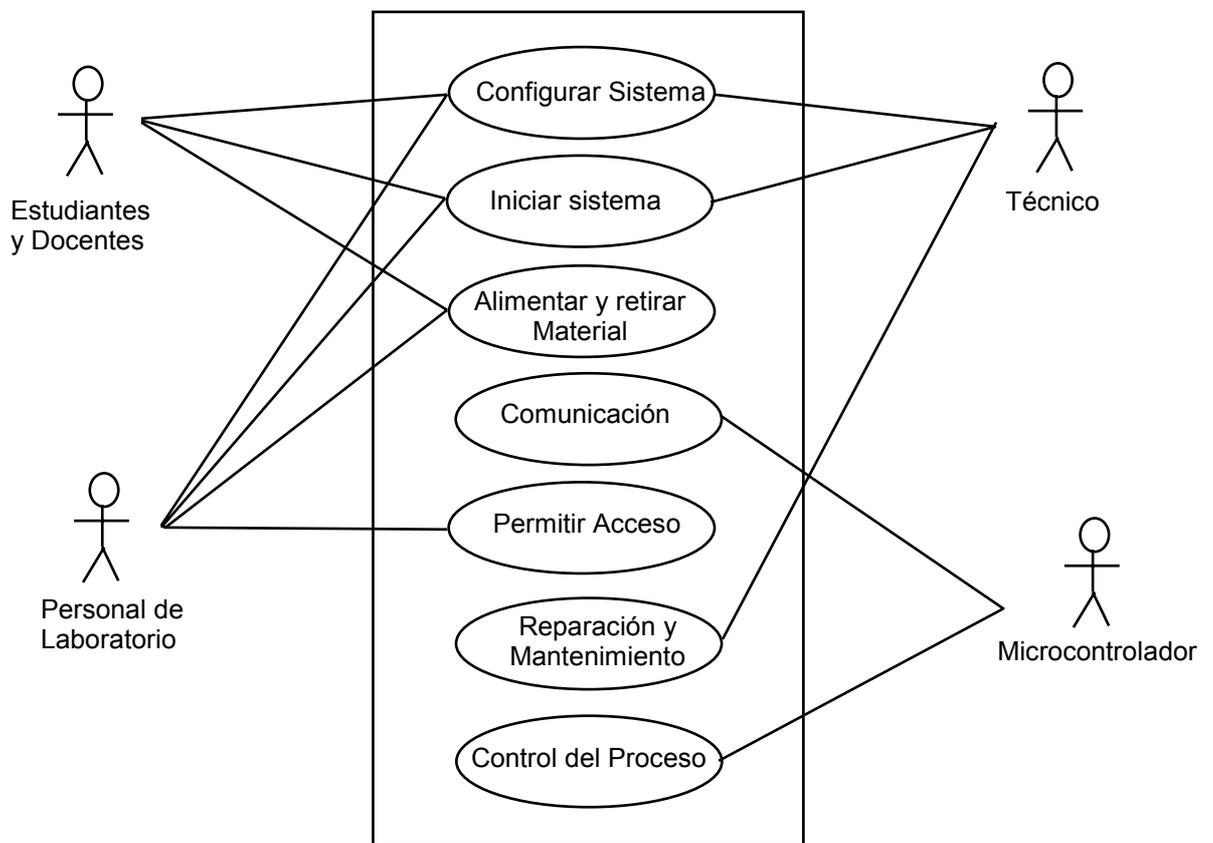


Figura 20.- Diagrama de Casos de Uso

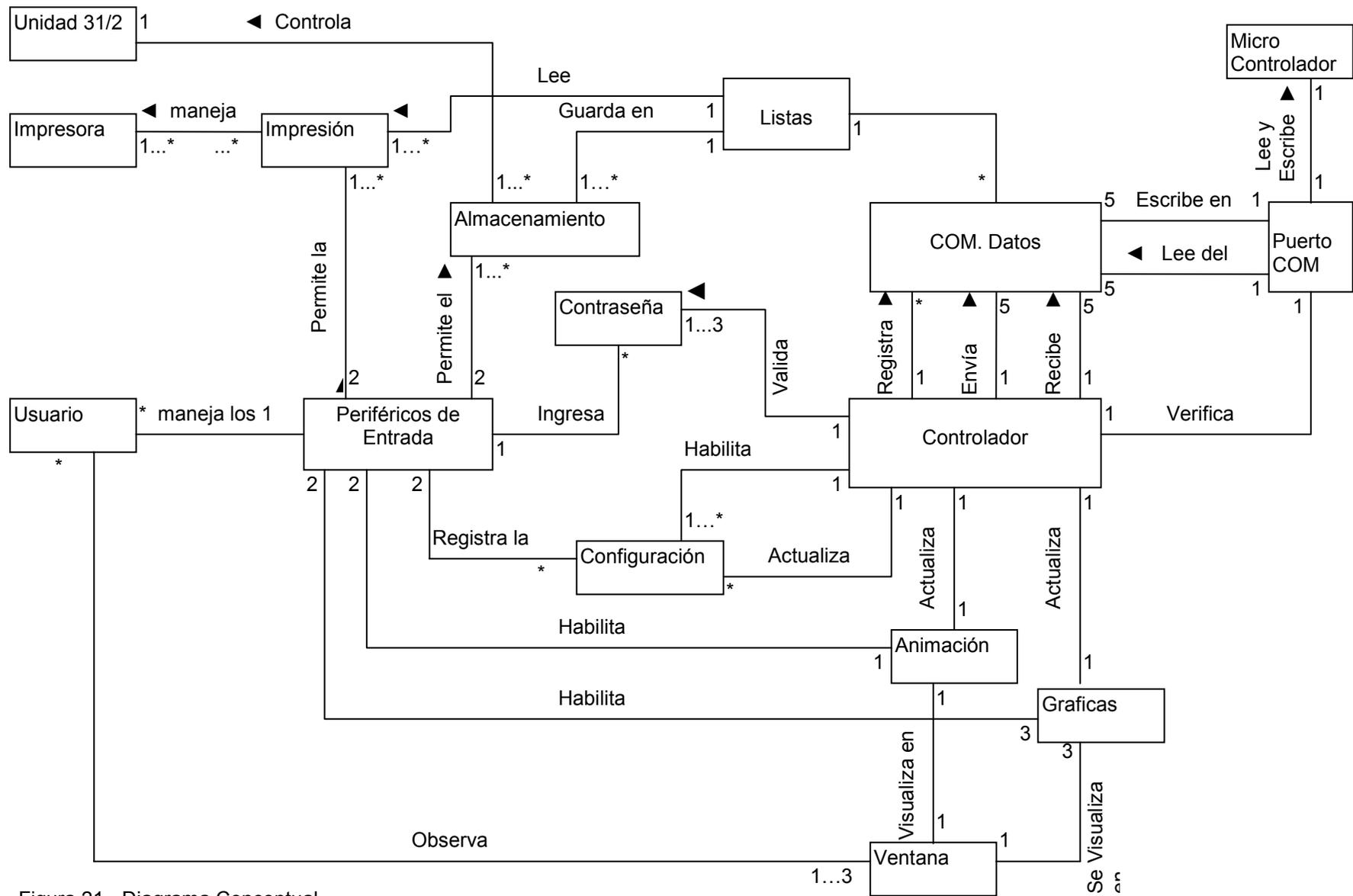


Figura 21.- Diagrama Conceptual

5.1. Manejo del Software

El manejo del software se facilita gracias al uso de ventanas tipo Windows que los usuarios están acostumbrados a manipular. Inicialmente el curso normal de eventos es el siguiente:

- Iniciar el programa
- Ingresar contraseña de usuario (ver Figura 22)

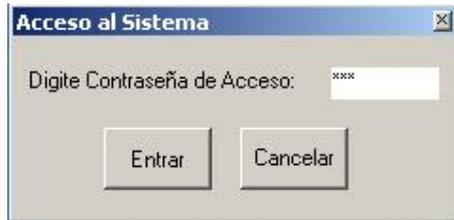


Figura 22.- Ventana de Acceso

- Seleccionar modo "online" o "offline" el cual se refiere a trabajar con la maquina o sin ella (ver Figura 23).

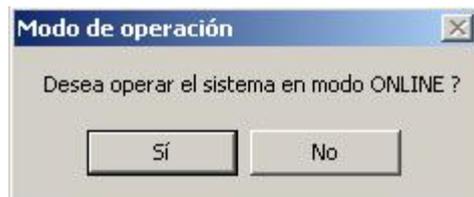


Figura 23.- Selección del modo de operación

- Aparece una ventana como se muestra en la figura 23, luego se presiona el botón "Nuevo Laboratorio"



Figura 23.- Barra de herramientas de la ventana principal

- Al realizar el paso anterior aparece dentro de la ventana principal el panel de configuración mostrado en la Figura 24. En este panel se visualiza las cuatro variables configurables, el cual estos valores pueden ser modificados arrastrando la barra de desplazamiento de izquierda a derecha.



