

ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ESPECIALIDAD EN
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA
ROTATIVA PARA LA FABRICACIÓN DE ROLLOS
DE TURNO**

ANDRÉS SÁNCHEZ MARTÍN

Valladolid, Noviembre de 2012

Este documento se presenta como Proyecto Fin de Carrera por D. Andrés Sánchez Martín, DNI 12335087A, para la obtención del título de Ingeniería Técnica Industrial especialidad en Electrónica en la Escuela de Ingenieros Industriales de Valladolid.

El Director del proyecto es D. Ángel Luís Zorita Lamadrid, Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Valladolid.

Proyecto realizado gracias a la empresa ETIDUERO S.L. Fabricantes de etiquetas.

Valladolid, 21 de Noviembre de 2012

Fdo: Andrés Sánchez Martín



**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ESPECIALIDAD EN
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA
ROTATIVA PARA LA FABRICACIÓN DE ROLLOS
DE TURNO**

ANDRÉS SÁNCHEZ MARTÍN

Valladolid, Noviembre de 2012

ÍNDICE



1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	9
1.1.ANTECEDENTES	9
1.2.OBJETIVOS	10
1.3.CONTENIDO DE LA MEMORIA	12
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	14
3. DISEÑO DE LA MÁQUINA ROTATIVA PARA LA FABRICACIÓN DE ROLLOS DE TURNO	19
3.1.DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA ACTUAL	19
3.2.PROBLEMAS E INCONVENIENTES EN EL FUNCIONAMIENTO ACTUAL	24
3.3.SOLUCIONES PLANTEADAS	25
3.3.1. DESBOBINADOR	25
3.3.2. CENTRADOR	26
3.3.3. CONTROL DE TENSIÓN	29
3.3.4. IMPRESIÓN DEL TICKET	33
3.3.5. TROQUELADO	36
3.3.6. CONJUNTO MOTOR + VARIADOR DE FRECUENCIA	37
3.3.7. PROTECCIONES	39
3.3.8. CONJUNTO ELECTRÓNICO PLC + HMI	41
3.3.9. ESQUEMAS ELÉCTRICOS	43
3.3.10. DISEÑO FINAL	48
4. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	50
4.1.INTRODUCCIÓN	50
4.2.PROGRAMACIÓN	52
4.2.1. PLC	52
4.2.2. PANTALLA HMI	60
4.3.ETAPAS DE PRUEBAS Y ERROR	62
4.3.1. PARÁMETROS ESTÁNDAR	62
4.3.2. LIMITACIONES	63



5. ESTUDIO ECONÓMICO	66
5.1.COSTE DE LA MÁQUINA	66
5.1.1. COMPLEMENTOS	66
5.1.2. MATERIAL MECÁNICO	67
5.1.3. MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	68
5.1.4. TIEMPO DE INGENIERÍA	69
5.1.5. TIEMPO DE MAQUINISTA PARA PRUEBAS	69
5.1.6. COSTE DE MATERIALES PARA PRUEBAS	69
5.1.7. RESUMEN COSTE DE LA MÁQUINA	70
5.2.COSTE DEL PRODUCTO FINAL	70
5.2.1. MATERIA PRIMA	71
5.2.2. TIEMPOS DE FABRICACIÓN	71
5.2.3. PRECIO DE ENVASADO	73
5.2.4. COSTE DE AVERÍAS	73
5.2.5. COSTE DE ENVÍO	73
5.2.6. RESUMEN COSTE DEL PRODUCTO FINAL	74
5.3.ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ANUALES	74
5.4.AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO	74
6. CONCLUSIONES	78
6.1.CONCLUSIONES DEL ALUMNO	79
6.2.CONCLUSIONES DE LA EMPRESA	80
7. BIBLIOGRAFÍA	82
7.1.LIBROS	82
7.2.MANUALES	82
7.3.WEB	83
7.4.OTROS PROYECTOS FINAL DE CARRERA	83



ANEXOS EN CD

- I. ANEXO CÓDIGO COMPLETO DEL AUTÓMATA**
- II. ANEXO CÓDIGO COMPLETO DE LA PANTALLA HMI**
- III. ANEXO DEL MOTOR**
- IV. ANEXO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA**
- V. ANEXO DEL AUTÓMATA**
- VI. ANEXO DEL MODULO ANALÓGICO**
- VII. ANEXO DE LA PANTALLA HMI**
- VIII. ANEXO DEL CONTROL DE TENSIÓN**
- IX. ANEXO DEL CENTRADOR DE BANDA**
- X. SOFTWARE DEL AUTÓMATA**
- XI. SOFTWARE DE LA PANTALLA HMI**

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS



1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1.- ANTECEDENTES

Este proyecto final de carrera se basa en unas prácticas de empresa que oferta la empresa ETIDUERO S.L. junto con la Universidad de Valladolid, eran unas prácticas de 4 horas diarias de lunes a viernes durante 3 meses.

La empresa ETIDUERO S.L., una empresa de fabricación de etiquetas autoadhesivas, en la sección dedicada a la producción de rollos de tickets “su turno”, la empresa actualmente dispone en esta sección una máquina rotativa para su fabricación.

La actual máquina que realiza este producto, fue diseñada y construida en el año 1999 por uno de los socios de la empresa Miguel Ángel López Albaladejo, Ingeniero Técnico en Mecánica.

Actualmente esta máquina fabrica 800 rollos por turno (7h 45min), en una fabricación de 2 turnos diarios y cinco días a la semana, esto generaría si fuese necesario y no hubiese averías una producción de rollos “su turno” anual de 416.000 rollos de 2000 ticket cada rollo.

$$N^{\circ} \text{ rollos} / \text{año} = 800 \text{ rollos} / \text{turno} \times 2 \text{ turnos} / \text{dia} \times 5 \text{ dias} / \text{semana} \times 52 \text{ semanas} / \text{año} = 416.000 \text{ rollos}$$

La actual máquina, ya con 9 largos años de producción empieza a dar más averías de lo deseado lo que supone paradas en la producción y genera grandes pérdidas económicas.

Además cada vez con mas frecuencia los clientes modifican sus productos y se necesitan hacer modificaciones constantemente en la máquina para poder cubrir las exigencias de los clientes, como diferentes formas del ticket, diferentes impresiones en el, o uso de diferentes tipo de papel, ahora muy de moda el tema de papeles reciclados.

En el año 2008 la venta de rollos “su turno” fue de 100.000 rollos a un precio medio de 0,57€/rollo lo que genera una facturación de 57.000 euros, y estos datos llevan en constante crecimiento desde la construcción de la máquina, por lo tanto se estima que la venta continúe el constante crecimiento.

Por todo ello la empresa ETIDUERO S.L. considero la opción de construir una nueva máquina y para ello presento unas prácticas de empresa en la Universidad de Valladolid para la realización del proyecto o máquina por un estudiante de Ingeniería Técnica Industrial especializado en Electrónica Industrial, de este modo abarataría más el proyecto.



Las prácticas fueron realizadas por el autor de este proyecto, Andrés Sánchez Martín, alumno de Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial de Octubre a Diciembre de 2008.

Para la realización del proyecto, se cuenta con la Agencia de Desarrollo Económico que promueve iniciativas de desarrollo a empresas de Castilla y León.

También la empresa se informó de una subvención para la construcción de nueva maquinaria, con lo que esto nos deja que el gasto por la realización de la máquina será mucho menor.

De este modo la empresa contaría con dos máquinas para la fabricación de rollos “su turno”, lo lógico sería que la nueva máquina fabricara más rollos que la vieja en el mismo tiempo, por lo tanto podríamos obtener el doble o más de producción anual. También por otro lado la nueva máquina tendrá un periodo de prueba y error hasta dar con los parámetros de producción ideales, después de esta etapa la máquina nueva no debería de dar averías en un largo periodo de tiempo, luego mejoraremos la fiabilidad de plazos de entrega de los pedidos.

1.2.- OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto final de carrera es doble, por una parte es un el diseño de una nueva máquina para la fabricación de rollos “su turno” junto con el actual personal de la empresa y por otro lado es el control y automatización del sistema electrónico de la máquina, este será el objetivo exclusivo del alumno ya que esta especializado en electrónica industrial y en la empresa no hay ningún otro empleado de esta especialidad.

El primer objetivo del proyecto consiste en diseñar, construir y ensamblar una máquina rotativa para la fabricación de rollos de tickets “su turno” en las instalaciones de ETIDUERO S.L. de esta forma la empresa mejorará el actual rendimiento de producción de este producto y la versatilidad del producto, ya que dicha nueva máquina será construida conforme a peticiones que habitualmente ya demandan los clientes que en el año 1999 no se tuvieron en cuenta.



Los **objetivos de diseño** de la máquina deben ser:

- Un puesto de trabajo más confortable para evitar accidentes y bajas por cansancios o lesiones.
- Un montaje sencillo, de gran durabilidad, bajo mantenimiento y fácil puesta en marcha una vez ensamblada.
- Un conjunto muy robusto, con un alto nivel de seguridad en la duración de los elementos intercambiables y en los cálculos pertinentes de tensiones, potencia y velocidad.
- Impresión con tintas flexográficas y tipográficas de secado por luz ultravioleta para aumentar la calidad de impresión del producto y así poder producir a mayor velocidad que con tintas de secado convencional mediante aire caliente.
- Una calidad superior y un coste inferior del producto en comparación a la máquina anterior.
- Una buena colocación de los elementos para poder manipularlos de forma fácil, ajuste del tintero flexográfico, ajuste el numerador, ajuste del troquel, fácil paso del papel por los rodillos de la máquina.

Los **objetivos del control y automatización** de la máquina deben ser:

- Una fabricación por turno de más de 800 rollos, que es la cifra de la actual máquina
- Un consumo menor de energía eléctrica que la máquina actual.
- Un diseño y utilización de la máquina con un fácil interface para el maquinista que no requiera especialización, con un manual de instrucciones sencillo y con pocas variables a tratar para evitar la complejidad en el manejo de la máquina.
- Gran automatización de la máquina, para que el maquinista solo tenga que estar pendiente del producto final, control de tensión automático, control de fin de bobina, control de rotura de papel, centrado del papel automático, etc.



1.3.- CONTENIDO DE LA MEMORIA

En esta memoria de proyecto tendremos las siguientes partes:

- Una breve **descripción de la empresa**, para ver en que sector trabaja, como esta estructurada, cuantas secciones tiene la empresa, los trabajadores, la facturación anual y la facturación gracias a los rollos “su turno” en concreto, el crecimiento de la empresa, etc.
- Una **descripción de la actual máquina** que fabrica los rollos “su turno” con la descripción del proceso de fabricación, también explicaremos los diferentes problemas de la actual máquina y seguidamente daremos las soluciones que se les darán en la nueva máquina a diseñar y construir.
- Explicación del **control y automatización** de la máquina, con un proceso de programación del PLC partiendo desde un diseño GRAFCET y la programación del HMI para la posible modificación de parámetros, todo esto con un proceso de prueba y error hasta llegar a los parámetros óptimos de fabricación, y los límites de la máquina.
- Un **estudio económico** donde valoramos los costes de la máquina, los costes de fabricación del producto, una estimación de beneficios anuales comparando la máquina actual con la nueva y observaremos la amortización del proyecto con las rectas costes y beneficios.
- Una breve **conclusión** del proyecto desde los tres posibles puntos de vista, el del alumno, el de la empresa y sobre la máquina diseñada y construida.
- Una **bibliografía** para explicar las fuentes de documentación consultadas.
- Añadiremos un último punto de **anexos** donde incluiremos gran parte de los manuales de documentaciones de los componentes de la máquina.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA



2.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa **Etiduro S.L.** ubicada en el polígono “El Brizo”, pertenece al término municipal de Aldeamayor de San Martín en Valladolid, fue creada en 1999 por tres socios, llegando a facturar el primer año 30.000 euros. Año tras año ha ido creciendo en facturación y en número de empleados llegando en 2008 a facturar cerca 3.000.000 de euros con 20 empleados en plantilla, aplicando una política continua de inversión y desarrollo.

La empresa Etiduro S.L. se dedica a la fabricación y comercialización de todo tipo de etiquetas autoadhesivas y varios productos relacionados con la industria papelera. La empresa pertenece a la industria de artes gráficas y manipulación de papel.

Actualmente los principales clientes de la empresa son del sector de la alimentación, aun que también tienen clientes en sectores de automoción y en el propio sector de artes graficas.



Fotografía 1 - Fachada actual de la empresa Etiduro S.L.

