



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA SUAJADORA  
DE TAPAS PARA YOGHURT**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTA:  
PÁVEL SOLÍS SÁNCHEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M.F. GABRIEL HURTADO CHONG**



**MÉXICO D.F.**

**NOVIEMBRE 2011**

## Contenido

Resumen.....	2
Introducción.....	3
Marco Metodológico.....	4
Planteamiento del problema.....	4
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación.....	6
Capítulo I – Marco teórico .....	7
1.1 Máquinas de corte.....	7
1.1.1 Troqueladoras .....	11
1.1.2 Suajadoras .....	13
1.2 Antecedentes .....	18
1.2.1 Principios.....	18
1.2.2 Beneficios.....	23
Capítulo II – Fases de experimentación.....	25
2.1 Análisis de diseños .....	25
2.2 Análisis de Materiales .....	30
2.3 Análisis de Costos.....	39
2.4 Diseño de Prototipo.....	41
2.5 Funcionamiento del prototipo .....	50
Capítulo III – Resultados.....	52
3.1 Presentación del diseño óptimo .....	52
3.2 Resultados .....	54
Conclusiones.....	55
Fuentes consultadas .....	56
Glosario.....	58
Anexos .....	61

## Resumen

Una empresa dedicada a la producción de material para empaque desea incrementar su competitividad económica. Es por ello que solicita la adaptación de una de sus máquinas, con la finalidad de conseguir una mayor participación en el mercado. La forma en que creen conveniente aumentar su productividad, es con el mejoramiento de una de sus suajadoras, que son máquinas que funcionan mediante un troquel y sirven para cortar las tapas de aluminio de una bobina ya impresa.

Dicha suajadora se encuentra actualmente fuera de uso debido a que su tarjeta de control se averió.

En vista del deseo de crecimiento se tomó la decisión de rehabilitarla, poniendo a consideración la actualización del sistema de control. Para esto se analizó emplear un PLC con su respectivo programa, así como diversos dispositivos auxiliares necesarios para su implementación.

Posteriormente se realizaron diversas pruebas y mejoras con la finalidad de ajustar el sistema a las necesidades del cliente para dejar lista la máquina para comenzar con la producción.

Al finalizar el trabajo se cubren los objetivos planteados, pues se logra implementar el sistema de reconocimiento de marcas planteado, se reducen el material de desperdicio y los tiempos de ajuste y se rehabilita el funcionamiento de la máquina al 100%.

## Introducción

Con el presente trabajo se busca solucionar un problema real de la industria respondiendo a la necesidad de actualización que tienen las diversas empresas con la finalidad de poder mantener la competitividad dentro del mercado, incrementando su volumen de producción mediante diversas tecnologías para la automatización de varios procesos.

En el trabajo se involucra tanto la parte teórica como la parte práctica, pues es necesario plantear una solución y posteriormente corroborar el buen funcionamiento de la máquina para asegurar que se resuelve la problemática planteada.

Al ser un proyecto que debe dar solución a un problema real, se debe considerar cada aspecto de tal forma en que se pueda dar una respuesta rápida, eficiente y efectiva sin descuidar el aspecto económico.

El presente trabajo comprende básicamente tres capítulos. En el primero se establecen los antecedentes del proyecto y se conocen los alcances deseados tomando como base el funcionamiento original de la máquina.

Para el segundo capítulo se plantea un diseño para posteriormente implementarlo, esto tras haber hecho un análisis de los componentes que conformarán al nuevo sistema de control. Esto llevará a la realización de un prototipo, en donde se observa si el diseño fue el adecuado para resolver la problemática planteada.

En el tercer y último capítulo se aborda el análisis de los resultados con la finalidad de determinar las posibles mejoras al sistema propuesto.

## Marco Metodológico

### Planteamiento del problema

Dentro de una compañía mexicana dedicada al suministro de material de empaque primario para la industria cuentan con diversas máquinas que les ayudan a preparar sus materiales con la finalidad de alistar su materia prima.

Los dos aparatos principales en la preparación de sus empaques son imprentas y troqueladoras, con las cuales pueden disponer de materiales plásticos y metálicos impresos y con la geometría indicada de acuerdo con la aplicación en la cual serán utilizados.

Al dejar de funcionar una de sus troqueladoras plantean la viabilidad de repararla y actualizarla antes de adquirir equipo nuevo, ya que requieren de esta maquinaria para poder cubrir sus metas de producción lo más inmediatamente posible.

## Objetivo General

Actualizar y automatizar una máquina suajadora, diseñando, elaborando e instalando un tablero de control así como el programa necesario para manipularla, sustituyendo al ya obsoleto sistema de control original.

## Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de reconocimiento de marcas que permita realizar cortes a ciertas distancias establecidas.
- Rehabilitar y mejorar el sistema de conteo de piezas.
- Reducir el tiempo de ajuste de la máquina.
- Reducir el material de desperdicio.
- Conservar o incrementar la producción de la máquina.

## Justificación

En el presente proyecto se logra extender la vida útil de algunos equipos de aplicación industrial. La relevancia de esto radica en que en algunas ocasiones, ciertos aparatos dejan de ser utilizables al no existir refacciones para ellos debido a los avances tecnológicos que los hacen quedar obsoletos.

Al implementar un nuevo sistema de control se busca mantener la maquinaria actualizada, pues el resto de sus componentes se encuentran en buenas condiciones y pueden ser perfectamente reutilizables, de tal forma que con una inversión relativamente pequeña, las industrias pueden conservar sus aparatos durante un mayor periodo de tiempo reduciendo sus costos antes de tener que recurrir a la sustitución definitiva de sus equipos.

## Capítulo I – Marco teórico

### 1.1 Máquinas de corte

El corte es una actividad fundamental y primaria que se ha dado a lo largo de la historia para la subsistencia de cualquier civilización. Sin duda su mayor auge comienza cuando existe la necesidad de realizar dicha actividad para fabricar cualquier tipo de herramental.

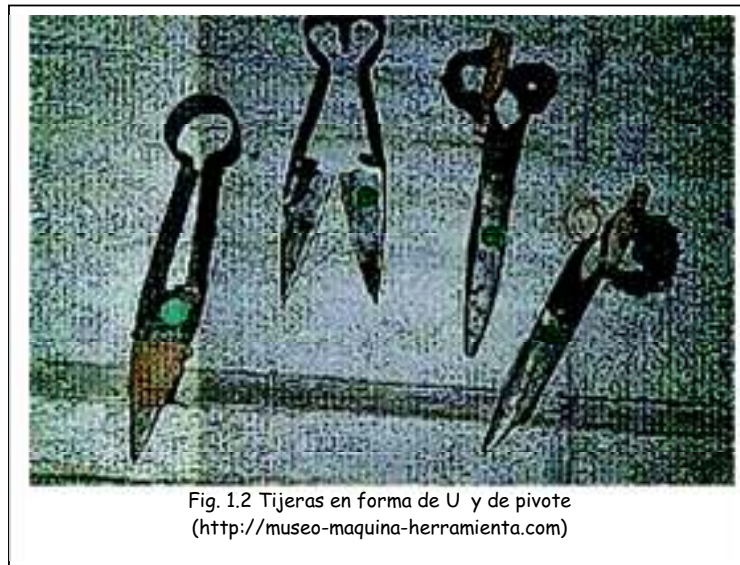
En la presente investigación se hace referencia a la historia de la actividad de corte, ésta sin duda puede ser extensa y con bastantes vertientes. Ante ello, sólo se hará mención de algunos puntos claves que ayuden a entender sus orígenes e historia, así mismo, hacer reflexión de la importancia de hoy en día que ha cultivado desde sus inicios.

- La tajadera, el tranchete del yunque y el cortafríos (fig. 1.1), usados por los herreros durante siglos, han sido las herramientas universales para cortar en frío y caliente, chapa, palastro y perfiles diversos. (<http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/xaflaren-ebaketa-deformazioa>).





- Para el corte de chapa o fleje, la tijera o cizalla ha sido el instrumento básico durante siglos. Como instrumento manual, el uso de la tijera se remonta a la edad del bronce. En sus inicios era una hoja de metal doblada en forma de U y sólo a partir del siglo XIV aparecen las tijeras de pivote, con las dos hojas móviles alrededor de un eje. La llamada cizalla o tijera de palanca, manejada manualmente, permitía cortar espesores de hasta 5mm y también podía ser accionada a pedal (fig. 1.2). (<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/8647-Evolucion-de-los-procesos-de-corte-y-deformacion-de-chapa.html>).



- Para principios del siglo XVI Leonardo Da Vinci había diseñado la laminadora, la recortadora y la prensa de balancín (fig. 1.3). Estos diseños sirvieron a Cellini para construir una rudimentaria prensa de balancín en 1530, pero la puesta en práctica generalizada para la acuñación de moneda se atribuye a Nicolás Briot en 1626.



- El francés Blaise Pascal, descubrió en 1650 el principio de la prensa hidráulica. El principio de Pascal afirma que cualquier aumento de presión en la superficie de un fluido se transmite a cualquier punto del fluido. Un depósito con dos émbolos de distinta sección conectados a él permite amplificar la fuerza aplicada en el émbolo pequeño y además cambia la dirección de la fuerza aplicada.
- En 1845, el francés Calla construye una cizalla accionada a vapor, para cortar palastro grueso. Se desarrollan punzonadoras combinadas con cizalla (fig. 1.4), accionadas a mano, para punzonar, cortar palastro y perfiles diversos. (<http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/xaflaren-ebaketa-deformazioa>).



- Hacia finales del siglo XIX, se desarrollan varias máquinas más potentes para ser accionadas por transmisión. Máquinas para enderezar palastro, cintradoras para curvar llantas, ángulos, etc. (fig. 1.5) Cizallas para cortar palastro y plegadoras para chapa y palastro delgado. (<http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/xaflaren-ebaketa-deformazioa>).



- A principios del siglo XX, también para ser accionadas por transmisión se construyen punzonadoras combinadas con cizalla para cortar palastro, perfiles en ángulo, barras redondas, cuadradillos, etc.



Fig. 1.6 Troquel excéntrico accionado por motor eléctrico.  
(<http://museo-maquina-herramienta.com>)

En las décadas siguientes se construyeron cizallas cada vez más potentes y sofisticadas, equipadas con varias cuchillas o combinadas con punzonadoras.

### 1.1.1 Troqueladoras

Una troqueladora es una máquina de bordes cortantes para recortar o estampar, por presión, planchas, cartones, cueros, etc. El troquelado es, por ejemplo, una de las principales operaciones en el proceso de fabricación de embalajes de cartón.

El troquel consiste en:

- Una base de una matriz con mayor resistencia o dureza que las cuchillas o estampa de elaboración de la pieza.