Figura 24.- Panel de configuración del proceso

- Luego de presionar aplicar se despliega la ventana de Animación 3D (ver Figura 25) y aparecen en la barra de herramientas otros botones mostrados en la Figura 26.



Figura 25.- Ventana de Animación 3D

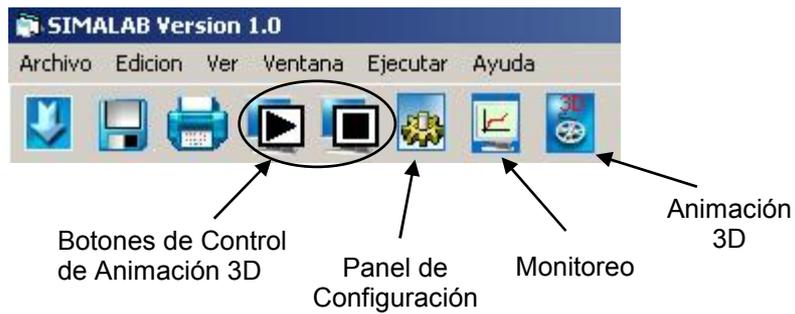


Figura 26.- Barra de herramientas después de aplicar la configuración

- Dentro de la misma barra de herramientas el boton de monitoreo despliega una ventana en donde se encuentran las graficas contra el tiempo.

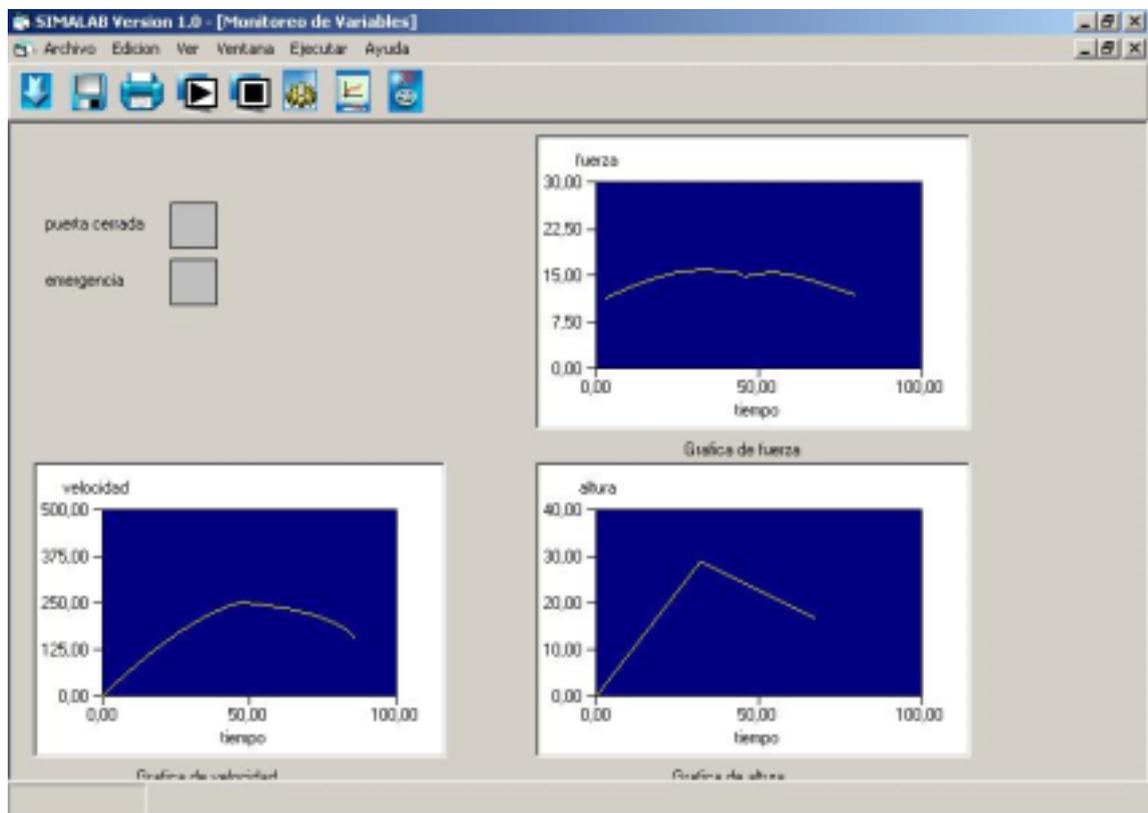


Figura 27.- Ventana de Monitoreo

- op