Los datos para el contacto con la empresa son:

Polígono Industrial El Brizo S/N

47162 Aldeamayor De San Martín – VALLADOLID

Teléfono 983 52 88 62

Correo Electrónico: informacion@etiduro.com

Web: <http://www.etiduro.net/>



ESTRUCTURA GENERAL

La empresa esta estructurada en 3 principales departamentos, cada uno de ellos esta dirigido por uno de los socios de la empresa:

- Departamento de **Dirección**: se encarga de todo lo referente a contratos, pagos y cobros y contratación de servicios generales.
- Departamento **Comercial**: se encarga de captar nuevos clientes y gestionar los pedidos de los clientes existentes.
- Departamento de **Producción**: se encarga de la maquinaria, fabricación del producto y su envío.

PUESTOS EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

El departamento de producción esta estructurado de la siguiente manera:

- **Director**: responsable de todo el departamento, tanto en contratación del personal, compra de maquinaria, estar al corriente de las mejoras del mercado de producción y de la competencia directa, etc.
- **Encargado**: es el responsable del día a día de los maquinistas, asegurando los plazos de entrega de los pedidos y la mejor gestión de los mismos.
- **Mantenimiento**: es el responsable de la maquinaria, tanto de las reparaciones en el menor tiempo posible como del mantenimiento preventivo para minimizar las posibles averías.
- **Maquinistas**: cada maquinista es especialista en una máquina de la empresa, pero tiene versatilidad para posibles necesidades de producción según las cargas de trabajo.
- **Almacenero**: se encarga del almacén, tanto de su colocación, limpieza, proveer a las máquinas del papel necesario y del envío de los pedidos acabados.



SECCIONES EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

La fabrica esta dividida en diferentes secciones dependiendo del producto final que se vaya a realizar:

- Sección de **impresión flexográfica**: la fábrica tiene actualmente 3 máquinas de impresión Flexográfica, tanto con tintas ultravioleta como tintas al agua.
 - a) La primera máquina fue adquirida en Italia en 1999 y dispone de 4 colores con una de una velocidad de 100 metros/minuto.
 - b) La segunda máquina fue adquirida en Shanghai en 2001 y dispone de 6 colores con una velocidad de 80 metros/minuto.
 - c) La tercera máquina fue adquirida en Shanghai en 2006 y dispone de 4 colores con una velocidad de 80 metros/minuto.
- Sección de **etiquetas anónimas**: la fábrica tiene 2 máquinas de alta velocidad de troquelado de etiquetas anónimas (sin impresión), son máquinas que admiten bobinas de hasta 4.000 metros lineales de papel y alcanzan una velocidad de hasta 250 metros/minuto.
- Sección de **rebobinado**: los productos impresos, son impresos en la sección de impresión Flexográfica pero después necesitan ser rebobinados en rollos menores según petición del cliente. Se disponen de 2 máquinas, de velocidad de 80 metros/minuto.
- Sección de **guillotinado**: disponen de una máquina para la guillotinar también los trabajos impresos si el producto final se presentase en hojas en vez de en rollos. Esta máquina tiene una velocidad de 70 hojas por minuto, si las hojas son de tamaño A4.
- Sección de **rollos de turno**: disponen de una máquina para la fabricación de rollos de turno, la máquina se construyo en 1999 y actualmente no tiene buenos rendimientos para las cantidades demandadas de este producto.
- Sección de **impresiones numeradas**: disponen de una máquina ZEBRA ZM600 para la impresión de etiquetas numeradas, muy utilizadas en laboratorios y cadenas de montaje.



SECCIÓN DE ROLLOS DE TURNO

Nosotros nos centraremos en el departamento de producción y mas concretamente en la sección de rollos de turno, esta sección dispone de una máquina para la fabricación de rollos de turno, y la empresa se plantea aumentarla ya que en años anteriores han tenido grandes beneficios gracias a ella. Desde el año 2000 que se lleva vendiendo este producto siempre ha generado beneficios y año tras año han ido creciendo las ventas como podemos ver en el gráfico 1.

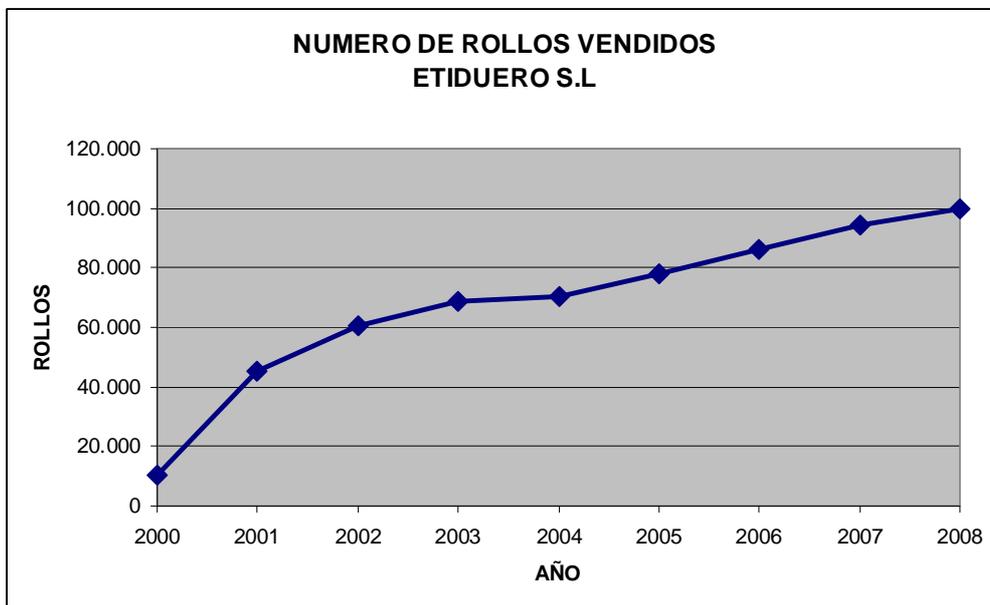


Gráfico 1 - Número de rollos "su turno" vendidos en la historia de ETIDUERO S.L.

Con estos números es lógico pensar que la empresa quiera invertir más dinero en esta sección para intentar obtener más beneficios, ya que en el último año la actual y única máquina de esta sección ha dado muchas averías, recortando la cantidad de beneficios por el incumplimiento de plazos en las entregas del producto.

**DISEÑO DE LA MÁQUINA ROTATIVA
PARA LA FABRICACIÓN DE ROLLOS DE
TURNO**

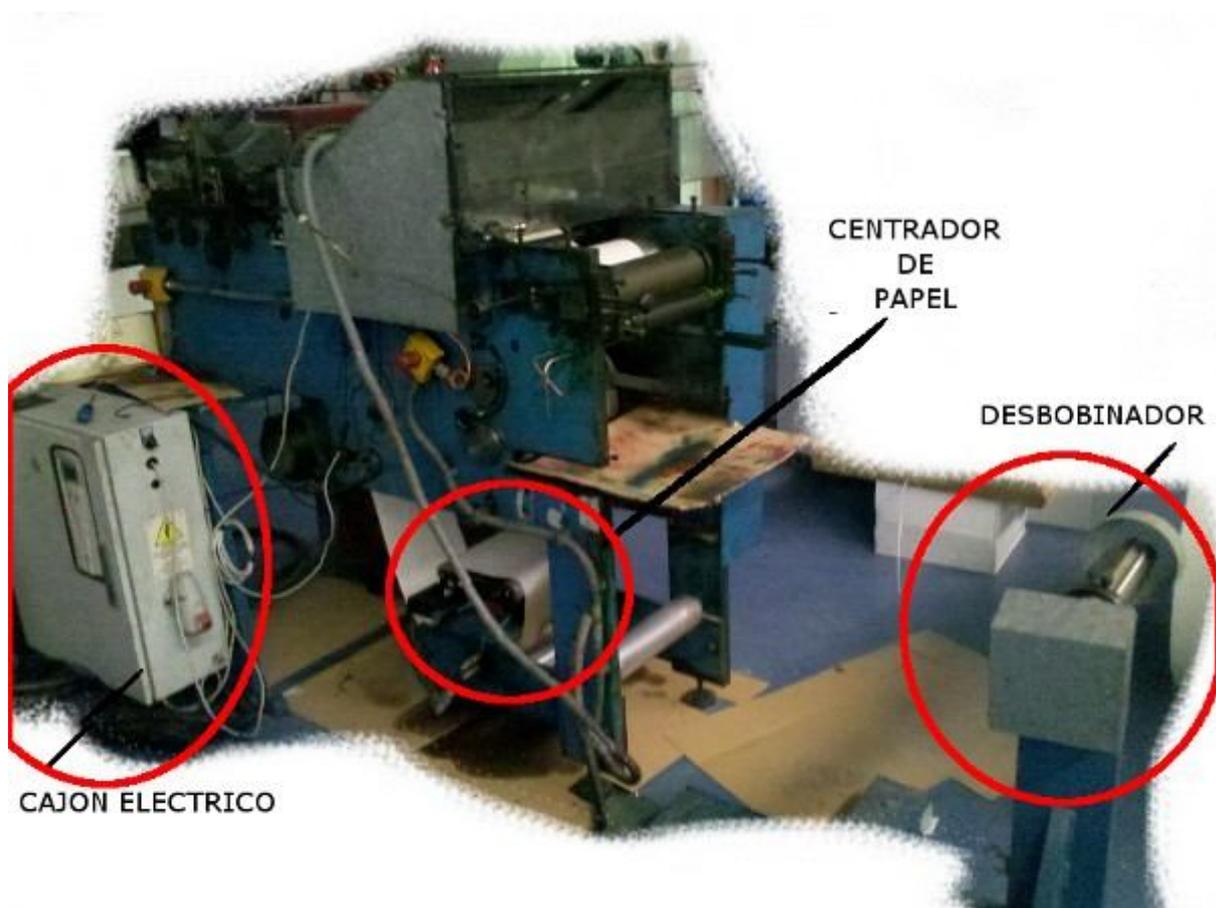


3.- DISEÑO DE LA MÁQUINA ROTATIVA PARA LA FABRICACIÓN DE ROLLOS DE TURNO

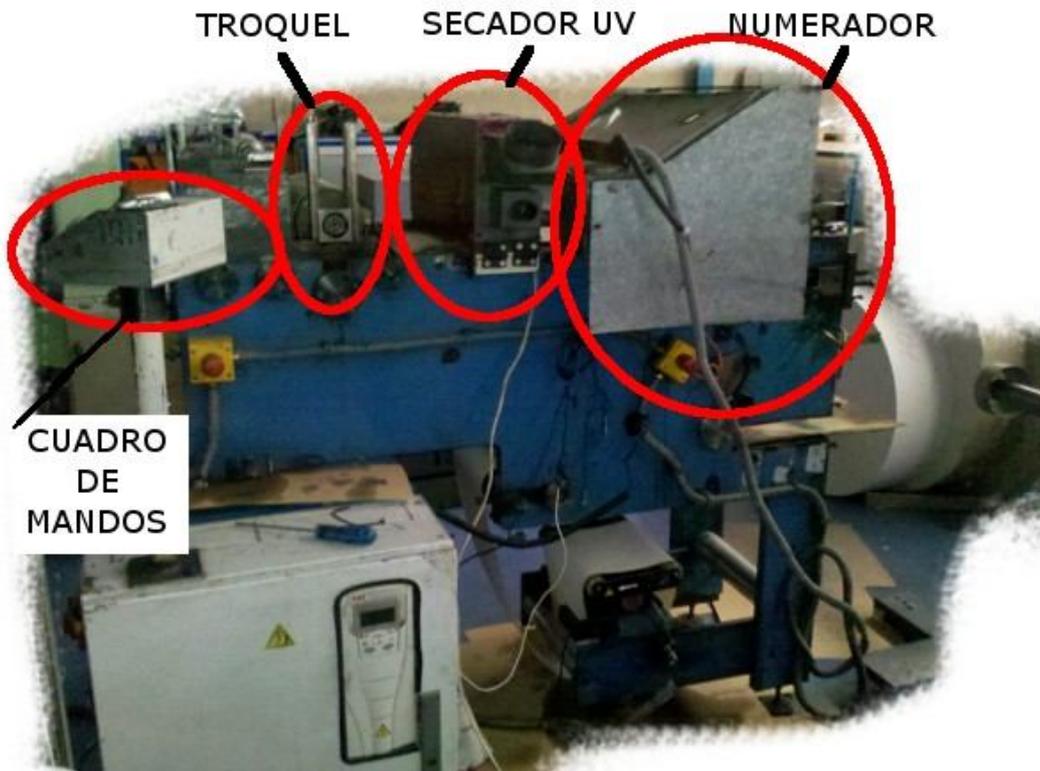
3.1.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA

Inicialmente mostraremos unas fotografías de la máquina actual que tiene la empresa produciendo, para hacernos una idea de lo que tenemos y la iremos describiendo para luego llegar a las conclusiones de porque queremos sustituirla por una nueva y como abordaremos cada sección de la máquina.