- Las regletas cortadoras o hendedoras. Sus funciones son las siguientes:
  - Cortar para perfilar la silueta exterior o bien para fabricar ventanas u orificios interiores.
  - Hender, para fabricar pliegues.
  - Perforar con el fin de crear un precortado que permita un fácil rasgado.
  - Semicortar, es decir, realizar un corte parcial que no llegue a traspasar la plancha.
  
- Gomas. Gruesos bloques de goma que se colocan junto a las cuchillas y cuya función es la de separar por presión el recorte sobrante.

Existen dos tipos básicos de troqueles:

Troquel plano. Su perfil es plano y la base contra la que actúa es metálica. Su movimiento es perpendicular a la plancha consiguiendo así una gran precisión en el corte.

Troquel rotativo. El troquel es cilíndrico y la base opuesta está hecha con un material flexible. Al contrario que en el troquelado plano, el movimiento es continuo y el registro de corte es de menor precisión. Ello es debido a que la incidencia de las cuchillas sobre la plancha se realiza de forma oblicua a la misma. Los embalajes fabricados en rotativo son, por tanto, aquellos que no presentan altas exigencias estructurales tales como las *Wrap Around* o algunas bandejas. Por su movimiento continuo, el troquelado rotativo consigue mayor productividad en fabricación que el plano.

En la industria del cartón ondulado se utilizan indistintamente ambos tipos de troquel, si bien en la fabricación de cartoncillo se da el plano por sus mayores necesidades de precisión. En la industria del calzado se utiliza el troquel plano,

realizado con un fleje especial de acero dispuesto perpendicularmente a la piel que descansa sobre una superficie plana. El fleje está reforzado con platinas de hierro que mantienen su perpendicularidad.

El diseño del troquel viene definido por las necesidades del envasador pudiendo conferir a la caja las más variadas formas. Su fabricación es todavía muy artesanal realizándose siempre bajo pedido.

(<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/5193/1/ice004.pdf>).

### 1.1.2 Suajadoras

Las máquinas del tipo corte con suaje se utilizan cuando se requiere fabricar corridas no muy grandes, con cambios constantes de modelos. El corte por medio de suaje es una placa que corta contra una superficie plana. Este sistema es muy económico, por lo que en piezas que requieran corridas pequeñas (promociones de *blister pack*, charolas, y diferentes tipos de empaques), este tipo de máquinas es lo ideal. La característica de los productos fabricados en estas máquinas son: poco volumen de producción, superficies grandes, y poca profundidad.

El herramental usado en este proceso es el suaje, el cual es confeccionado con placa de acero, para cortar, doblar o marcar materiales blandos como: papel, tela, cuero, plástico etc. Las placas de corte son tiras de metal con filo en un lado. Las placas de doblado no tienen filo. Existen placas para corte continuo, corte intermitente o doblado.

(<http://sustam.com/Estructuras/proyectos/janfrex/desarrollo2/index.php?categoria=2>).

La Suajadora de Rodillos es una máquina económica ideal para troquelado, perforado y repujado de diversos materiales, tales como: plásticos, termo formados, hojas de "*Skin Pack*", cartón, hule espuma, piel, etc.

El tiempo empleado en cada ciclo es menor que el de los troqueles hidráulicos convencionales, debido a que los rangos de producción son mayores.

La fuerza de corte es concentrada entre los puntos tangentes de dos rodillos opuestos y aplicada progresivamente al suaje, a medida que éste pasa entre ellos, de tal manera que la fuerza requerida para cortar la línea tangente entre los rodillos y el suaje es mínima, lo cual reduce considerablemente el desgaste del herramental.

La máquina cuenta con un dispositivo de seguridad, que invierte automáticamente el sentido del giro de los rodillos suajadores, cuando un cuerpo extraño trata de introducirse entre el suaje y el rodillo superior.

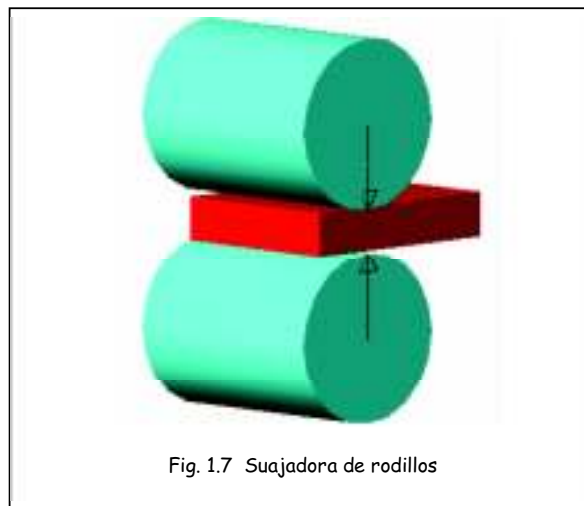
La altura del rodillo superior es regulable para ajustarse a la altura del artículo dentro del rango que el modelo permita, mediante husillo, que puede accionarse del lado izquierdo o derecho.

En la actualidad en la industria de la maquila en lo referente al corte por suaje, se cuenta con dos principales sistemas de operación, uno es el sistema de presión por rodillos y el otro es el llamado tipo troquel, los dos sistemas son utilizados en el sector industrial, principalmente en la industria maquiladora, requiriendo piezas como: cartón, plástico e incluso metales que tengan ciertas formas, cortes precisos o limpios, es decir que el corte sea totalmente uniforme, preciso y que se realice en un solo movimiento y sin desprendimiento de viruta.

A continuación se presenta una breve explicación de los sistemas antes mencionados.

### **Sistema de presión por rodillo**

En este sistema la fuerza de corte es concentrada entre los puntos tangentes de los dos rodillos colocados en lados opuestos y aplicada progresivamente al suaje a medida que el suaje pasa entre los rodillos. Así la fuerza total sólo es aplicada en este único punto de tal manera que la fuerza requerida para cortar es mínima y puntual, por consecuencia, no hay tanto desgaste en la herramienta. Por otro lado, la curvatura de los rodillos propicia que los materiales entren simplemente al acercarlos, ya que poseen una tracción entre ellos. Para ajustar la presión del sistema sólo es necesario mover uno o los dos rodillos reduciendo el espacio entre ellos.



### **Sistema de corte por troquel**

Esta máquina cuenta con una plancha fija y otra móvil, la cual puede ser movida por un mecanismo que puede ser: sistema mecánico, hidráulico o neumático.

Un sistema mecánico muy utilizado es el de la leva: consiste en un mecanismo de poleas en el cual uno de los dos ejes se encuentra conectado a un motor, mientras

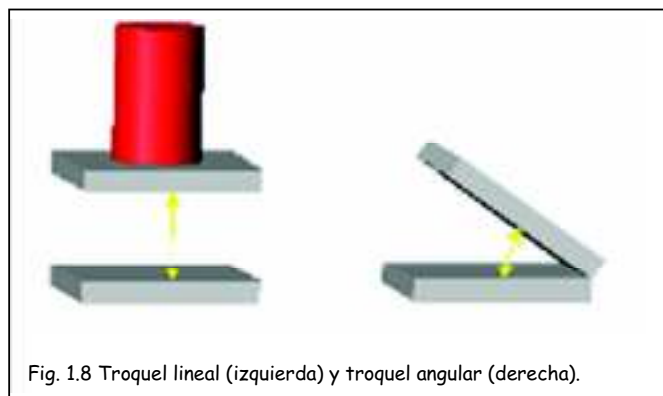


que el otro se encuentra conectado a un eje descentrado, esto da el efecto de una leva; este mecanismo tiene un embrague que a través de un pedal o un botón acciona el eje de la leva que origina un movimiento axial sobre el eje del pistón, este tipo de troquel es empleado en procesos rápidos pues realiza el movimiento de vaivén en una sola revolución del eje, y es utilizado normalmente para perforar o chapar piezas.

También existe la posibilidad de implementar un sistema hidráulico o neumático, donde un motor bombea fluido ya sea hidráulico o gaseoso por los conductos, hasta un pistón donde la presión generada por el motor, desplaza un émbolo el cual ejerce la presión sobre las placas. Este método se subdivide en dos.

### **Troquel lineal y angular**

La diferencia es que en el troquel lineal el movimiento es totalmente axial es decir sólo a lo largo de la línea de movimiento, debido a que los troqueles de este tipo son de gran capacidad, generalmente la placa móvil lleva unas guías que limitan el movimiento, este tipo de prensas crean presión sobre toda el área de la plancha.



De la misma manera, el troquel angular es dirigido por una guía curva la cual dirige el movimiento de una forma angular, como el movimiento de una tijera la presión se va distribuyendo sobre toda el área de la placa.

Los sistemas hidráulicos son utilizados en procesos un poco más lentos, debido a que el fluido tiene que desplazarse de un lugar a otro, sin embargo, es capaz de generar grandes fuerzas del orden de las toneladas.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Principios

Para poder cubrir las necesidades del proyecto primero es necesario identificarlas, y esto se realiza sabiendo cuál es el proceso mediante el cual opera la máquina en cuestión, que es una *Remele Deckel-boy S* (Fig. 1.9).



Fig. 1.9 Suajadora a rehabilitar. (Extraída del manual del usuario)

Esta máquina realiza una cantidad de 250 cortes por minuto, lo que equivale a una producción de 15 000 piezas por hora y esto dependiendo del número de cortadores que tenga, pudiendo llegar hasta a 45 000 piezas por hora.

En el caso de la máquina con la que se cuenta tiene un cortador sencillo, por lo que tan sólo se realiza la producción básica de 15 000 piezas por hora.

El dispositivo en cuestión, cuenta con una tarjeta electrónica en la cual se reciben las diversas señales de entrada, se procesan y se envían señales de salida. La tarjeta se puede observar en la figura 1.10.



Para realizar el corte de las piezas se tiene un troquel, mismo que se acciona mediante un motor que controla tanto el arrastre del material como el accionar del freno. Esto se logra mediante un sistema conformado por un par de levas con ajuste mecánico.



La máquina utiliza unos sensores de contactos AZ-7144 (Fig. 1.12) de *Matsushita Electric Industrial Co.*, que es la misma compañía que *Panasonic*.

Estos sensores son microinterruptores de límite, y son empleados para identificar cuando las levas se encuentran en el punto en el cual se debe de frenar y cuando se debe de soltar el freno. Asimismo, hay un interruptor de este tipo empleado en el frente de la máquina, que cubre la función de un interruptor de seguridad.

Este interruptor de seguridad se ve accionado cuando se cierra la guarda que cubre al troquel, cerrando el circuito y permitiendo que la máquina sea accionada y/o continúe funcionando.