GALERÍA:



Fotografía 2 – Máquina actual desde el desbobinador



Fotografía 3 – Máquina actual desde lateral



Fotografía 4 – Máquina actual desde la posición del maquinista

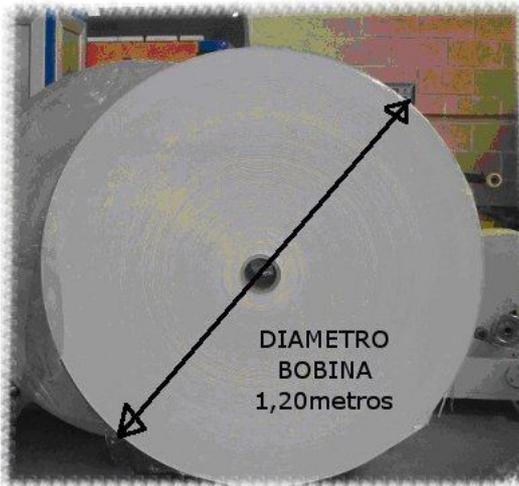


Fotografía 5 – Cuadro de mandos de la máquina actual

PROCESO

Primeramente explicaremos el proceso de producción del producto.

El proceso de producción parte con bobinas de papel de las siguientes características:



Son bobinas de 1,20metros de diámetro, de 240mm de ancho. Es papel reciclado a no ser que el cliente exija un tipo de papel diferente, de un gramaje de entre 50gr/m² y 70gr/m².

Tienen aproximadamente un peso de unos 160Kg

El precio aproximado del papel es de 0,06 euros/m².

Fotografía 6 – Bobina de papel para rollos “su turno”

Y tras un proceso de aproximadamente 1 minuto se obtenían 6 rollos del producto final, rollos de turno de 2000 tickets con impresión Flexográfica e impresión de la numeración, además del troquelado de la forma del ticket.



Fotografía 7 – Rollos “su turno”

El aspecto final del producto se puede observar en la fotografía, de diferentes colores de papel, diferentes colores de impresión, con diferentes textos y dibujos en la impresión y con posibilidad de numeración de 3 números, o letra y 2 números.

COMPONENTES

La actual máquina que tenía la empresa en producción se compone de las siguientes partes y elementos.

- **Desbobinador:** es una estructura diseñada específicamente para esta máquina, con un eje de 76mm de diámetro y un freno acoplado a el, puede observarse en la Fotografía 2. Era un sistema ya antiguo, sin posibilidad de recambios, cada vez que este bloque daba alguna avería había que reparar el freno de la bobina o la tarjeta que gestionaba ese freno de forma **manual** mediante un potenciómetro que gestionaba el maquinista según el tamaño de la bobina.
- **Centrador:** el centrador se encuentra al principio de la máquina, nada más salir el papel del desbobinador pasa por el centrador, es un centrador obsoleto, que la empresa tiene en otra máquina también pero que es de 1970, se basa en unos lectores que hacen girar una base con dos rodillos de forma que si el papel no se encuentra entre los lectores la base gira para centrar el papel.



Fotografía 8 - Centrador



- **Control de tensión:** en la máquina actual el control de tensión del papel se hace de forma manual, el maquinista mediante un potenciómetro va variando la fuerza del freno según el va viendo la tensión del papel, a menor tamaño de la bobina madre, menor fuerza ejerce el freno para mantener la misma tensión.
- **Impresión de tickets:** en la máquina actual se hace de forma Flexográfica, mediante 3 rodillos, la goma que coje tinta, el anilox que coje tinta del rodillo de goma y el porta clichés que lleva el cliché de impresión.
- **Troquelado:** se realiza mediante un troquel macizo, el cual hace los cortes y precortes en el papel con la forma del ticket. Se ajusta la presión de este con tornillos.
- **Conjunto motor + variador de frecuencia:** el conjunto es de la marca Allen Bradley, con una potencia de 2,2kW.
- **Protecciones:** como protecciones hacia el maquinista y personal de mantenimiento tiene una seta de emergencia en la zona del desbobinador, esta se usa para bloquear la máquina a la hora de cambiar la bobina.
- **Conjunto electrónico PLC + HMI:** el conjunto es de la marca Allen Bradley, actualmente tiene todas las entradas y salidas del PLC ocupadas/usadas.
- **El cuadro de mandos** es un de los elementos mas importantes de la máquina, ya que es la única forma que el maquinista tiene para dar ordenes a la máquina para obtener el producto final que desee en cada momento. Como vemos en la fotografía 5 el cuadro de mandos teníamos 3 pulsadores, START, STOP, PASO A PASO, luego tenemos el potenciómetro para el control manual del freno de la bobina y por ultimo la pantalla para el control de parámetros. A este sistema le faltaba una seta de emergencia básicamente, y después puestos a ser exigentes, que el control del freno de la bobina fuese automático y tener mayor versatilidad para poder modificar parámetros en la máquina para optimizar los tiempos,



parámetros como: velocidad máxima, velocidad mínima, velocidad de paso, velocidad actual, tiempo de rampa de aceleración y deceleración, contador de barradas o ciclos, contador de tiempo de encendido de la máquina y de tiempo de funcionamiento real...

3.2.- PROBLEMAS E INCONVENIENTES EN EL FUNCIONAMIENTO ACTUAL

En este apartado explicaremos los problemas que empezaban a generar las diferentes secciones de la máquina, esto generaba una producción con parones y restaba rendimiento y por lo tanto beneficios.

La idea empezó a surgir cuando se estropeo el freno del desbobinador, ya que no se encontraban repuestos y finalmente hubo que acoplar uno similar, esta avería genero mucho tiempo de la máquina parada, un gran coste en el nuevo freno y la perdida de todos los datos de prueba y error que se habían obtenido con la experiencia de la posición del potenciómetro para la cantidad de freno que la máquina daba a la bobina dependiendo del tamaño de esta, esos datos ya eran inútiles ya que el freno tenia otras características.

Después de la avería del freno se empezó a plantear la idea de diseñar y construir una nueva máquina que además de tener elementos más estándares y utilizados en otras máquinas de la empresa para unificar stock de material, también que fuese más versátil, rápida y por su puesto en los tiempos que corren mucho más automática.

Con todo esto se empezó a realizar el diseño de la nueva máquina y se plantearon los siguientes requisitos de diseño para mejorar la máquina actual y minimizar los tiempos de arreglos de averías.

Desbobinador estándar de la empresa, un elemento comprado en Shanghai que la empresa ya tiene en otras 4 máquinas más y es conocido por el personal de mantenimiento.

Centrador estándar de la empresa, un elemento comprado en Shanghai que la empresa ya tiene en otras 7 máquinas más y es conocido por el personal de mantenimiento.

Otro inconveniente de la máquina actual es que no dispone de ningún plano eléctrico ni de ningún dibujo técnico de las partes mecánicas, esto genera muchos problemas a la hora de tener que realizar reparaciones.



3.3.- SOLUCIONES PLANTEADAS

3.3.1- DESBOBINADOR

El desbobinador en la primera parte de la máquina, es la parte donde insertamos la bobina madre para que esta se vaya desenrollando y generando rollos de producto final.

Es un elemento que según las características de las máquinas en cuanto a tamaño de las bobinas como a velocidad de trabajo de las máquinas mas o menos se ha de utilizar una vez a la hora, es decir con relativa frecuencia, por lo tanto a de ser un elemento fácil de manejar para el maquinista.

MÁQUINA ACTUAL

El desbobinador en la máquina actual es un elemento que fue diseñado únicamente para esta máquina, por lo tanto cualquier avería en el, supondría una solución única y no existirían repuestos idénticos para el. Esto implica ser un elemento complejo.

MÁQUINA NUEVA

Con la experiencia que la empresa tiene en maquinaria industrial de etiquetas, ya que dispone de otras 10 máquinas mas, es conocido por ellos un desbobinador sencillo, fácil de acoplar, con un precio muy ajustado y conocido por los actuales trabajadores de la empresa, tanto maquinistas como personal de mantenimiento. Por todo ellos se decidió contar con este desbobinador para la nueva máquina.



Fotografía 9 – Desbobinador de la nueva máquina



3.3.2.- CENTRADOR

El centrador es el elemento que se encarga de que el papel vaya siempre con la misma alineación, de este modo el rollo final quedara adecuadamente alineado y la impresión quedara siempre centrada el ticket, así será un producto con una buena presentación.

Es un elemento importante para no tener problemas en el producto final, para que la impresión del ticket siempre vaya en el centro del ticket.

MÁQUINA ACTUAL

En la máquina actual como vimos era un sistema obsoleto del que no se podían obtener ya piezas de repuesto ni repuesto del sistema en si.

Se basaba en dos sensores que detectaban por donde iba el papel y si este no estaba entre ellos en la zona delimitada por los sensores, el sistema giraba/oscilaba llevando al papel al centro de los sensores.

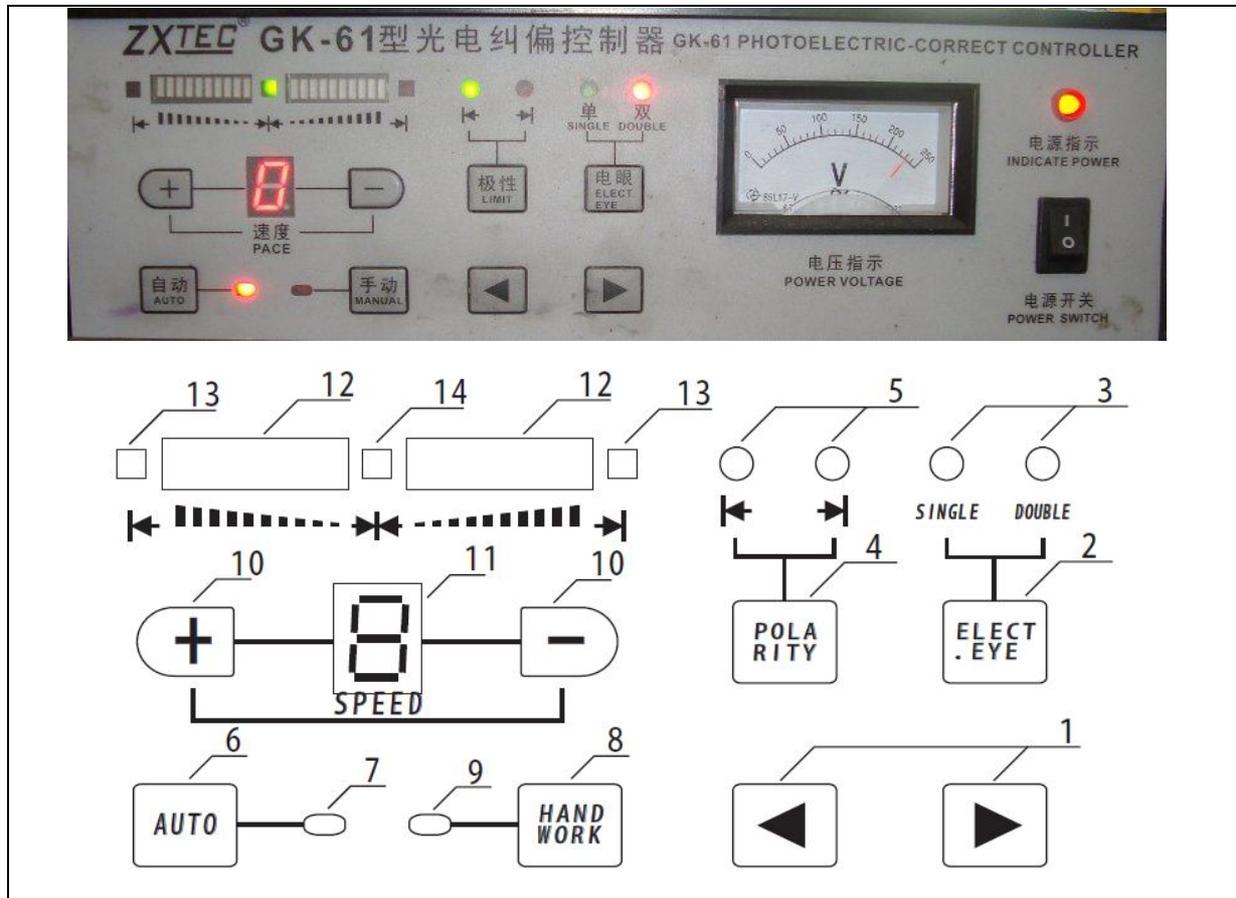
Es un sistema que funciona pero tiene dos inconvenientes, el primero ya mencionado que es obsoleto y no se encuentran repuestos y el segundo es que esta situado en la parte inferior de la máquina esto hace que le gotee grasa y tinta de la parte superior de la máquina, teniendo zonas de papel manchadas.

MÁQUINA NUEVA

En nuestro caso el centrador seleccionado fue el modelo GK-61 de la marca China ZXTEC, ya que es un elemento que ya teníamos en la fabrica en otras máquinas, de este modo es un elemento que los maquinistas ya conocen y que podremos tener recambios de el a menor coste.



En la fotografía 10 vemos en la parte derecha un interruptor para encender o apagar el centrador, una luz para indicar que esta encendido y un voltímetro para indicar que la tensión que le llega es la correcta, alrededor de 220Vac.



Fotografía 10 – Esquema de pulsadores del centrador de la máquina nueva.

EXPLICACIÓN DE LOS PULSADORES

1. Pulsador Flechas IZQUIERDA y DERECHA: En modo manual mueve el centrador en ambas direcciones.
2. Pulsador ELECT. EYE: Seleccionas si trabajas con un lector o dos.
3. Luces SINGLE y DOUBLE: Ves en que modo de lectores estas trabajando si con un lector o con dos.
4. Pulsador POLARITY: Seleccionas si trabajas en negro sobre blanco o en blanco sobre negro.
5. Luces |← o →|: Nosotros siempre trabajaremos en blanco (papel) sobre negro, luego |←.



6. Pulsador AUTO: Seleccionar modo automático.
7. Luz automático: Ves si estas en este modo.
8. Pulsador HAND WORK: Seleccionar modo manual.
9. Luz manual: Ves si estas en este modo.
10. Pulsador + y -: Aumentar o disminuir la velocidad de reacción del centrador.
11. Display de 7 segmentos para indicar la velocidad de reacción del centrador (0 es el máximo, 9 la mínima)
12. Luces de actuación, indica si el centrador esta actuando y en que sentido
13. Luces Limites del centrador: indica si el centrador se encuentra en algunos de sus límites laterales.
14. Luz de centrador OK, indica si el centrador esta funcionando OK.

VALORES DE CONFIGURACIÓN POR DEFECTO

CENTRADOR	ENCENDIDO
ELECT. EYE	DOUBLE
POLARITY	←
MODO	AUTO
VELOCIDAD	2



3.3.3.- CONTROL DE TENSION

Este elemento controla que el papel siempre vaya con la misma tensión, para que permanezca tenso pero también para que no vaya tan tenso como para que haga arrugas.

Es imprescindible que el papel vaya correctamente tenso si queremos que el papel vaya correctamente recto por la máquina, para que la impresión quede correctamente y el troquelado también.

También es necesario para que el papel no se rompa en las aceleraciones de la máquina ni se destense en las deceleraciones.

MÁQUINA ACTUAL

El control de tensión se realizaba de manera manual por el maquinista, mediante un potenciómetro hacia que el freno de la bobina ejerciese mayor o menor fuerza sobre la bobina madre.

La experiencia de la empresa llevo a realizar una tabla de posiciones del potenciómetro para determinados tamaños de bobinas, según la bobina se iba gastando y era más pequeña, la fuerza que ejerciese el freno debería ser menor para tener la misma tensión.

MÁQUINA NUEVA

El control de tensión es una de las principales ventajas de esta máquina, es un elemento que en la máquina actual el maquinista tiene que estar pendiente de el, mientras que en la máquina nueva, será un elemento automático.

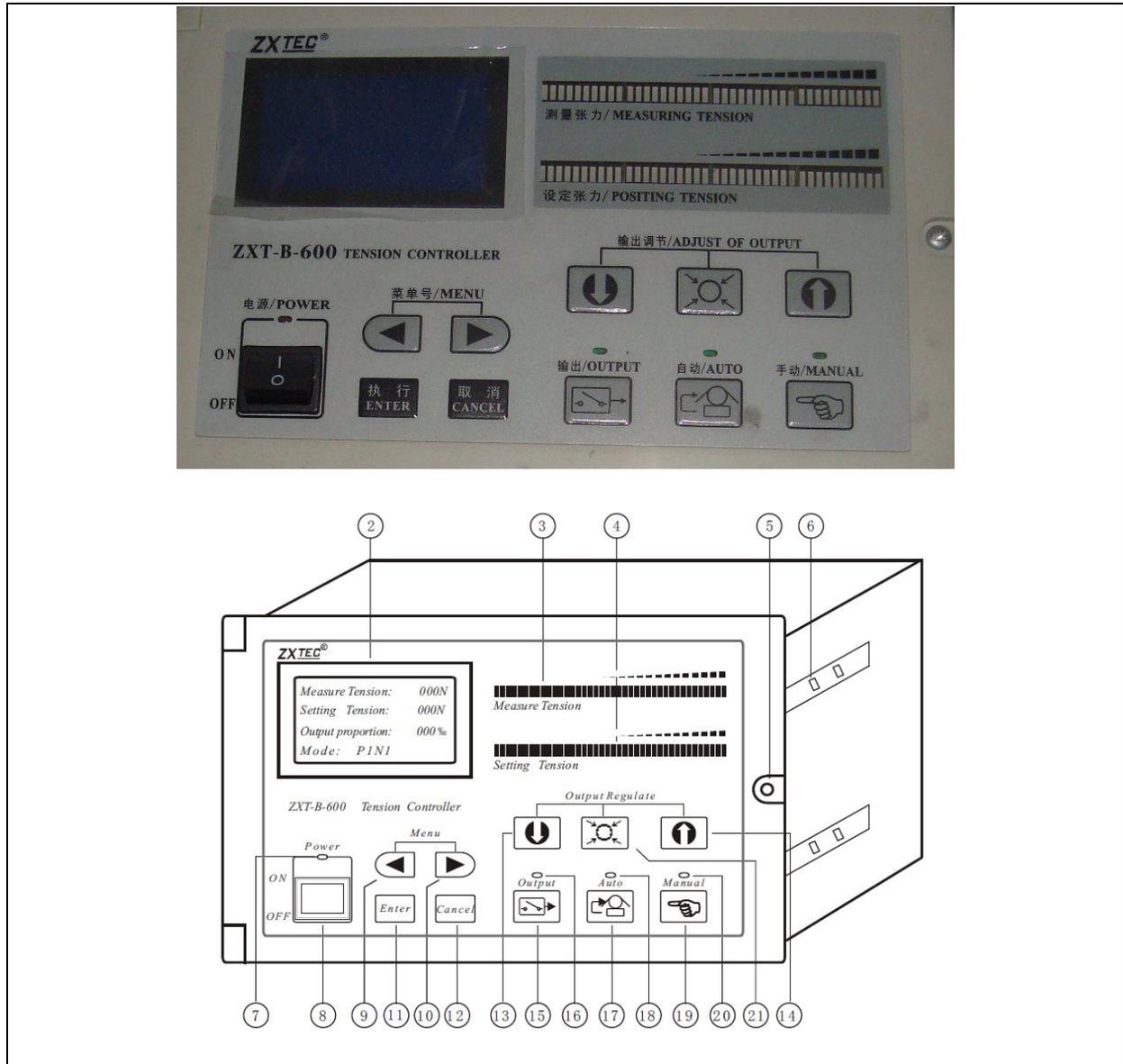
Con unos sensores de carga colocados después del centrador tendremos la medida de la tensión del papel, y con un sistema electrónico se gobernara la fuerza que el freno debe hacer sobre la bobina madre y por lo tanto se regulara la tensión del papel de forma automática.

Este es un elemento muy importante, ya que le das mucha libertad al maquinista y porque para diferentes gramajes de papel la fuerza del freno debe ser distinta para la misma tensión, cosa que antes se hacia con la experiencia del maquinista.

Para la elección del control de tensión se ha seguido la misma estrategia que para la selección del resto de productos, elementos conocidos por los integrantes de la empresa para la mayor facilidad de manejo y poder tener recambios en stock. Este modelo es un control de tensión que la empresa ya tiene instalado en otras 2 máquinas más.



En la fotografía 11 vemos una imagen del control de tensión y un esquema con los diferentes pulsadores que tiene para su configuración.



Fotografía 11 - Esquema de pulsadores del control de tensión de la máquina nueva

EXPLICACIÓN DE LOS PULSADORES

- 1.
2. Display principal: en ella se indicaran los valores a configurar y valores actuales.
3. Luces barra progresiva de la tensión que tenemos en el papel
4. Luces barra progresiva de la tensión que queremos en el papel
5. Tornillo de cierre



6. Forma de anclaje
7. Luz de encendido
8. Interruptor de ON/OFF
9. Flecha izquierda para moverte en el menú
10. Flecha derecha para moverte en el menú
11. Enter, para aceptar los valores
12. Cancel, para cancelar las acciones
13. Flecha abajo, para bajar el valor de los parámetros, si no estamos en ningún menú, bajaremos la tensión deseada.
14. Flecha arriba, para subir el valor de los parámetros, si no estamos en ningún menú, subiremos la tensión deseada.
15. Pulsador OUTPUT, para activar o desactivar este modo, este modo hace que la tensión llegue o no al freno, en condiciones normales a de estar activado, para cambiar la bobina o ajuste puede quitarse.
16. Luz output, para saber si estamos en este modo.
17. Pulsador AUTO, para activar o desactivar este modo, este modo hace que la tensión al freno varíe según la lectura de las células de carga.
18. Luz auto, para saber si estamos en este modo.
19. Pulsador MANUAL, para activar o desactivar el modo manual, en este modo variamos con las flechas la tensión que le damos al freno.
20. Luz manual, saber si estamos en este modo.
21. Pulsador REGULATE OUTPUT; al pulsarlo reiniciamos la tensión al freno por la tensión configurada como tensión inicial.

**OPCIONES DEL MENÚ**

OPCIÓN	VALOR POR DEFECTO
0 Language select	English
1 Remove tare	22,5 %
2 Original output	30,5 %
3 Axis-changed output	A
4 Adjust speed	5
5 Demarcate tensión	Se usa para ajustar lo que son 50N
6 Watch tensión sensor	Visualizar la tensión en las células
7 Return to the default	Resetear parámetros
8 Control method	Unwinding taper tensión

VALORES DE CONFIGURACIÓN POR DEFECTO

CONTROL DE TENSIÓN	ENCENDIDO
OUTPUT	ON
AUTO	ON
MANUAL	OFF
TENSIÓN DESEADA	70N



3.3.4.- IMPRESIÓN DEL TICKET

Esta sección de la máquina puede separarse en dos partes, la impresión del ticket para diferenciar entre las diferentes secciones de un lugar o colas y la impresión de los números en orden decreciente.

Ambos dos elementos apenas se han modificado.

NUMERADOR

Es un elemento móvil que se acopla a la bancada de la máquina, la idea de hacer esta nueva máquina era para dejar de utilizar la actual máquina y por lo tanto este elemento se quitó de la máquina vieja y se acopló a la nueva máquina.

El numerador fue comprado en Shanghai (China) por la empresa en 1999 en una feria de etiqueteros y artes gráficas, es de la marca BACH.

Este numerador funciona con tinta Flexográfica que después se seca al pasar por la luz Ultravioleta.



Fotografía 12 - Numerador marca BACH



IMPRESIÓN FIJA CON CLICHÉ

La otra impresión se realiza con cliché, también con tinta Flexográfica y que también se seca con la luz Ultravioleta.

Esta otra impresión se hace para poder distinguir lo diferentes tickets de diferentes colas o sección en el mismo recinto, por ejemplo en un supermercado, la cola de la carnicería, pescadería y frutería. Además de cada impresión ser distinta poniendo el nombre de la sección o lo que el cliente solicite también se hace en diferentes colores al gusto del cliente.



Fotografía 13 – Grupo de impresión con cliché

En la fotografía 13 podemos observar los diferentes cilindros necesarios para la impresión Flexográfica con cliché, de izquierda a derecha los elementos son:

- Recipiente con la tinta flexográfica
- Goma, en contacto con la tinta, que recoge la tinta (cilindro rojo)
- Rasqueta, en contacto con la goma, deja una fina capa de tinta en la goma
- Anilox, en contacto con la goma, coge la tinta de la goma.
- Porta cliché, en contacto con el anilox, el anilox pasa la tinta al cliché que esta pegado con adhesivo doble cara al porta cliché (cilindro blanco)
- Contra impresor, rodillo donde el papel gira



También se aprecia en la fotografía 13 todos los tornillos para poder ajustar la posición de cada rodillo, de este modo se ajusta la impresión, para que no se produzca sobreimpresión ni falta de impresión.

En la imagen 1 podemos ver como es un cuerpo de impresión flexográfica, con todos sus rodillos necesarios y la colocación de los mismos. El diseño de nuestro cuerpo impresor sigue este esquema.