Fig. 1.12 Microswitch de límite

La máquina dispone de un sistema que regula la tensión del papel (Fig. 1.13 y 1.14), conformado por un motor y un par de sensores inductivos. Este sistema se acciona al llegar el cilindro de la imagen a un nivel máximo; en este punto el sensor inductivo lo detecta y enciende un motor que libera un poco más rápido el material a cortar evitando que éste se troce por la tensión existente.



Fig. 1.13 Sistema de regulación de tensión.



Además del sistema de levas, freno y embrague, es importante mencionar al troquel (fig. 1.15), mismo que realiza el suajado de las piezas. Éste simplemente se encuentra acoplado al motor principal a través del eje, por lo cual el corte se realiza siempre en la misma posición de giro del motor.

Las tapas cortadas son empujadas hacia afuera de la herramienta de troquelado en dirección frontal, y caen en la ranura de acumulación por debajo de la herramienta de troquelado. El empuje de las tapas en la ranura es efectuado por una varilla de levantamiento conectada a la herramienta de troquelado. Las tapas pueden sacarse de la ranura de acumulación en cualquier momento sin necesidad de parar la máquina.

Cuenta con una barra de guía que lleva una placa de contrapresión y se mueve por el buje de guía, mismo que es ajustable para la contrapresión necesaria. La contrapresión está correctamente ajustada cuando la barra de guía se mueve hacia afuera luego de cada golpe, sin embargo debe haber suficiente tensión para evitar que las tapas en el compartimiento se vuelquen.



Fig. 1.15 Troquel de la suajadora. Asimismo, se puede observar la barra de guía para el almacenamiento de las tapas cortadas.

### 1.2.2 Beneficios

El impacto de esta máquina en la empresa en que se encuentra radica en que permite diversificar la maquila de tapas, así como incrementar la producción que se tiene actualmente de 15 000 piezas por hora.

Al ser una máquina que trabaja por medio de un sistema mecánico en el cual el número máximo de golpes por minuto depende de las revoluciones del motor, no es posible incrementar dicha producción sin reemplazar al motor, por tal motivo los avances que se pretende tener irán encaminados tanto a reducir los costos de producción como a reducir la cantidad de desechos producida, atacando así tanto el aspecto económico como el aspecto ecológico.



Las mejoras a implementar se enfocarán en permitir que dicha empresa reduzca la cantidad de desechos producidos como parte del compromiso de ser una empresa socialmente responsable.

Asimismo se pretende que la reducción en la cantidad de desechos implique un mejor aprovechamiento de las materias primas, lo que se puede traducir en una menor utilización de materiales para producir la misma cantidad de producto.



Fig. 1.16 Troquel con piezas cortadas.

## Capítulo II – Fases de experimentación

### 2.1 Análisis de diseños

El sistema de control original de la máquina consistía en una tarjeta compuesta por diversos elementos electrónicos, por tal motivo, el reemplazo de la tarjeta ya existente por otra que cumpla las mismas funciones aparece como una primera alternativa.

Una segunda opción es diseñar un sistema de control totalmente diferente, compuesto por un PLC y sus dispositivos auxiliares, con la finalidad de reemplazar a la tarjeta original sin perder funcionalidad, conservando e incluso incrementando la productividad de la máquina.

Para la primera alternativa se vuelve necesario identificar cuáles son los elementos que conforman la tarjeta, cuáles son sus conexiones y cuál es la función que realiza cada uno de los dispositivos que la conforman. De igual manera, hay que identificar los valores de cada elemento en cuanto a resistencia, capacitancia, corriente, voltaje, etc., y buscar dichos elementos en el mercado.

Para la segunda alternativa basta con identificar cuál es el proceso que se desea que realice la máquina para posteriormente asignar funciones a los diversos elementos que irán conectados a las entradas del PLC, así como a los actuadores que se encontrarán alimentados por las salidas.

De forma adicional, es necesario identificar los voltajes a los cuales funcionarán los diversos actuadores para poder planear de forma sencilla las conexiones que se realizarán, así como las trayectorias que llevarán.

Ambas alternativas requieren del apoyo de algún software. En el caso de la primera, para poder generar las trayectorias adecuadamente en las conexiones

entre los distintos dispositivos electrónicos para posteriormente elaborar la tarjeta de control, o bien, mandarla maquilar.

En el caso de la segunda opción se necesita un software para poder programar el PLC.

Otro aspecto a analizar es que en caso de alguna falla, es más sencillo diagnosticar la causa en la propuesta del PLC. Asimismo, de requerir la sustitución de algún elemento, esto se puede hacer de forma mucho más sencilla que en la tarjeta, en cuyo caso la opción más viable suele ser, en muchos casos, el reemplazo total de la misma con todo y los componentes que aún resultan útiles.

Al ser un equipo con aplicación real en la industria, también es importante considerar que pueden llevarse a cabo algunas adaptaciones posteriores, por lo que se debe dejar abierta la posibilidad de incorporar algunas entradas y/o salidas al sistema de control, lo cual sería demasiado complicado en una tarjeta, no así en un PLC. En una tarjeta sería necesario rediseñar la misma para poder implementar las adaptaciones necesarias, lo cual repercutiría en nuevos costos así como en el tiempo de inactividad de la máquina, pues al ser un equipo especial, los tiempos de entrega para las cuestiones personalizadas crecen. En cambio, en el caso de utilizar un PLC, sólo se deben agregar algunas líneas al programa contenido en el mismo, así como realizar las conexiones adecuadas, y tal vez agregar algún módulo que permita cubrir cabalmente las funciones que se deseen realizar.

Otro factor importante es el tiempo de entrega. En este factor se deben considerar todas las causas que pueden hacer que el tiempo de entrega sea más o menos largo. Dentro de estas variables hay que tomar en cuenta tanto los tiempos que maneja cada proveedor para suministrar los distintos dispositivos que conforman el sistema de control, como los tiempos que se invertirán en el ensamble y puesta en marcha del mismo.

Junto con el costo, el tiempo es una de las cuestiones más importantes, ya que mientras menos tiempo esté detenida una máquina va a tener una mayor producción.

Al introducir todas las cuestiones anteriores a una matriz de decisión se obtienen los siguientes resultados:

PLC vs Tarjeta				
Dispositivo	PLC		Tarjeta	
Costo(5)	3	15	2	10
Tiempo de entrega(4)	3	12	2	8
Diagnóstico de fallas (3)	2	6	1	3
Reparación(2)	3	6	1	2
Modificable(1)	3	3	1	1
Suma	42		24	

En la primera columna se puede apreciar la importancia que se asignó a cada parámetro, indicada como el número entre paréntesis frente al concepto que se analiza en cada fila.

En la segunda y cuarta columnas se asigna un valor que significa qué tan bien se considera que es cubierto el parámetro indicado en la primera columna siendo 1 poco satisfactorio, 2 satisfactorio y 3 muy satisfactorio.

La tercera y quinta columnas son el resultado de multiplicar el factor de importancia por qué tan satisfactoriamente se ve cumplido.

Finalmente, la suma refleja cuál es la opción que obtiene los mejores resultados.

Se puede observar que la opción que incluye al PLC es la opción más viable. No obstante, se presentaron ambas propuestas al dueño de la máquina, para que éste tomara la decisión final, misma que coincidió con la aquí analizada.

Una vez que se tomó la decisión de emplear un PLC es necesario definir cuáles son los elementos necesarios para poder planificar los materiales a adquirir, así como el programa a diseñar.

Entre las mejoras que se solicitaron se encuentran las siguientes:

- Modo automático: este modo debe funcionar con los rollos de materia prima que cuentan con una marca de posición, de tal forma que es necesario incorporar un sensor óptico que permita realizar un paro en las posiciones indicadas. La ventaja que ofrece este modo es que basta con montar el rollo de materia prima en la máquina y echarla a andar para que ésta realice la producción sin un mayor ajuste adicional.
- Modo manual: en este modo el sensor óptico se encuentra inhabilitado, de tal forma que el funcionamiento del sistema será puramente mecánico, tal y como se encontraba originalmente.
- Modo *jog*: esta función es necesaria para realizar el ajuste de la máquina, pues es equivalente al modo manual, con la diferencia de que es necesario pulsar un botón para cerrar el circuito de alimentación, de tal manera que sólo funcionará la máquina cuando esta condición se cumpla.
- Mejora del sistema de almacenamiento de tapas: para esto se pretende incorporar una válvula electroneumática que se accione cuando el troquel realice el corte. De esta manera ayudará a que la tapa se introduzca en la guía y que no se quede adherida al troquel.

Adicionalmente se propuso incorporar un variador de velocidad a la máquina con la finalidad de poder ajustar este parámetro de tal forma que cuando se quisiera operar a una velocidad inferior a la que otorga el motor de la máquina fuera posible.

Esta propuesta fue declinada por el cliente debido a que los costos se elevaban considerablemente, por lo que consideró que con el modo Jog era suficiente cuando de ajustar el funcionamiento de la máquina se trata.

Para poder planificar tanto el diseño del tablero como el diseño del programa es necesario identificar las diferentes entradas y salidas, de tal forma que se puedan seleccionar los materiales adecuados tanto en especificaciones como en cantidades.

De acuerdo con el funcionamiento anteriormente descrito de la máquina y a las mejoras propuestas, estas son las entradas que deben tomarse en cuenta:

Entradas	
1	Arranque
2	Paro
3	Modo automático/manual
4	Modo <i>Jog</i>
5	Guarda de seguridad
6	Leva 1
7	Leva 2
8	Contador
9	Botón <i>Jog</i>
10	Fotocelda

En cuanto a las salidas se deben considerar las siguientes:

Salidas	
1	Arranque transmisión
2	Embrague
3	Freno
4	Válvula
5	Contador

El análisis previo de entradas y salidas nos permite observar que es necesario adquirir un PLC que admita 10 entradas y 5 salidas como mínimo.

De igual manera se debe poner un relevador por cada salida, con la finalidad de proteger al sistema y de facilitar las conexiones.

## 2.2 Análisis de Materiales

Para poder diseñar el sistema de control de forma eficiente se deben considerar todos los elementos que deberán ser empleados en la manufactura del mismo.

Al consultar al cliente se recibió la instrucción de reutilizar la mayor cantidad posible de elementos actuales con la finalidad de reducir costos. En todo caso, debido a los requerimientos del cliente, es necesario considerar los siguientes componentes:

- PLC. (1)
- Relevadores de control. (5)
- Fuente de voltaje para el PLC. (1)
- Contactor para el motor. (1)
- Contador para el número de piezas producidas. (1)
- Sensor óptico para la identificación de marca. (1)
- Cable para conexiones.
- Clemas. (17)
- Un interruptor termomagnético. (1)
- Botón para modo "Jog". (1)
- Focos indicadores para embrague y freno. (2)

Para el PLC se consideró utilizar como primera opción *Omron*, pues es la marca que solicitó el cliente.