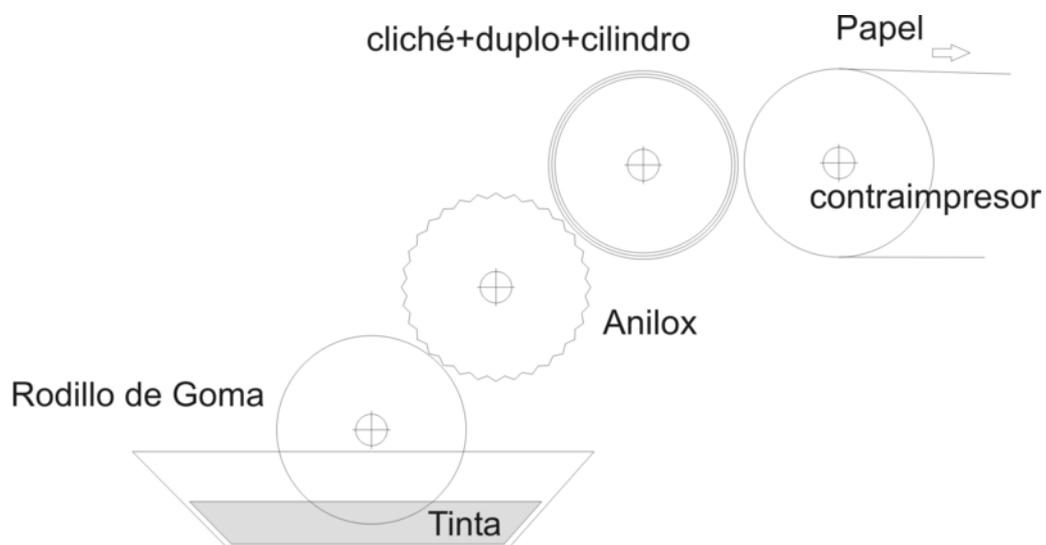


Imagen 1 – Cuerpo impresión flexográfica



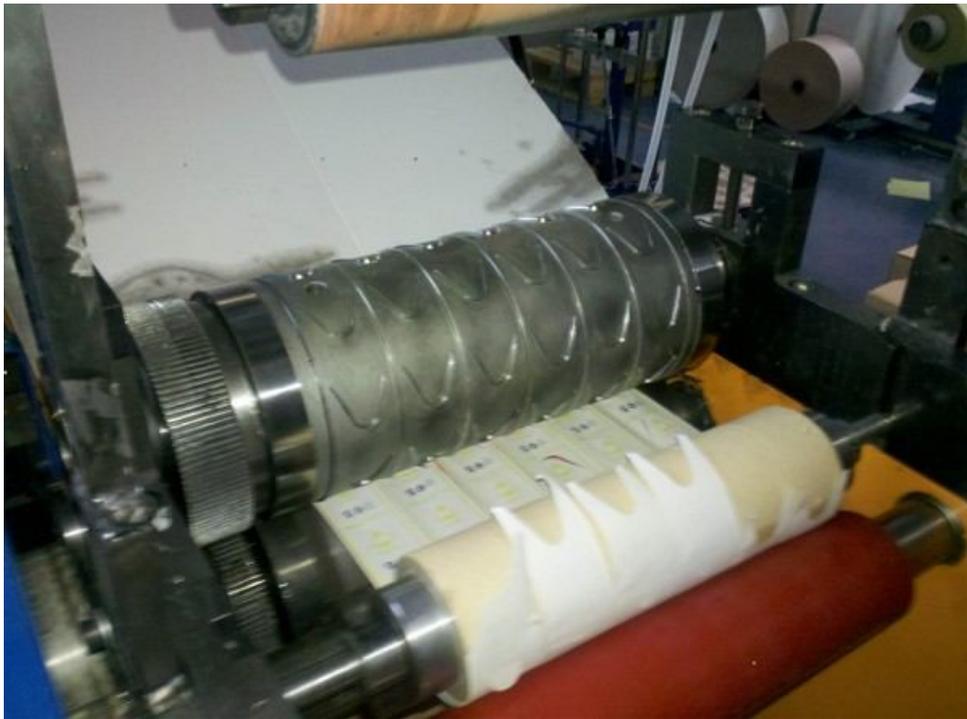
3.3.5.- TROQUELADO

El troquelado es la parte del proceso donde se le da forma al ticket, donde se hacen los cortes y precortes para que luego el ticket tenga su forma y se corten unos de otros.

Este elemento de la máquina sigue siendo el mismo, un troquel macizo que aguanta muy bien el desgaste y desafilado por abrasión del papel.

La única pequeña ventaja es la forma de ajustar este elemento, en la actual máquina es un sistema muy rudimentario con un tornillo que sujeta unos tacos que presionan los extremos del troquel macizo, en la máquina nueva pondremos ajustes mediante manivelas para poder hacerlo directamente con la mano y no necesitar ninguna herramienta extra en este proceso.

Es un elemento muy sencillo y por lo tanto no hemos innovado prácticamente nada en el nuevo diseño de este elemento.



Fotografía 14 – Troquel macizo para ticket “su turno”



3.3.6.- CONJUNTO MOTOR + VARIADOR DE FRECUENCIA

Básicamente este apartado de la máquina a sido modificado por la potencia requerida por la nueva máquina, la actual máquina tiene 4 metros de largo, mientras que la nueva máquina tendrá 8 metros de largo para tener mas espacio para cada elemento y de este modo poder realizar los ajustes y pasos de papel de una manera mas cómoda y sencilla, además de tener mas espacios para colocar sensores y dejar espacios para posibles nuevas ideas.

Por este motivo de tamaño y de mayor numero de rodillos por los que tiene que pasar el papel el motor a de tener mayor potencia, la potencia elegida fue de 5,5kW mientras que la actual máquina tiene 2,2kW.

MÁQUINA NUEVA

El variador es un elemento muy caro y con mucha parametrización, como norma general y para máquinas relativamente sencillas, este viene configurado con unos parámetros estándares que funcionan correctamente, pero siempre hay que ajustarlos un poco a nuestras peticiones, en nuestro caso los parámetros que modificamos de los preestablecidos en fábrica fueron los siguientes:



Fotografía 15 – Variador de frecuencia Telemecanique ATV31



PARÁMETRO	VALOR DE FABRICA	VALOR ACTUAL	COMENTARIO
ACC	3s	2s	Rampa de aceleración
DEC	3s	2s	Rampa de deceleración
ItH	x	5,8A	Depende del valor del motor
UnS	x	380V	Depende del valor del motor
nCr	x		
nSP	x		
COS	x		
bFr	50Hz	50Hz	Hercios máximos

El parámetro bFr es el que limita los hercios máximos que el variador transmite al motor, la que es lo mismo que la velocidad máxima de la máquina.

Este parámetro muy importante, en principio no lo hemos modificado ya que con las pruebas que hemos hecho en la máquina hemos considerado que la velocidad máxima de la máquina es más que suficiente y una mayor velocidad implicaría en un empobrecimiento considerable en el producto final.

En caso de en un futuro necesitar mas velocidad máxima de producción este valor podría modificarse a 60Hz, esto representaría un incremento de velocidad de unos 20 metros/min. Y según nuestra experiencia en otras máquinas de la empresa este parámetro puede aumentarse hasta 100Hz sin comprometer la vida útil del motor.



3.3.7.- PROTECCIONES

Las protecciones son una parte muy importante en toda maquinaria industrial, no solo valen para proteger la propia máquina en si para minimizar las averías sino también para lo más importante, proteger al maquinista y responsables de mantenimiento.

MÁQUINA ACTUAL

Las protecciones de la máquina actual eran escasas.

Protecciones respecto al maquinista La máquina actual disponía de muy pocas protecciones, solo tenía una seta de emergencia en el desbobinador para poder bloquear la máquina en el momento de cambio de bobina.

MÁQUINA NUEVA

Como en toda máquina industrial las protecciones es una parte básica, tanto protección hacia la propia máquina para que no se averíe como hacia las personas que las manejan o reparan.

Referente a las protecciones del maquinista, la máquina tiene cubiertas en todas sus partes que pueden producir atropamientos, con sus respectivas indicaciones de peligro, también esta llena de setas de emergencia, que desde cualquier posición en que se encuentre el maquinista puede pulsar una y también existe un mando móvil el cual puede llevar el maquinista en la mano mientras se mueve alrededor de la máquina.



Fotografía 16 - Mando móvil con emergencia y paso a paso



Como **protecciones eléctricas** tenemos alimentado el variador de frecuencia mediante un contactor que se activa y desactiva con el PLC, siempre que esté en estado de alguna emergencia el variador de frecuencia no recibirá tensión y por lo tanto el motor no podrá moverse, esto genera una seguridad al maquinista.

Por otro lado cada vez que la máquina va a comenzar a moverse, ya sea por un paso a paso como por ponerse en marcha, un zumbador suena alertando al maquinista o posible personal de mantenimiento que este actuando que la máquina va a comenzar a moverse.

Como **protecciones de la máquina**, tenemos instalados varios sensores:

Sensor de rotura de papel, para que la máquina no trabaje en vacío, es decir sin papel y por lo tanto se deteriore el cliché, el anilox y también el troquel, la máquina tiene 2 sensores de rotura de papel que detecta cuando no hay papel y la máquina no arranca, excepto el paso a paso para facilitar al maquinista el paso del papel.

El sensor de fin de bobina genera también todos estos beneficios pero en el caso de que la bobina se acabe, este lo detectara unos segundos antes que los de rotura de papel.



3.3.8.- CONJUNTO ELECTRÓNICO PLC + HMI

El conjunto electrónico PLC+HMI es la parte inteligente de la máquina, es la parte que hace que la máquina responda adecuadamente y como ha sido programada para hacerlo ante cualquier acción del maquinista.

El PLC esta conectado a diferentes actuadores, ya sean pulsadores, interruptores o sensores en su parte de las entradas y conectado a luces, zumbadores, relés o contactores en su parte de las salidas.

El PLC es programado para que acciones en las entradas produzcan determinadas acciones en las salidas y están hacen que la máquina se mueva, se pare, reproduzca un sonido, enciende una luz, de un mensaje en pantalla o cualquier otra acción.

El HMI es una pantalla con la que el maquinista tiene la opción de ver los diferentes estados del PLC, modificarlos, y realizar acciones mas complejas que con simples pulsadores o interruptores.

MÁQUINA ACTUAL

En la máquina actual tenemos un PLC de la marca Rockwell Allen Bradley Pico 1760 con una HMI Allen Bradley GFX-70



Fotografía 17 – PLC



Fotografía 18 – HMI

Sobre ellos se realizo un programa en 1999 que ha día de hoy ya no parece funcional, con un menú poco intuitivo y además de que la pantalla tiene ya muy poca nitidez y su pequeño tamaño, los botones apenas tienen superficie del desgaste y hay que presionarlos muy fuerte. El PLC que se compro tiene sus 8 entradas utilizadas y su 4 salidas también, por



lo tanto no es posible realizar sobre él alguna modificación física para añadir funcionalidades a la máquina.

MÁQUINA NUEVA

En la máquina nueva hemos elegido el modelo que más se ajustaba en prestaciones a nuestras necesidades teniendo en cuenta que fuese de la misma máquina del variador, **TELEMECANIQUE**.

Por lo tanto se optó por el PLC TELEMECANIQUE Twido TWDLCAA24DRF una unidad de base compacta, 230V AC, con 14 entradas de 24 V CC y 10 salidas de relé de 2 A

Se requería de un módulo analógico para hacer las variaciones de velocidad de manera más precisa que con un potenciómetro que con la experiencia en fábrica sabemos que es un producto con poca vida útil y poca precisión.

Módulo analógico TWDAMO1HT un módulo de ampliación con 1 salida analógica (0 - 10 V, 4 - 20 mA), 12 bits y terminal de tornillo extraíble. (50mA)



Imagen 2 – PLC Twido con módulo analógico

La pantalla HMI fue elegida según las necesidades, no se necesitaba nada muy complejo y lo que se iba a mostrar en pantalla iban a ser texto cortos y poder modificar parámetros, por lo tanto se optó por la pantalla más baja de la marca TELEMECANIQUE para abaratar costes.

La pantalla TELEMECANIQUE Magelis XBT-N400 una pantalla no táctil que consta de 8 botones de teclado y de una pantalla de 4x20 matricial (modo de caracteres únicamente), necesita de una alimentación de 5Vdc que se la proporciona el automático y los protocolos de comunicación pueden ser dos: Unitelway o Modbus con enlace punto a punto únicamente, nosotros usaremos Unitelway.



3.3.9.- ESQUEMAS ELÉCTRICOS

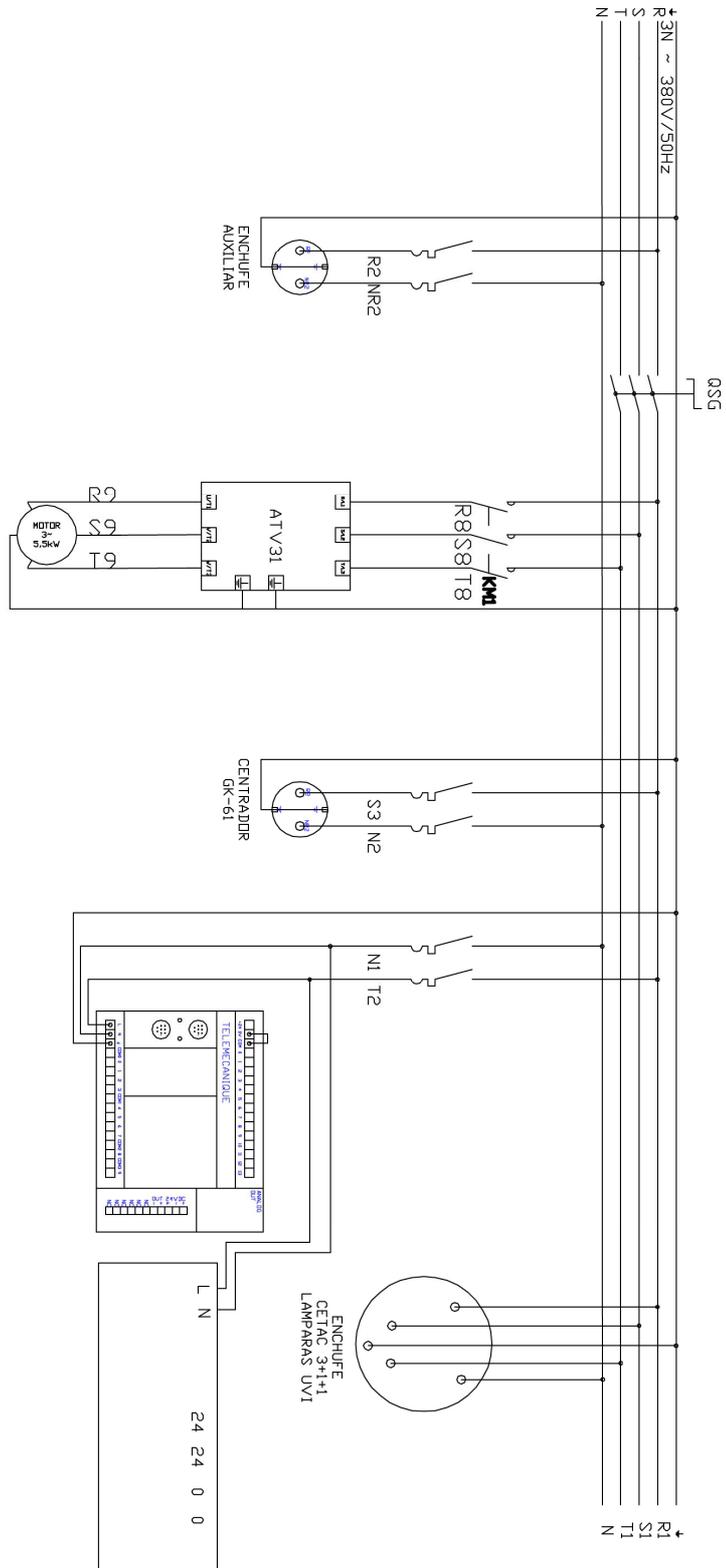
En esta sección de esquemas eléctricos no incluiremos todos los esquemas para la construcción de la máquina ni mucho menos, esto no es un proyecto para la creación y construcción de una máquina rotativa de tickets de turno, sino un proyecto para ver como se afrontan y resuelven los diferentes problemas que se van encontrando a la hora de diseñar una máquina, cuales son las posibles opciones a elegir, porque se toman unas medidas y no otras, etc.

Por lo tanto mostraremos algunos planos eléctricos de la máquina para que queden mejor explicadas algunas partes que ya se han relatado.

- **Esquema 1 - Instalación General:** se observan las conexiones generales, partiendo de una línea trifásica de 380V, como damos alimentación a un enchufe auxiliar de 220V, luego tenemos un disyuntor para desconectar toda la máquina, luego conectamos el variador mediante un contactor de seguridad y el motor al variador, otro enchufe de 220V para el centrador, la alimentación del autómeta, un transformador a 24Vdc y un enchufe cetac para el armario de secado ultravioleta.
- **Esquema 2 – Variador Motor:** se observa la conexión del variador mediante un contactor de seguridad y el motor al variador. También observamos dos entradas del variador que se conectan a dos salidas del autómeta.
- **Esquema 3 – Autómeta programable:** se observa la alimentación del autómeta mediante un interruptor electromagnético, luego la conexión de un transformador de 24Vdc que este alimenta al modulo analógico del autómeta, y las conexiones de entradas y salidas del autómeta.
- **Esquema 4 – Cuadro de mandos:** se observa la conexión de la pantalla HMI, el control de tensión con todo su cableado, los diferentes pulsadores START, STOP y PASO A PASO, la seta de EMERGENCIA y el zumbador de aviso de movimiento.



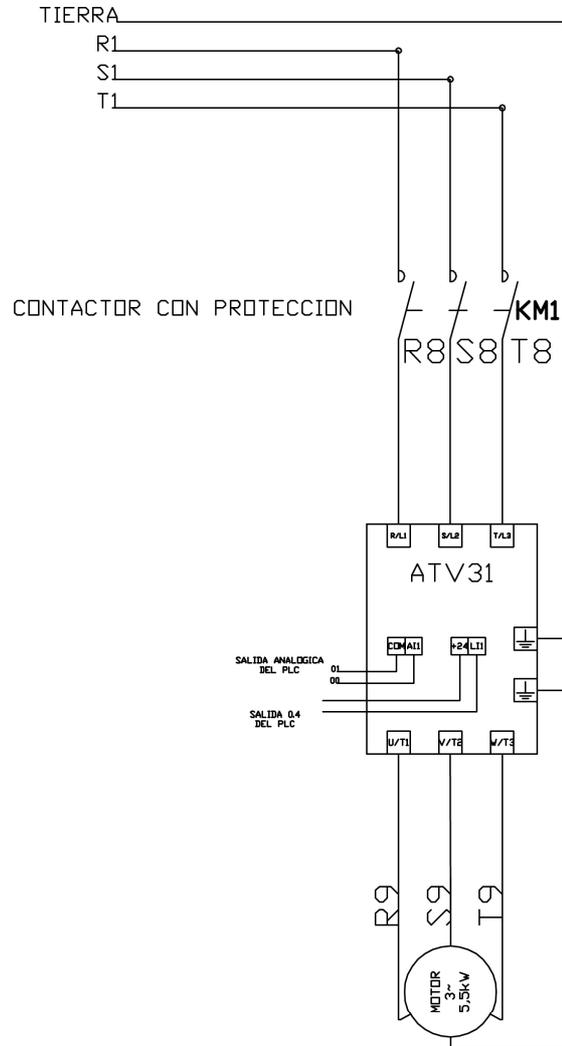
ESQUEMA ELÉCTRICO 1 – INSTALACIÓN GENERAL



	Plano: INSTALACION GENERAL	Fecha: 9-Abril-2010	Cliente: ETTIDUERO S.L.	Andrés Sánchez Oscar de la Rosa	Página: 1
--	----------------------------	---------------------	-------------------------	------------------------------------	-----------



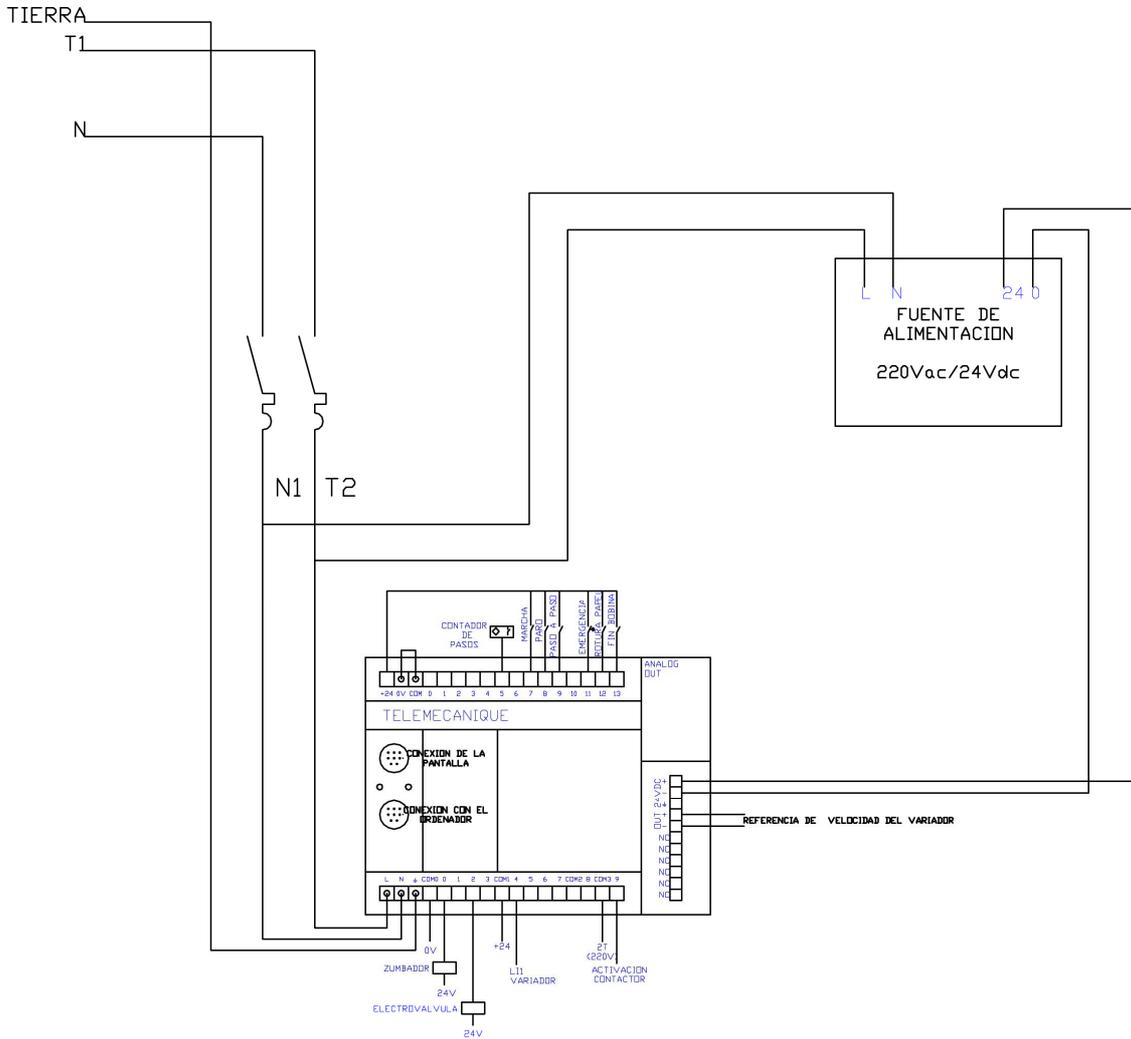
ESQUEMA ELÉCTRICO 2 – VARIADOR MOTOR



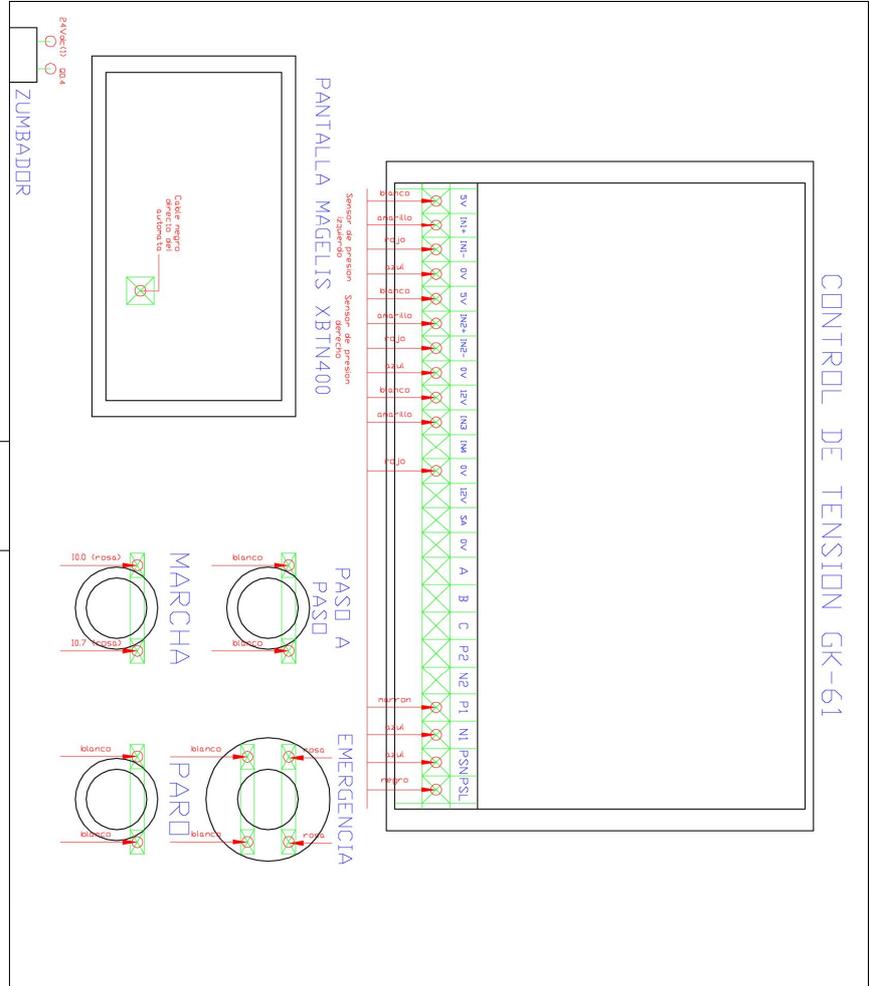
	Plano: VARIADOR-MOTOR	Fecha 9-Abril-2010	Página 2
		Cliente ETIDUERO S.L.	Andres Sanchez Oscar de la Rosa