Otra de sus solicitudes fue que se considerara un 50% adicional a la cantidad de entradas y salidas por si posteriormente querían realizar alguna modificación a la máquina, o algún acoplamiento a alguno de sus otros sistemas. El programa debe llevar 10 entradas y 5 salidas de acuerdo con el análisis previo, por lo cual se buscaron modelos que tuvieran un mínimo de 15 entradas y 8 salidas.

De forma paralela a la solicitud del cliente se analizó presentar una segunda alternativa con la marca *Allen Bradley*, de tal forma que se encontró que los equipos que pueden satisfacer dicha demanda son los de la familia CP1 de *Omron* y los *Micrologix* de *Allen Bradley*.

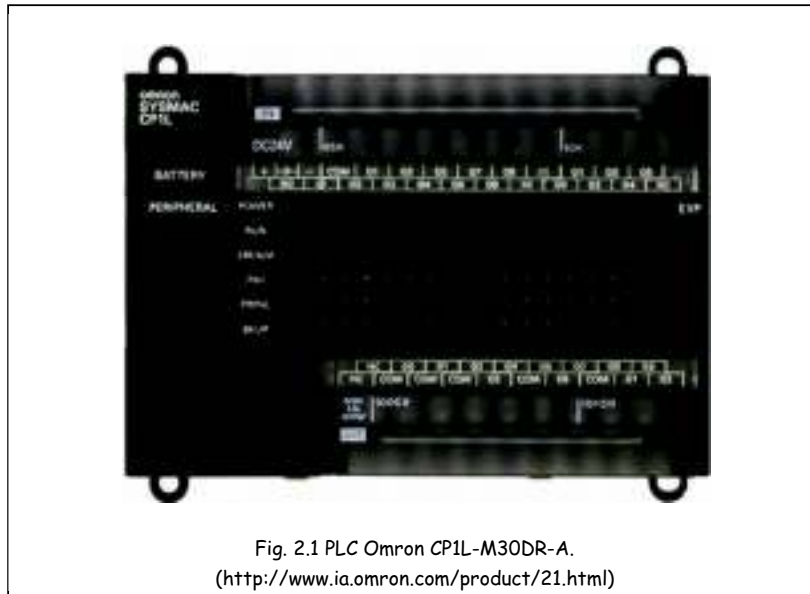
En el caso de *Omron* se encuentran las series CP1E, CP1H y CP1L. Todas ellas cumplen con la cantidad de entradas y salidas necesarias sin necesidad de incorporar módulos adicionales a los CPUs, por lo que los factores costo y tiempo de entrega serán los determinantes a la hora de elegir cuál es el más apto para el proyecto.

De las tres series anteriormente mencionadas, la serie L es la más sencilla, pero no por eso se encuentra limitada en cuanto a funciones se refiere. La serie H es la siguiente en cuanto a desarrollo, mientras que la serie E es la más avanzada.

Tras analizar la aplicación de los tres modelos se determina que tanto la serie H como la serie E están bastante sobradas para la aplicación en la cual se integrarán, y seguramente son más costosas que la serie L.

Ese análisis se realizará posteriormente, pero en lo que a esta sección respecta, se considera que la serie L es la más adecuada en su modelo de 18 entradas y 12 salidas (CP1L-M30DR-A), pues sólo se emplearán entradas digitales y salidas a relevador sencillas, debido a que la aplicación no presenta mayor complejidad.





La serie *Micrologix* de *Allen Bradley* presenta una más amplia gama de posibilidades. En esta marca se pueden elegir PLCs de distintas series, pero los que manejan la cantidad de entradas y salidas necesarias sin necesidad de emplear módulos de expansión son las siguientes: *Micrologix 1000*, *Micrologix 1200*, *Micrologix 1400* y *Micrologix 1500*.

De la serie *Micrologix 1000* se tiene al 1761-L32BWB como opción, pues cuenta con 20 entradas y 12 salidas. Este es el PLC más sencillo de la serie.

De la serie 1200 hay dos modelos: 1762-L24BWA y 1762-L40BWA, cuya diferencia es la cantidad de entradas y salidas. El modelo L24 cuenta con 14 entradas, mientras que el L40 con 24.

En cuanto a la serie 1400 de *Micrologix*, las entradas y salidas con las que cuenta se encuentran sobradas para la aplicación en la que serán utilizadas, y también cuenta con una gran cantidad de funciones que no serán utilizadas en este tipo de máquina. Asimismo, cuenta con una pantalla LCD para visualización y

configuración, que en este caso va a estar completamente desaprovechada. Por tal motivo, este equipo será descartado.

Por último, el *Micrologix* 1500 es un modelo aún más avanzado que el 1400, por lo que su utilización en esta aplicación es innecesaria.



Los relevadores que serán utilizados son de la marca *Finder*, serie 38, pues se cuenta con ellos en almacén y no representa un costo adicional para la ejecución del proyecto.



De acuerdo con los estándares que serán manejados para la ejecución del proyecto se considerarán las marcas *Omron* y *Siemens* para la fuente de voltaje que alimentará al PLC. Dicha fuente será de 24 volts.

Los modelos propuestos son la serie SV8M de *Omron* y la fuente *Logo!Power* de *Siemens*. La primera es de 2.2 amperes, mientras que la segunda es de 2.5 amperes.

Ambas fuentes cumplen con las especificaciones necesarias para los PLCs propuestos, por lo que la fuente a utilizar será la *Omron*, en caso de que el controlador sea de dicha marca. En caso contrario se empleará la fuente más económica con la finalidad de reducir los costos del proyecto e incrementar las ganancias obtenidas.



En cuanto a los microinterruptores empleados en las levas y en la guarda de seguridad, se detectó que el de la guarda había dejado de operar, y tras realizar una minuciosa revisión se determinó que se encontraba dañado.

Se notificó al cliente sobre esta cuestión y se envió la cotización respectiva para el reemplazo de esta pieza y ellos prefirieron reemplazarla con una refacción que tenían en su almacén. Dicho dispositivo es también un interruptor de límite aunque está un poco sobrado de acuerdo a las necesidades de la máquina.

El dispositivo que se empleó fue un microinterruptor de límite marca *Bernstein*, con capacidad de hasta 500 V y 10 A, además de que cuenta con el índice de protección 65 de acuerdo con la norma DIN 40050. Este índice de protección indica que los contactos se encuentran completamente protegidos ante la penetración de polvos, así sean muy finos, además de que resiste la presión de un chorro de agua.



Fig. 2.5 Microswitch Bernstein suministrado por el cliente.

Se comentó al cliente que dicha refacción estaba muy sobrada de acuerdo con las características del ambiente en el cual se tiene la máquina y su respuesta fue que era un elemento de una máquina con la que ya no contaban, por lo que preferían darle uso en lugar de mantenerla en el almacén. Por este motivo se procedió a la instalación de dicho elemento en la máquina.

El contactor de la máquina también se encontraba averiado, de tal forma que era necesario reemplazarlo. Para esto el cliente suministró un contactor marca *Cuttler-Hammer* de 220 VCA, con lo cual quedó cubierta esta parte.



Fig. 2.6 Contactor Cuttler - Hammer suministrado por el cliente.

Para reemplazar el contador averiado se empleará uno de la serie H7AN de *Omron*, pues cubre perfectamente las necesidades requeridas para este dispositivo, tanto en funciones como en dimensiones.



Fig. 2.7 Contador averiado (izquierda) y contador propuesto (derecha).

Otro punto a favor de este equipo es que se tiene en almacén, por lo que no representa un gasto adicional a la hora de adquirir materiales para la automatización del sistema, además de que ya no es necesario buscar algún equipo con tiempo de entrega corto.

El sensor óptico es otro de los elementos suministrados por el cliente. Es de la marca *Sick*, serie NT8. Con este equipo, al igual que con los demás que fueron suministrados por el cliente, sólo es necesario buscar la hoja de especificaciones correspondiente para realizar su implementación de forma adecuada.



Fig. 2.8 Sensor óptico marca Sick.

Un elemento más suministrado por el cliente es la válvula para adaptar al sistema de expulsión de tapas después de haber sido troqueladas. Es una electroválvula 3/2 marca *Festo*. Adicionalmente, el cliente se encargará de colocarle los racores y las mangueras adecuados para su instalación neumática.



Fig. 2.9 Electrovalvula Festo 3/2.

Por último, se consideró un interruptor termomagnético *Siemens* para proteger a la máquina. Este equipo también se tenía en almacén, pues es un elemento muy empleado como medida de seguridad en las instalaciones eléctricas y de control.



Fig. 2.10 Interruptor termomagnético Siemens.

El resto de materiales, como numeración, terminales, cable, y clemas se consideran materiales consumibles, pues no representan un costo significativo dentro del proyecto debido a que las cantidades a emplear de ellos son muy reducidas.

### 2.3 Análisis de Costos

Habiendo hecho la selección de los materiales a emplear debido a sus características es importante analizar también sus costos y su tiempo de entrega, pues muchas veces, a pesar de tener un costo aceptable, son equipos con tiempo de entrega largo, lo que orilla a analizar nuevas opciones.

Los PLCs seleccionados fueron los siguientes: 1762-L24BWA y 1762-L40BWA de *Allen Bradley* y CP1L-M30DR-A de *Omron*. En este análisis se considerará también al CP1L-M40DR-A, pues coincide en número de entradas y salidas con la segunda opción de *Allen Bradley*.

Equipo	Costo (USD)	Tiempo de entrega
1762-L24BWA	379	1 semana
1762-L40BWA	463	1 semana
CP1L-M30DR-A	373.32	1 semana
CP1L-M40DR-A	449.51	Inmediato

En cuanto a costo el equipo más conveniente es el *Omron* CP1L-M30DR-A, pero en cuanto al proyecto es importante considerar que el CP1L-M40DR-A tiene tiempo de entrega más corto, por lo cual se puede agilizar el desarrollo del control de la máquina, ganando una semana en la entrega al cliente.

Tal vez una semana no parezca demasiado tiempo, pero en cuestiones de producción sí representa dinero perdido para las empresas. Por tal motivo se determinó que el equipo a adquirir será el CP1L-M40DR-A.

Ya que se optó por usar el PLC de *Omron*, lo mejor es ser congruente en cuanto a las marcas y seleccionar la fuente adecuada de dicho fabricante. Por tal motivo se empleará la fuente S8VM05024AD a pesar de que su costo sea 10 USD superior a



la fuente de *Siemens*. Dicha cantidad no es significativa considerando el costo global del proyecto.

A continuación se muestra una tabla con los costos de los materiales a emplear con los que se contaba y que no fue necesario comprar, para poder tener un estimado de los costos globales del proyecto.

Concepto	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo total (pesos)
Relevadores	5	76.5	382.5
Contador	1	4200	4200
Clemas	17	12.5	212.5
Interruptor	1	504	504
Botón modo jog	1	420	420
Total			5719

Para todos los conceptos anteriormente considerados no se toma en cuenta tiempo de entrega, pues ya se dispone de ellos. En cuanto a las terminales, numeración y demás utilería para conexiones su costo no se considera ya que es prácticamente nulo comparado con el resto de los componentes.

Elementos como la válvula, el sensor, el contactor y el microinterruptor no son contemplados en la tabla, pues son suministrados por el cliente del proyecto.

## 2.4 Diseño de Prototipo

Para el prototipo se analiza la posibilidad de crear un tablero de control en el cual se puedan introducir todos los elementos considerados para la automatización de esta máquina. Esto representaría un costo adicional y sería necesario analizar en dónde fijar dicho tablero.

Otra posibilidad es fijar los elementos dentro de la máquina en el lugar en el que se encontraba la tarjeta de control original.

Se propusieron al cliente ambas opciones y prefirió que el nuevo sistema de control ocupara el lugar en el que se encontraba el sistema anterior. Con esto se reutilizaría la botonería con la que se contaba y se minimizaría la cantidad de cable a usar.

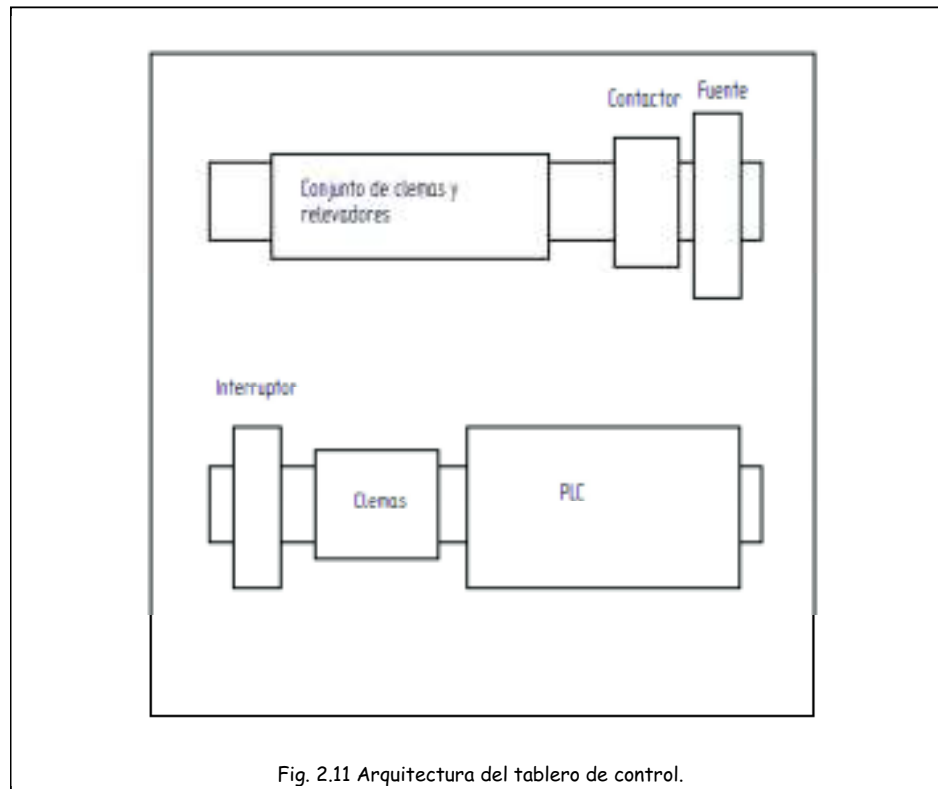


Fig. 2.11 Arquitectura del tablero de control.

En la figura 2.11 se puede apreciar el bosquejo del diseño del tablero para una platina de un gabinete de 30x30 cm. Finalmente, a petición del cliente se instaló dentro de la máquina, y el resultado se puede apreciar en la figura 2.12.

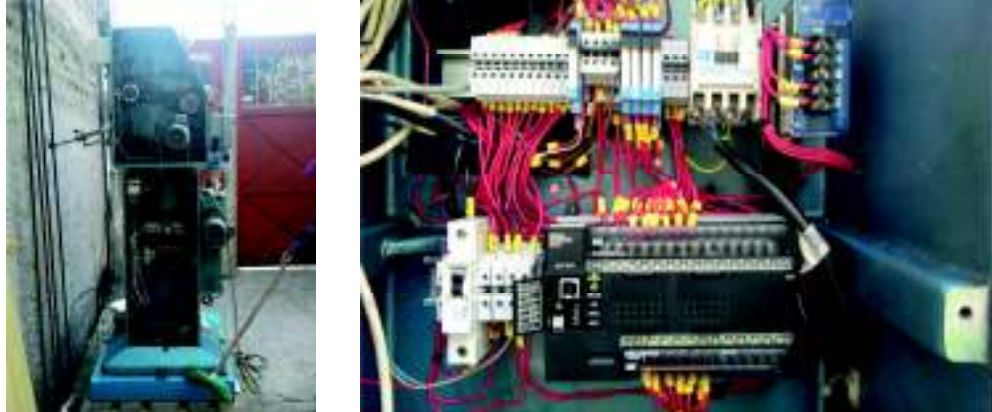


Fig. 2.12 Instalación de tablero de control en la máquina. Del lazo izquierdo se observa la vista posterior de la máquina, del lado derecho un acercamiento al tablero de control.

Para determinar las conexiones que se deben realizar es necesario identificar tanto las entradas como las salidas, para poder determinar si pueden ingresar directamente al PLC o si es necesario hacerlas pasar por un relevador.

Para esto se diseñan los diagramas de control y potencia, en donde se analiza cómo se deben llevar a cabo las diversas conexiones. Asimismo, en dichos diagramas se asigna la numeración necesaria al cableado con la finalidad de distinguir físicamente qué parte del circuito que se está viendo corresponde al circuito analizado en el diagrama. Dichos diagramas pueden ser encontrados en la sección de Anexos.

Posteriormente se procede a diseñar el programa que se cargará al PLC para efectuar el control de la máquina.

Para los PLCs *Omron* se utiliza un software llamado *CX-Programer*, en el cual se utiliza el lenguaje escalera principalmente.

Al implementar el programa es necesario definir cuáles serán las entradas y cuáles serán las salidas del mismo. Para esto se genera una tabla de entradas y una tabla de salidas, y se asigna un valor numérico a cada una de ellas tomando en cuenta la nomenclatura del programa.

Entradas	
I: 0.00	<i>Stop</i>
I: 0.01	<i>Start</i>
I: 0.02	Modo automático/manual
I: 0.03	Modo <i>Jog</i>
I: 0.04	Guarda de seguridad
I: 0.05	Leva 1
I: 0.06	Leva 2
I: 0.07	Contador
I: 0.08	Botón <i>Jog</i>
I: 0.09	Fotocelda

Salidas	
Q: 100.00	Arranque transmisión
Q: 100.01	Embrague
Q: 100.02	Freno
Q: 100.03	Válvula
Q: 100.04	Contador

Una vez que se identificaron las señales que intervienen en el funcionamiento de la máquina se procede a generar las líneas de programa empleando las condiciones necesarias para que cada función se lleve a cabo.



En la línea cero del programa se consideran las condiciones de seguridad que deben cumplirse para que la máquina pueda operar, o bien, que su operación no se vea interrumpida, esto debido a que la seguridad es lo primordial a la hora de generar un diseño funcional para la industria.

En este caso se determina que las condiciones que deben detener a la máquina son las siguientes:

1. Que se encuentre presionado el botón de paro.
2. Que la puerta de seguridad se encuentre abierta.
3. Que el contador haya llegado al límite establecido.

Se puede observar que la entrada del paro y la entrada de la puerta son normalmente abiertas, mientras que la del contador es normalmente cerrada. En cuanto al botón de paro es porque es un botón normalmente cerrado, lo que implica que el circuito va a estar cerrado siempre y cuando no sea activado. La puerta de seguridad sí es un contacto normalmente abierto, y esto significa que siempre debe estar presionado para enviar señal. Si la puerta llegara a abrirse se pierde ese bit en el PLC y con él la señal de que la máquina puede operar de forma segura. Por último, el contador se conectó a un contacto normalmente abierto, por lo que el paro ocurrirá cuando este elemento detecte que llegó al número programado de piezas por producir.



La primera línea es la que realiza el arranque del sistema. Para esto es necesario que las condiciones de seguridad se cumplan, además de que el botón de arranque sea pulsado.

En este caso no es necesario que el botón permanezca presionado, pues se realiza un auto enclave en el programa con el cual la máquina estará funcionando siempre y cuando no se presione el paro, o bien, se deje de cumplir con las consignas de seguridad.

Al presionarse el botón de inicio la máquina operará si se encuentra en modo automático o modo manual, y permanecerá en espera si se encuentra en modo "jog". Esto se refleja en la línea dos del programa, que es la siguiente:



Como se puede observar, al tener la señal de arranque, si no está activado el modo "jog", la transmisión se activa. En caso contrario se espera a recibir la señal de la memoria H0.04, misma que se explicará posteriormente.



A partir de la línea tres se comienzan a introducir las diversas señales que generan acciones en la máquina. En el caso de dicha línea, se tiene un contador, el cual enviará una señal cuando la fotocelda detecte una marca. Dicho contador

se reiniciará cuando detecte la señal de una leva que se encuentra en la transmisión.

La señal del contador es empleada en el modo automático, para realizar el arrastre de materia prima.



En la cuarta línea se incluye un temporizador para retrasar la señal enviada por la otra leva que se encuentra en la transmisión.



En la quinta línea del programa, se emplea el retraso de la línea anterior. Esto con la finalidad de enviar un pulso para detener el arrastre de material.



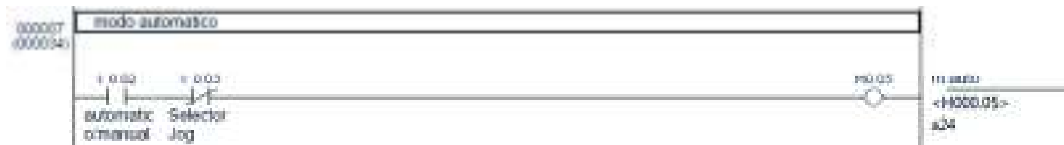
Para la sexta línea ya se puede visualizar bajo qué condiciones se realizará el arrastre de materia prima.