ESQUEMA ELÉCTRICO 3 – AUTÓMATA PROGRAMABLE



ESQUEMA ELÉCTRICO 4 – CUADRO DE MANDOS



	Plano: CUADRO DE MANDOS		Fecha: 9-Abril-2010	Cliente: ETIUDERO S.L. Andres Sanchez Decar de la Rosa	Pagina: 4



3.3.10 DISEÑO FINAL

Diseño final de la nueva máquina dibujado con el software CATIA en 3D

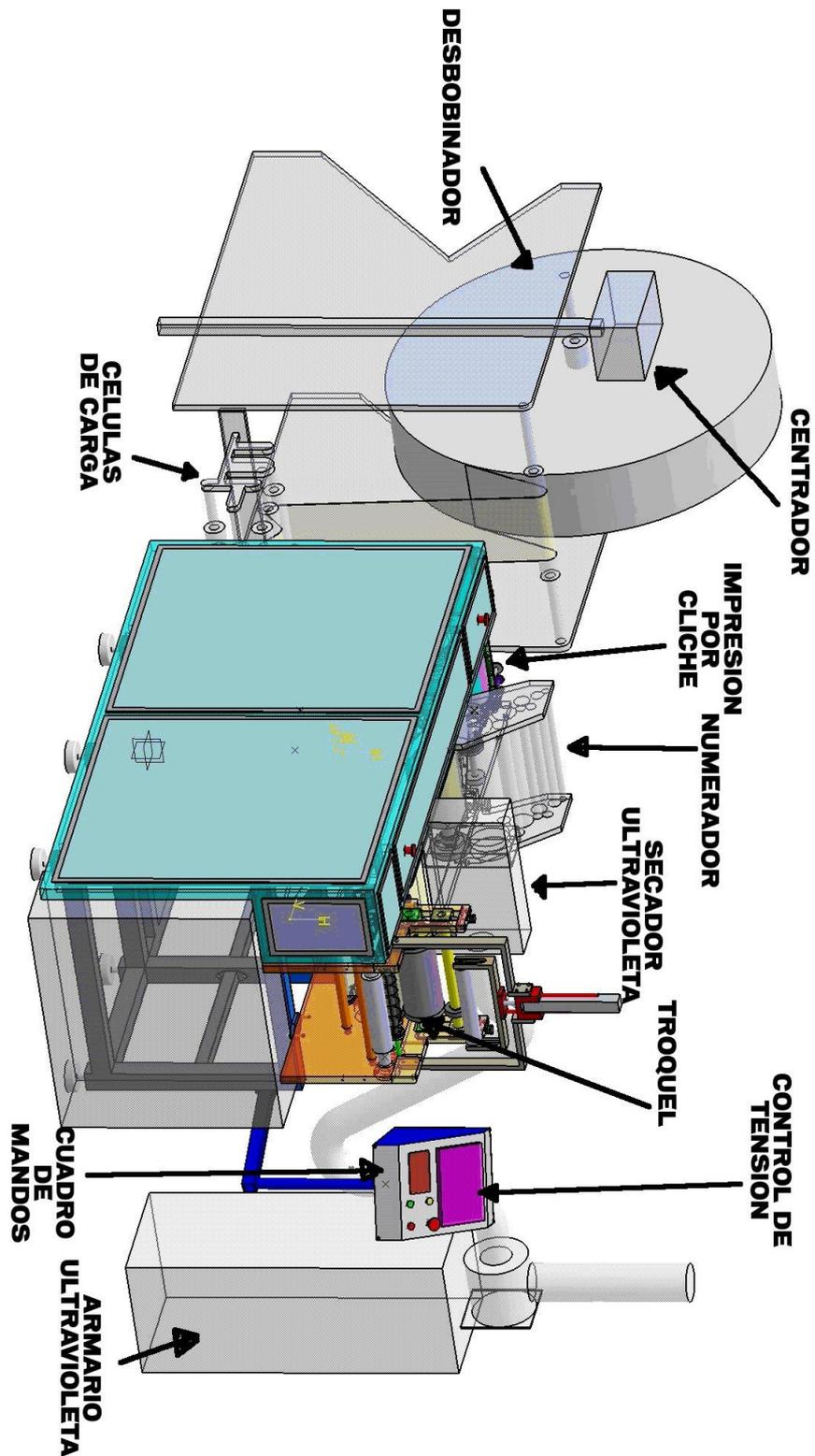


Imagen 3 – Diseño Final 3D de la nueva máquina.

CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN



4.- CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

4.1.- INTRODUCCIÓN

En esta sección veremos como controlamos la máquina, nos centraremos mas en la parte de la programación del conjunto electrónico, que es lo que le da vida a la máquina, la que controla que hacer y cuando hacerlo.

La electrónica de esta máquina consta con un autómata con un módulo analógico y una pantalla para que el maquinista configure y modifique los parámetros variables de la máquina.

Las variables modificables por el maquinista son:

- Número de ticket de un rollo - (2000)*
- Número de tickets para empezar a decelerar – (1940)*
- Tiempo de la rampa de aceleración – (3seg)*
- Tiempo de la rampa de deceleración – (3seg)*
- Velocidad del paso a paso
- Velocidad mínima de la máquina – (10%)*
- Velocidad de la máquina – (80%)*

* Entre paréntesis el valor de ese parámetro en la gráfica 2.

En otra sección solo para administradores tenemos otros parámetros como son contador general de rollos, tiempos de encendido de la máquina, tiempo de máquina en movimiento, reinicio de número de tickets, listado de alertas que la máquina ha dado, estos parámetros son para el control de la producción y solo podrán verse y actuar sobre ellos mediante contraseña, estos otros parámetros serán gobernados por el encargado.

Con estos otros parámetros podremos hacer estadísticas para conocer más a fondo los datos en el proceso de rollos de turno. También podremos comparar unos maquinistas con otros para poder primar de una manera justa a los mejores maquinistas de esta sección.



En el gráfico 2 vemos la grafica velocidad frente a numero de tickets de la máquina, y vemos los parámetros que son configurables por el maquinista.

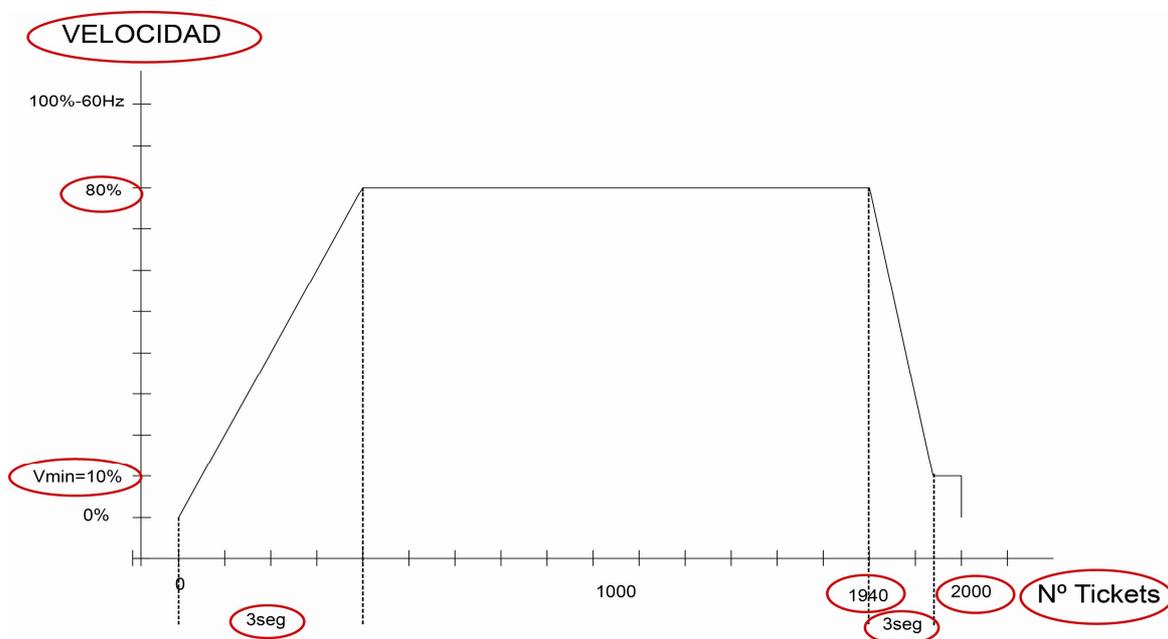


Grafico 2 – Curva de la máquina con sus valores configurables.

Una breve explicación del movimiento de la máquina sería: La máquina comienza a 0 de velocidad y a 0 de tickets, una vez se pone en marcha la máquina comienza a acelerar con una rampa de **3 segundos** (primer valor configurable) hasta la velocidad de trabajo actual **80%** (segundo valor configurable), se mantiene ha esta velocidad hasta llegar a un valor fijado en **1940 tickets** en este caso que comienza a decelerar (tercer valor configurable) y decelera desde la velocidad de trabajo hasta la velocidad mínima de trabajo **10%** en un tiempo de **3 segundos** (cuarto y quinto valores configurables), se mantiene en la velocidad mínima de trabajo hasta que llega al numero de tickets por rollo, en este caso **2000 tickets** (sexto valor configurable).

En la gráfica 2 no se observa el séptimo valor configurable, la velocidad del paso a paso, es la velocidad a la que se realiza el paso, normalmente estará definido a **10%**, ya que es una velocidad a la que la máquina le da tiempo a detenerse sin saltarse ningún ticket.



4.2.- PROGRAMACIÓN

Posiblemente esta sea la parte más compleja del proyecto tanto la elección de todo el material como luego programarlo, si el material esta mal elegido seria imposible hacer funcionar la máquina con unos requisitos si las prestaciones de los materiales no fuesen las adecuadas. Si hubiésemos adquirido material que no cumple parte de las funcionalidades no hubiésemos podido programarlo de ninguna manera. Por lo tanto esta parte tiene su gran importancia.

4.2.1.- PLC



El conjunto de PLC que montamos fue un conjunto que cumplía todas nuestras necesidades, un PLC compacto TELEMECANIQUE Twido TWDLCAA24DRF y un modulo analógico TWDAMO1HT.

Imagen 4 – PLC Twido con modulo analógico

Base: TWDLCAA24DRF - Unidad de base compacta, 230V AC, con 14 entradas de 24 V CC y 10 salidas de relé de 2 A. Bloques de terminales de tornillo no extraíbles.

Modulo del bus de ampliación: TWDAMO1HT - Módulo de ampliación con 1 salida analógica (0 - 10 V, 4 - 20 mA), 12 bits y terminal de tornillo extraíble. (50mA)

Para la programación del PLC, se hicieron todos los pasos para la correcta programación de un PLC, empezando por una diagrama de bloques inicial para ver los posibles estados del PLC, luego detallamos mas el diagrama y lo convertimos en un diagrama GRAFCET de primer nivel y después de tercer nivel con las variables del PLC y basándonos el GRAFCET realizamos la programación por etapas en el lenguaje de contactos del autómeta.