El modo automático se lleva a cabo cuando se recibe la señal correspondiente, además de que se recibe la señal de la llamada "leva 2". El arrastre se realizará hasta que el contador que depende de la fotocelda se active, o bien, que el pulso de paro que depende de la llamada "leva 1" sea recibido.

Lo que indica la “leva 1” es que el troquel está entrando, con lo que se sabe que va a realizar el corte de material. Por tal motivo es importante saber que se debe dejar de arrastrar el material, pues de lo contrario el troquel puede romperlo.

La “leva 2” manda su señal cuando el troquel va de salida, por lo que se deja de correr el riesgo de que la materia prima se rasgue.

En el llamado modo manual, el funcionamiento será similar, con la diferencia de que no se va a tomar en cuenta si se recibe o no señal del sensor óptico, sino que dependerá únicamente de las señales que indiquen las posiciones del troquel..



Como se puede apreciar, la séptima línea sirve para identificar cuándo se tiene activado el modo automático. Para esto, el selector debe de encontrarse en esa posición, mientras que el selector del modo “jog” debe estar desactivado.



En el modo manual se emplea una programación similar, la diferencia es que, al ser considerado el modo “jog” una especie de modo manual que se activa al ser presionado un botón y se desactiva al dejar de presionarlo, entonces se conectan ambos modos de forma paralela.

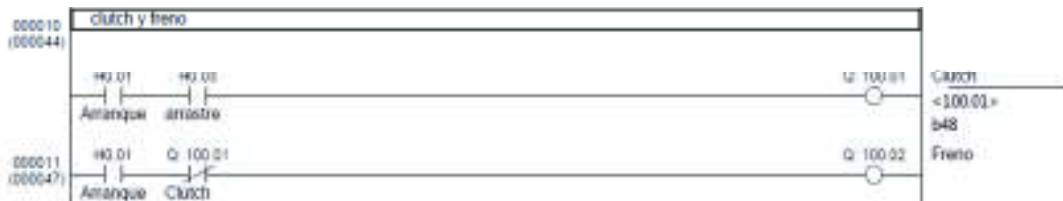


Aparentemente la entrada de selección de modo manual se encuentra negada, y coincide con la entrada del modo automático que se observó en la línea previa. Esto es porque esa señal proviene de un selector de dos posiciones, en donde una posición indica que se tiene el circuito abierto y la otra indica que se tiene el circuito cerrado.



Para finalizar con los modos de operación, se tiene el modo “jog”. Este se habilita cuando se presiona el botón designado para esta función y además se tiene habilitado el modo mediante un segundo selector, diferente al de los modos manual y automático.

Todos los modos tienen una salida virtual, misma que se identifica con la letra H, y sirve para utilizarla como bandera dentro del mismo programa sin necesidad de que esa salida realice alguna acción física a través del PLC.



Las líneas diez y once corresponden al embrague y al freno respectivamente. En estas líneas se tienen las salidas físicas 1 y 2, que se reconocen por la letra Q, y que funcionan de forma alternada de acuerdo con las necesidades de arrastre del material.

Si se tienen la señal de arranque y la señal de arrastre, entonces el freno queda desactivado y se permite el arrastre del material. En el momento en el que el PLC detecte que ya no es conveniente realizar el arrastre debido a las condiciones programadas entonces el freno es activado.

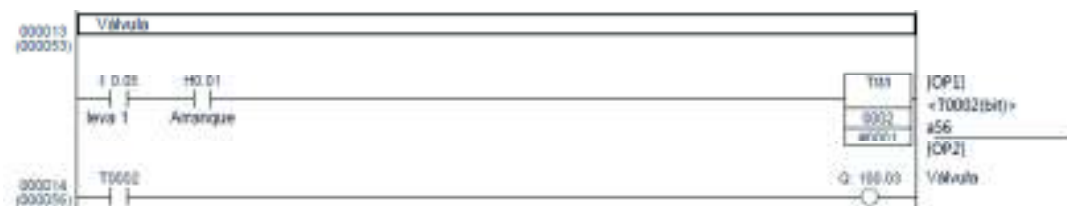
Prácticamente hasta ahí concluye la parte relacionada con la secuencia de funcionamiento de la máquina, pero aún se tienen un par de líneas para un par de funciones adicionales que fueron incorporadas al programa.

La primera línea es la número doce, y es la siguiente:



En ella se encuentra la salida hacia el contador físico instalado. Éste se incrementará en una unidad cada vez que se realice el arrastre, lo que implica que se ha realizado el corte de una pieza.

A petición del cliente, esta función sólo se encuentra activa en el modo automático.



El funcionamiento de la válvula está contemplado en las líneas trece y catorce. Éste se va a dar cuando el troquel vaya de salida, movimiento que se identifica al accionarse la “leva 1”. En ese momento será cuando la válvula se abrirá con un pequeño retraso para impulsar la pieza cortada hacia el contenedor de piezas.

Para terminar con el programa, se incorporó una última línea cuyo único fin es la monitorización de la señal del sensor óptico, y que no tiene mayor relevancia en el programa ni en el funcionamiento de la máquina. Eso es posible observarlo en la sección de Anexos, en donde está incluido el programa completo.

## 2.5 Funcionamiento del prototipo

A primera vista, el funcionamiento de la máquina era el esperado cuando se hicieron las pruebas sin material de por medio. Se verificó el comportamiento de todos los componentes tanto en modo manual como en modo “jog” y se determinó que era satisfactorio.

Posteriormente se realizaron las pruebas con dos materiales proporcionados por el cliente. Uno de ellos era aluminio, mismo que se iba a emplear para las tapas, y el otro era PVC, pues querían probar si la máquina les iba a funcionar para hacer *blisters* de medicamentos.

Nuevamente las pruebas fueron satisfactorias tanto en modo manual como en modo “jog”, sólo que para poder reducir el material de desperdicio era necesario realizar el ajuste mecánico de las levas a base de prueba y error, con lo que se perdía mucho tiempo y material, motivos que incitaron a integrar el reconocimiento de marca.

Por último llegó el turno de las pruebas en el modo automático. Al realizarlas se observó un detalle en el operar de la máquina, consistente en que el espacio entre los cortes no era uniforme y en ocasiones era el mismo desperdicio de material que con el modo manual.

Además de eso, había ocasiones en las que los cortes se realizaban en los lugares donde no debían, pues el arrastre paraba debido a la leva y no al sensor óptico.

La falla en el modo automático implica un nuevo análisis para determinar cuál es la forma más apropiada para corregirla, con la finalidad de cubrir los objetivos planteados al principio del proyecto, logrando reducir el material de desperdicio.

## Capítulo III – Resultados

### 3.1 Presentación del diseño óptimo

El cliente pidió estar presente en las pruebas, para hacer las observaciones que considerara necesarias.

Una de estas observaciones fue que quería que se pusieran algunos indicadores para saber si estaba siendo activado el embrague o el freno. Para esto se emplearon los espacios con los que ya contaba la botonera original de la máquina y se incorporaron un par de focos, uno verde y uno rojo, conectados de forma paralela a las salidas que accionan tanto al embrague como al freno. El indicador verde correspondía al embrague y el rojo al freno.



La otra observación fue obviamente sobre el funcionamiento del modo automático. Para solucionar el problema que surgió de las pruebas en este modo se tuvo que recurrir al ajuste mecánico de las levas utilizadas en el programa, de tal forma que

el freno se liberara en cuanto el troquel hubiera realizado el corte y hubiera salido del recolector de piezas, de esta manera se puede dar un avance máximo al rollo de materia prima.

Con esto se logra que el freno se active generalmente con la señal del sensor óptico y no con la señal de la leva, consiguiendo que el espaciado entre cortes siempre sea uniforme.



### 3.2 Resultados

Los resultados finales obtenidos fueron satisfactorios, y del completo agrado del cliente, pues la máquina fue rehabilitada al 100% de sus funciones, con un costo relativamente bajo y en un tiempo relativamente corto.

Tal vez el programa podría depurarse un poco más para evitar algunas cuestiones que pudieran parecer repetitivas, e incluso ahorrar un par de líneas, haciendo el programa más sencillo.

Se habilitaron e incorporaron de forma exitosa los modos de operación manual, automático y "jog", aunque haya que hacer ajustes mecánicos a la máquina para pasar de un modo a otro. Esto no pudo cambiarse, la suajadora fue diseñada para funcionar de forma principalmente mecánica.

## Conclusiones

La máquina suajadora fue rehabilitada con un nuevo sistema de control, reutilizando la mayor cantidad de componentes posible, tal y como fue solicitado, y cuidando tanto los tiempos como los costos, con la finalidad de que fuera un proyecto económicamente rentable y con componentes de actualidad.

Se integró un sistema de reconocimiento de marcas que funciona de forma adecuada. Asimismo se rehabilitó el sistema de conteo de piezas con un contador más novedoso, con el cual es posible establecer una cantidad deseada de piezas a obtener.

En el modo automático se logra reducir tanto el tiempo de ajuste de la máquina como la cantidad de material de desperdicio. Esto gracias a que sólo es cuestión de ajustar las levas al recorrido máximo y echar a andar la máquina. El sistema de detección de marca se encarga de ajustar las distancias.

Por otra parte, el material de desperdicio se reduce hasta en un 70%, por lo que es posible obtener una mayor cantidad de piezas de las mismas bobinas que ya empleaban. No se puede precisar cuántas piezas más se obtienen por bobina, pues éstas varían de acuerdo con el espesor de la materia prima, ya que se maneja por kilogramo.

El cliente quedó satisfecho con el resultado obtenido, y a partir de este proyecto plantea la viabilidad de la rehabilitación de otras máquinas siguiendo un proceso similar al que se llevó a cabo en este proyecto.



## Fuentes consultadas

1. <http://www.suajesazcapotzalco.com/suajes.html>, consultada el 20 de diciembre de 2010.
2. <http://www.evsapak.com/maquina4.html>, consultada el 20 de diciembre de 2010.
3. <http://www.afisamatic.com.mx/>, consultada el 20 de diciembre de 2010.
4. <http://www.clamcocorp.com/prodc.htm>, consultada el 20 de diciembre de 2010.
5. <http://www.abc-pack.com/default.php/name/Blisters/cPath/90>, consultada el 20 de diciembre de 2010.
6. [http://industry-portal.com/env/\\_ip\\_s\\_.htm](http://industry-portal.com/env/_ip_s_.htm), consultada el 20 de diciembre de 2010.
7. <http://www.remele-gmbh.com/index.php?id=15&L=1>, consultada el 21 de marzo de 2011.
8. <http://chips.radio-electronics.co/prices/AZ7144/az7144.htm>, consultada el 30 de marzo de 2011.
9. ML (AZ7) Limit switches datasheet, Panasonic Corporation, octubre 2011.
10. NT8 contrast sensors online datasheet, <https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=39689&Culture=en-US>, consultada el 17 de abril de 2011.
11. <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
12. <http://www.ia.omron.com/product/21.html>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
13. <http://www.atcon.cl/descargas/Fuentes-de-poder/T033-ES2-02A-S8VM-Datasheet.pdf>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
14. Catálogo de fuentes Siemens

<https://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/Pages/ProductData.aspx?catalogRegion=MX&language=es&nodeid=10073754&tree=CatalogTree&regionUrl=/mx#activetab=product&>, consultada el 12 de septiembre de 2011.

15. [http://www.ia.omron.com/data\\_pdf/data\\_sheet/h7an\\_ds\\_csm115.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/h7an_ds_csm115.pdf), consultada el 12 de septiembre de 2011.
16. [http://www.ia.omron.com/product/family/225/index\\_fea.html](http://www.ia.omron.com/product/family/225/index_fea.html), consultada el 12 de septiembre de 2011.
17. Hoja de especificaciones de sensores de contraste Sick, <http://www.impol-1.pl/sick/KT2KT5NT8.pdf>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
18. <http://distribuidor-industrial.com/catalogo//cache/data/cp1i-500x500.JPG>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
19. <http://store.gibuys.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/d/s/dsc06368.jpg>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
20. <http://cdn.sigma.octopart.com/10102269/image/Finder-38.51.7.024.0050.jpg>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
21. <http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/xaflaren-ebaketa-deformazioa>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
22. <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/8647-Evolucion-de-los-procesos-de-corte-y-deformacion-de-chapa.html>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
23. <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/CORDOBA/599/histecno.htm>, consultada el 12 de septiembre de 2011.
24. <http://sustam.com/Estructuras/proyectos/janfrefx/desarrollo2/index.php?categoria=2>, consultada el 12 de septiembre de 2011.

## Glosario

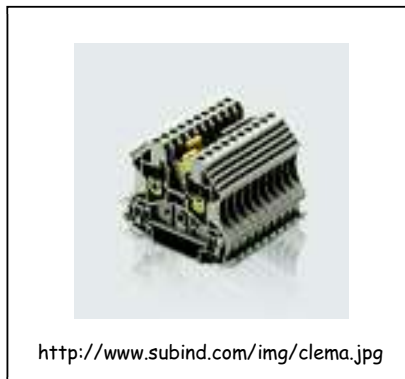
**Blister:** Envase para manufacturados pequeños que consiste en un soporte de cartón o cartulina sobre el que va pegada una lámina de plástico transparente con cavidades en las que se alojan los distintos artículos.



**Buje:** Pieza en que se apoya y gira un eje.



**Clema:** Pieza utilizada para conectar dos cables que conducirán la misma señal.



**Embrague:** Mecanismo dispuesto para que un eje participe o no, a voluntad o automáticamente, del movimiento de otro.

**Entrada:** Señal que recibe un controlador como el PLC.

**Fleje:** Pieza alargada y curva de acero que, aislada o con otras, sirve para muelles o resortes.



**Husillo:** Tornillo de hierro o madera que se usa para el movimiento de las prensas y otras máquinas.

**Movimiento axial:** Movimiento que se lleva a cabo sobre un solo eje.

**PLC:** Siglas en inglés para Controlador Lógico Programable. Es un dispositivo electrónico en el cual se introduce un programa para controlar procesos en automatización industrial.

**Racor:** Pieza que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos.



**Salida:** Señal que emite un controlador como el PLC.

**Troquel:** Instrumento o máquina con bordes cortantes para recortar con precisión planchas metálicas, cartones, cueros, etc.

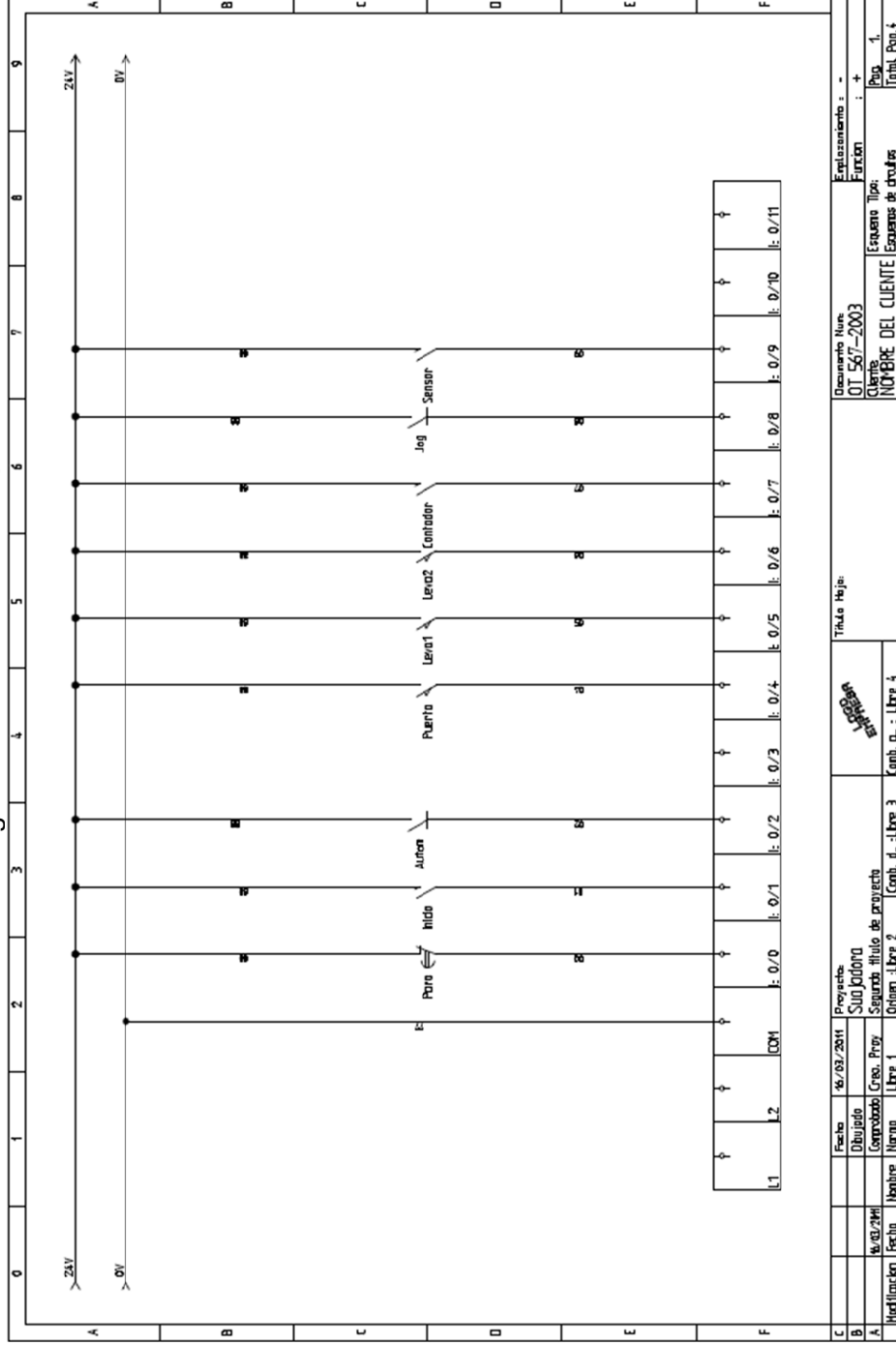
**Viruta:** Hoja delgada que se saca con el cepillo u otras herramientas al labrar la madera o los metales, y que sale, por lo común, arrollada en espiral.



[http://images03.olx.es/ui/2/36/78/f\\_285](http://images03.olx.es/ui/2/36/78/f_285)

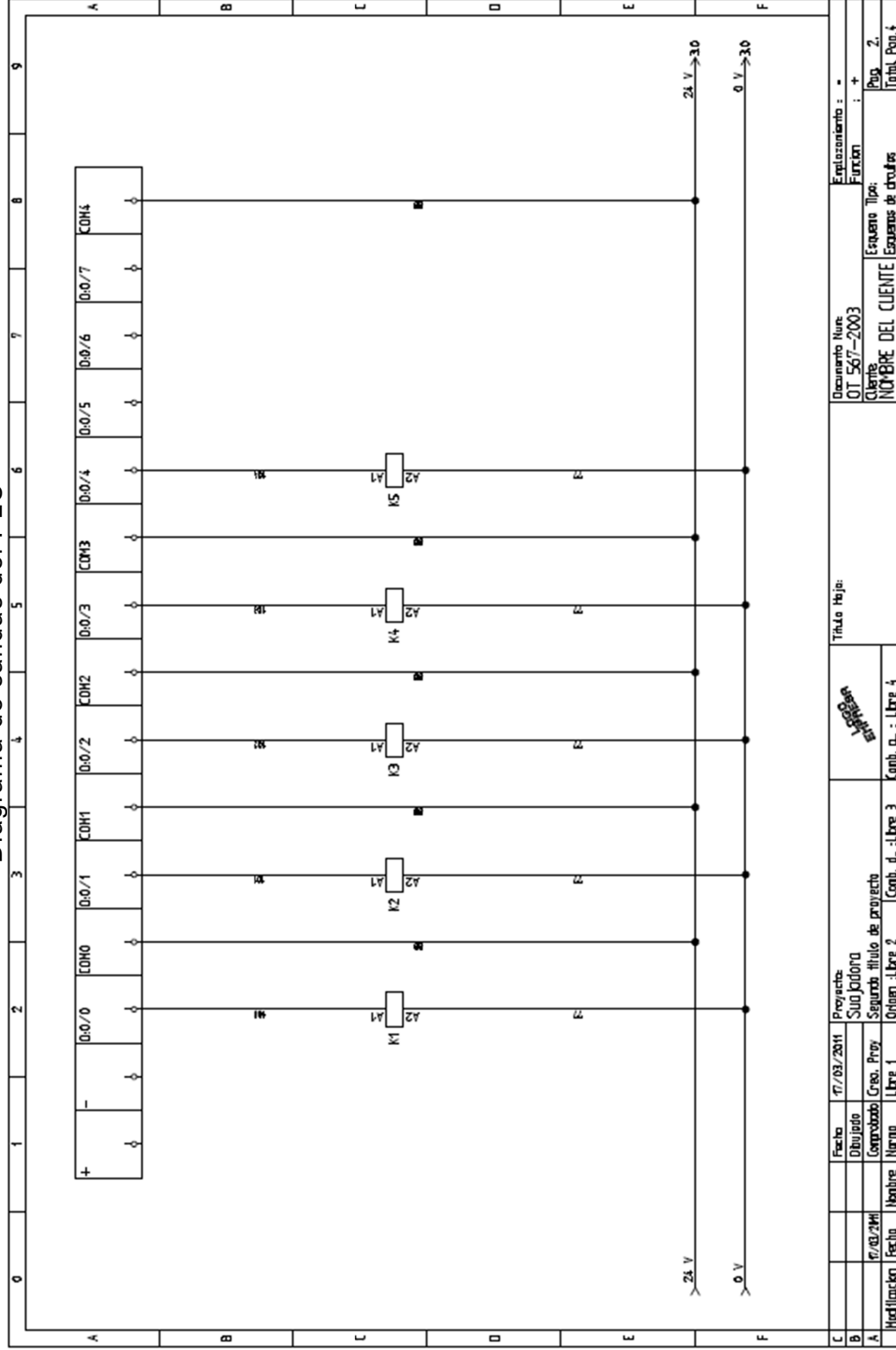
72878\_1.jpeg

# Anexos Diagrama de entradas al PLC

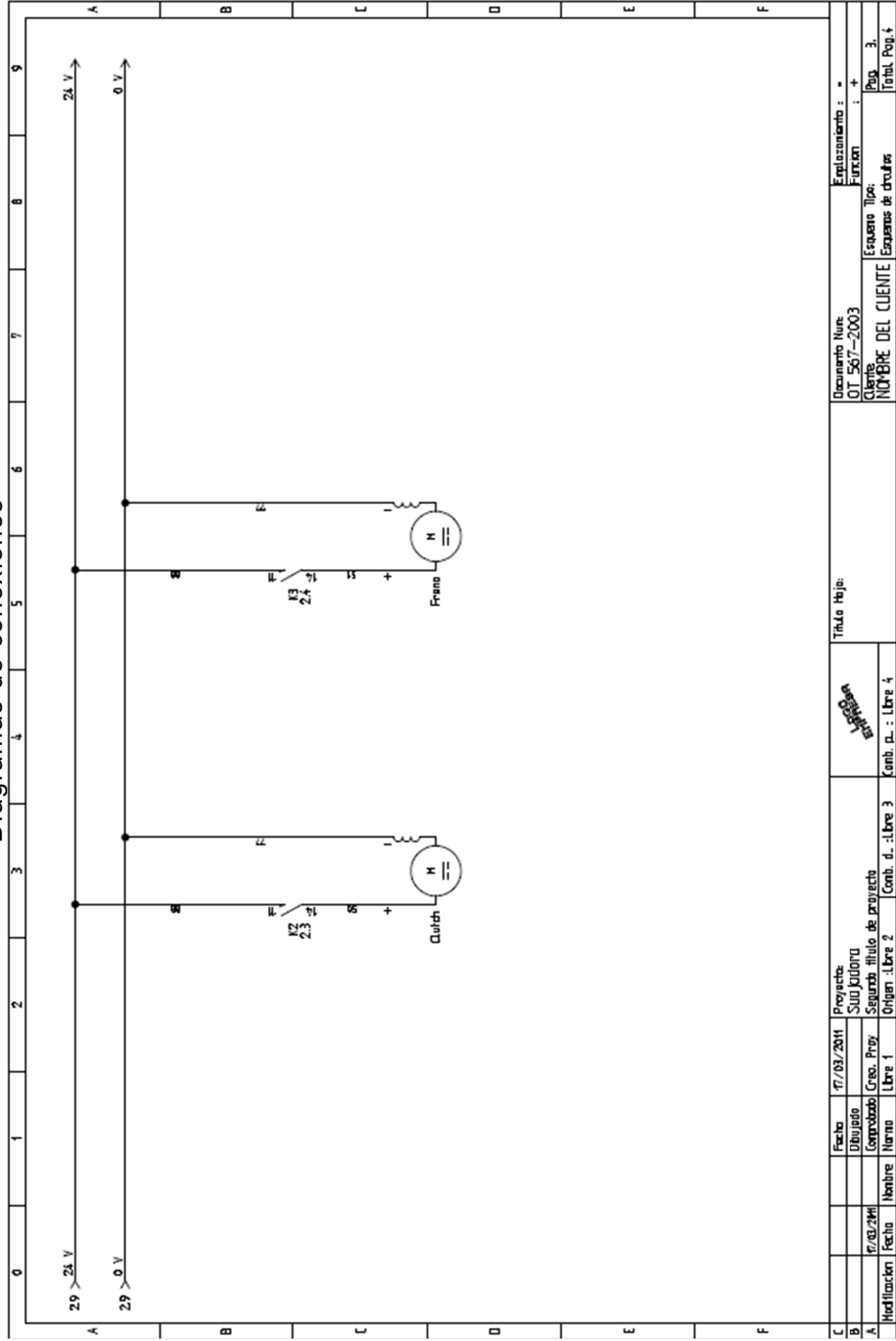


Fecha	16/02/2011	Proyecto	OT-567-2003	Emplazamiento	-
Dibujado	SUJ/JORDAN	Título	Diagrama de Entradas al PLC	Función	+
Comprobado	Cres. Proy.	Seguro	Nombre del Cliente	Esquema Tipo	-
Fecha	Libre 1	Origen	NUMBRE DEL CUENTE	Esquema de circuitos	Total Pags
Modificación	Nombre	Libre 2	Libre 3	Libre 4	Total Pags

# Diagrama de salidas del PLC

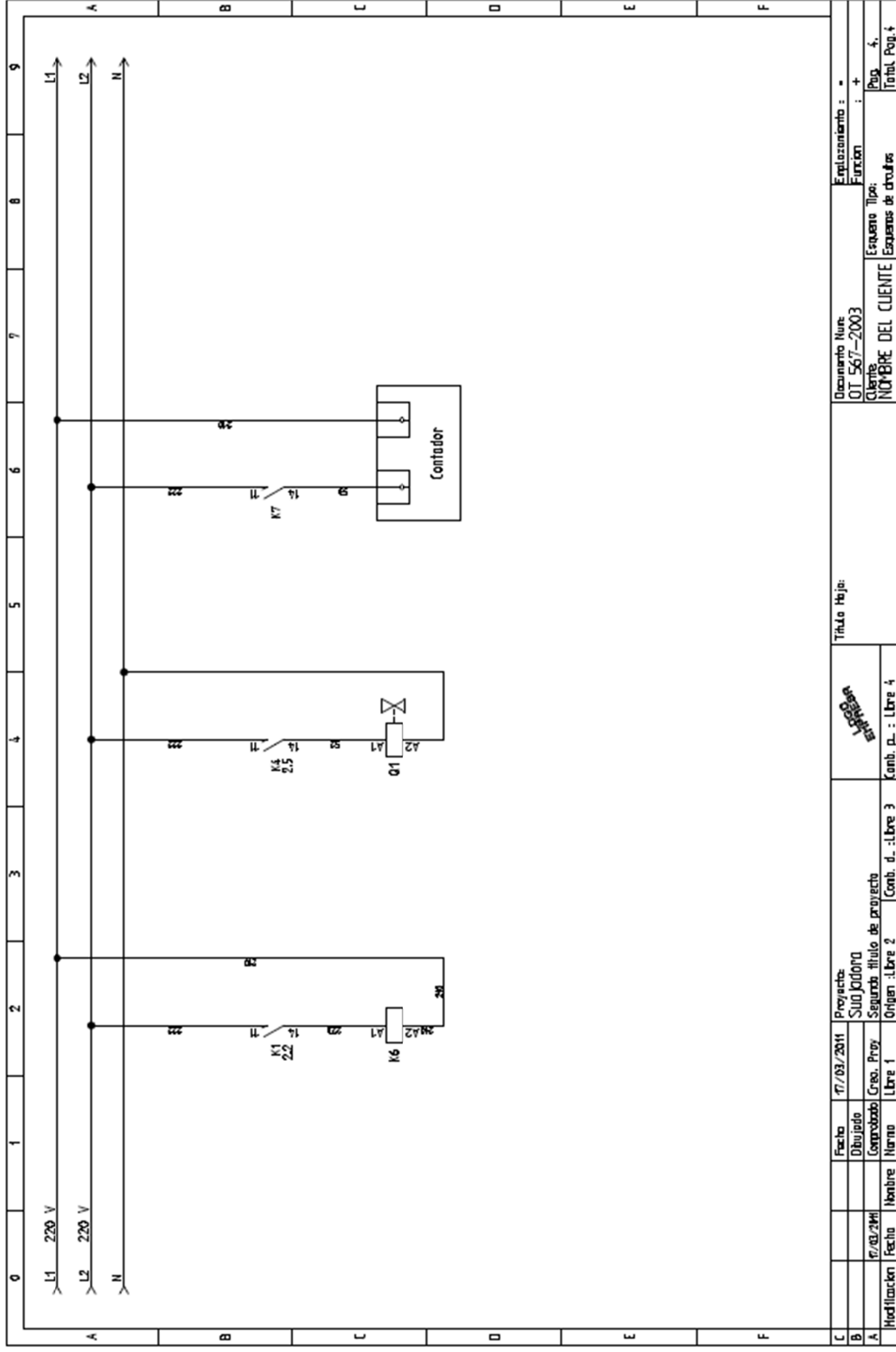


# Diagramas de conexiones



C	Fecha	17/03/2011	Proyecto:	SUIO Jindora	Título Hoja:	Empleamiento : -
B	Dibujado		Segundo título de proyecto			Funcion
A	Comprobado	Libre 1	Origen : Libre 2	Comb. d. : Libre 3	Comb. d. : Libre 4	Doc. No. : 567-2003
Modificación	Fecha	Nombre	Libre 1	Origen : Libre 2	Comb. d. : Libre 3	Comb. d. : Libre 4
						Esquema Tipo: Esquemas de circuitos
						Hoja: 3
						Total Hoja: 4





C	Fecha	17/03/2011	Proyecto:	SUD OJOPUN		Título Hoja:		Documento Num:	OT 567-2003		Emplazamiento:	-
B	Dibujado					Lugar Hoja:		Cuenta:	NOMBRE DEL CUENTE		Funcion:	+
A	Comprobado	17/03/2011	Caso. Prop:	Seguro título de proyecto		Comb. d. : Libre 3		Esquema Tipo:	Esquemas de circuitos		Page:	4
Modificación	Fecha	Nombre	Numero	Libre 1	Origen : Libre 2	Comb. d. : Libre 4	Comb. d. : Libre 4			Total Page:	4	

## Programa del PLC