DIAGRAMA DE BLOQUES

Elegimos realizar en primera instancia un diseño de bloques para tener una idea de todas las etapas y estados en las que podría encontrarse el PLC.

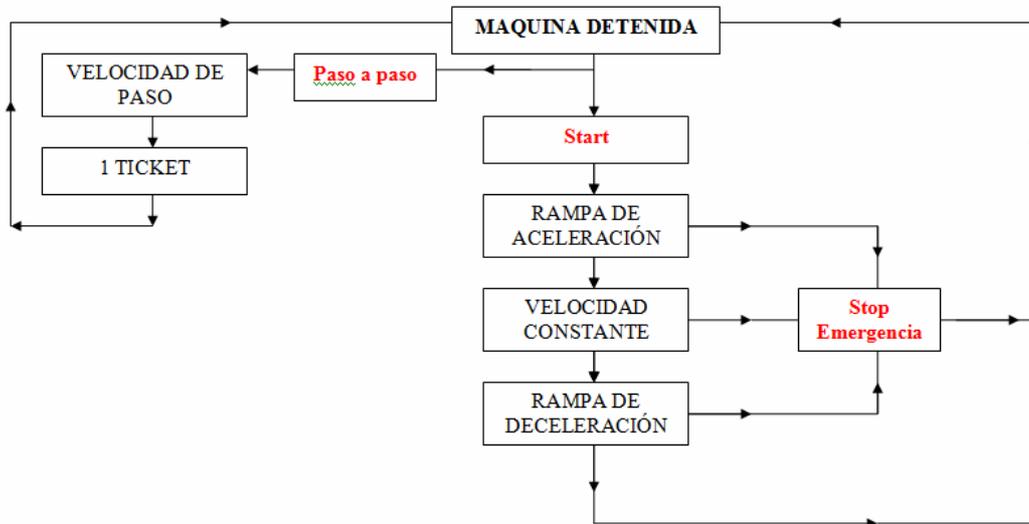


Diagrama 1 – Primer diagrama de bloques para la programación

En el diagrama de bloques vemos los 4 grandes actuadores de la máquina:

- START
- PASO A PASO
- STOP
- EMERGENCIA

Desde el estado de reposo existe la posibilidad de dos actuaciones:

- PASO A PASO: el cual llevara la máquina a la velocidad de paso, el contador de tickets detectara el paso de 1 ticket y la máquina volverá a su estado de reposo.
 - START: la máquina comenzara su secuencia normal, rampa de aceleración, velocidad constante y rampa de deceleración y volverá a su estado de reposo.
- Desde cualquiera de estos estados siempre tendremos en cuenta si se acciona STOP o EMERGENCIA, que llevaría a la máquina a su estado de reposo.



DIAGRAMAS GRAFCET

Una vez tenemos una primera idea de los posibles estados y caminos de la máquina al realizar el diagrama de bloques nos decantamos por continuar las bases de la programación por GRAFCET.

El GRAFCET no es un sistema de programación de autómatas en sí, ciertos modelos de alta gama tienen la posibilidad de convertir los diagramas GRAFCET directamente en lenguaje de contactos para el PLC, pero no es nuestro caso.

De todos modos elegimos este camino ya que es una manera muy gráfica, como su nombre indica ya que viene del griego *grafos*, de ver los diferentes caminos que toma el PLC.

Además aunque este modelo de PLC en concreto no pueda transformar de GRAFCET a lenguaje de contactos, es sencilla su transformación siguiendo ciertas pautas de programación.

Primeramente haremos el **GRAFCET de primer nivel**, este representa la etapa inicial, todas las etapas, uniones entre etapas, las transiciones, los direccionamientos, los procesos simultáneos y las acciones asociadas. Todo esto representado con símbolos para cada etapa, proceso o acción.

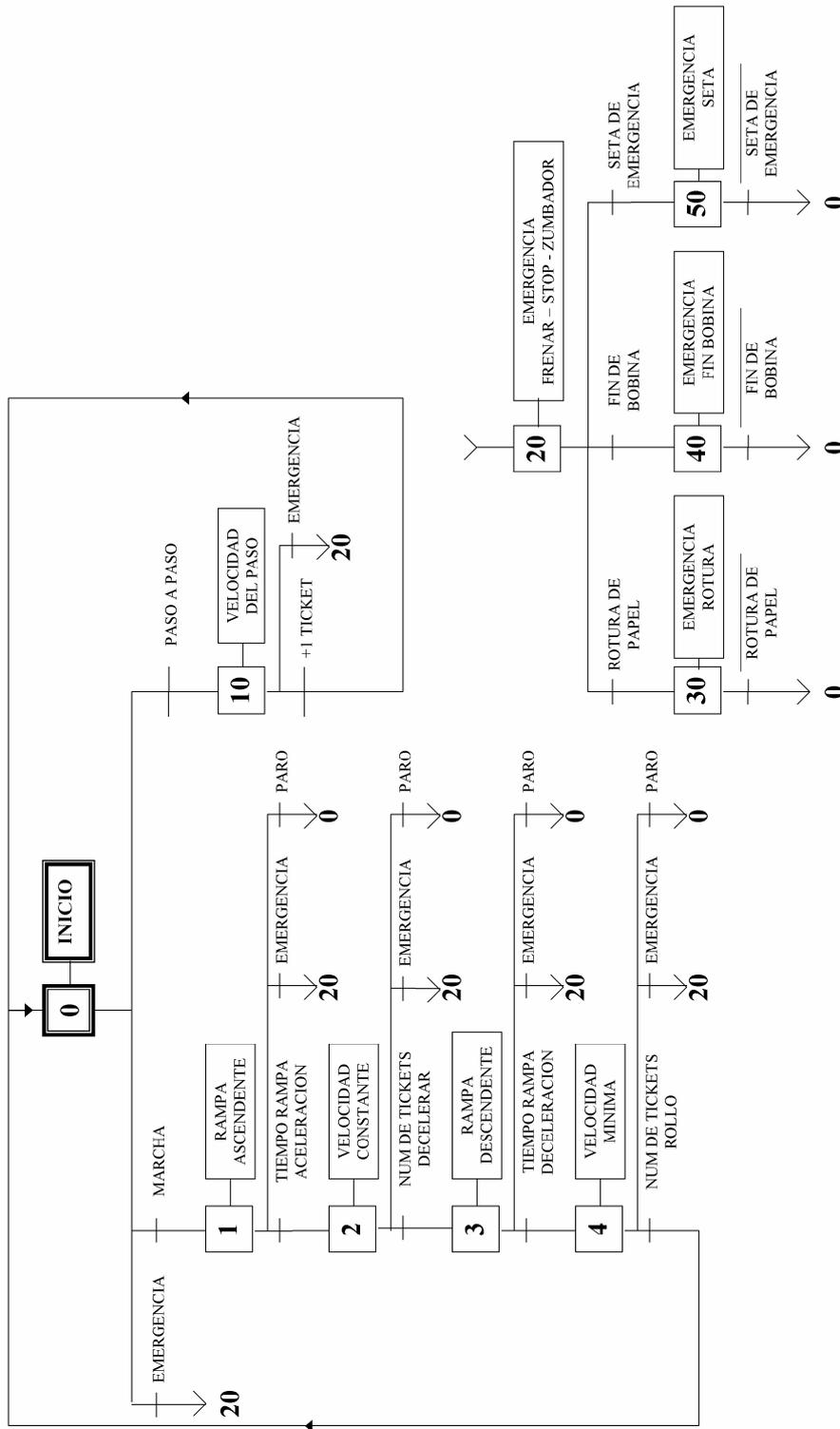
Después haremos el **GRAFCET de tercer nivel**, es exactamente igual que el de primer nivel pero en vez de representar cada etapa, proceso o acción con un símbolo, ha de representarse con la variable que tendrá en el PLC.

Una vez tenemos el GRAFCET de tercer nivel simplemente tendremos que implementarlo **en lenguaje de contactos** con el software TwidoSoft de la casa TELEMECANIQUE. Mostraremos las variables utilizadas y los símbolos que se les otorgo a cada variable para facilitar la lectura del código, también mostraremos el estado de la memoria del PLC una vez haya sido programado.

* El código completo que lleva el PLC esta en formato .twd en el CD anexo a este proyecto.

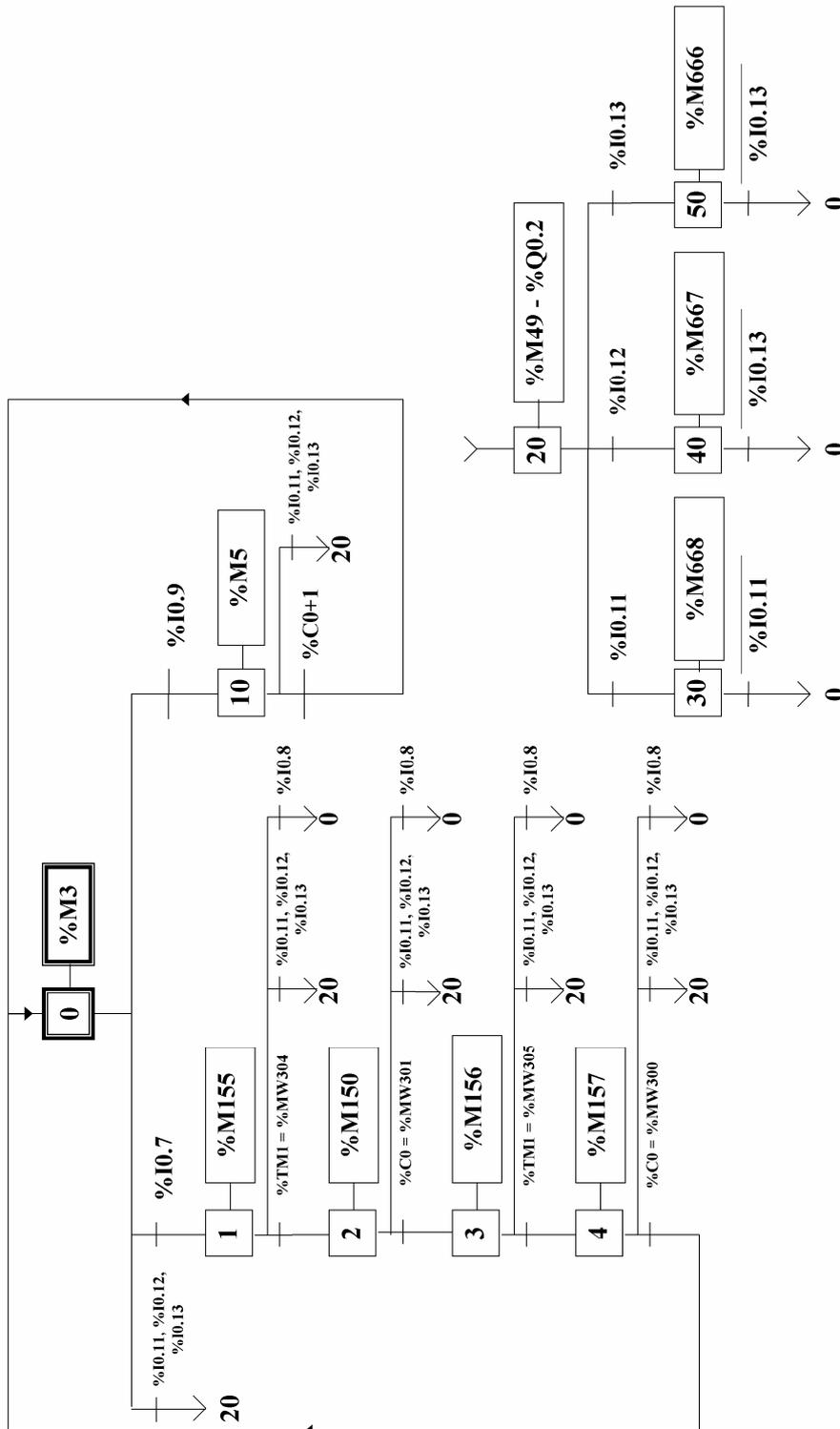


GRAFNET DE PRIMER NIVEL





GRAFNET DE TERCER NIVEL



**CONFIGURACIÓN DE OBJETOS EN MEMORIA****Palabras de memoria (%MW)**

%MW	Símbolos
%MW300	NUMERO_TICKETS QUIERE
%MW301	NUMERO_TICKETS DECELERA
%MW302	VELOCIDAD_MAXIMA_POR100
%MW303	VELOCIDAD_MINIMA_POR100
%MW304	TIEMPO_RAMPA_ACELERACION
%MW305	TIEMPO_RAMPA_DECELERACION
%MW306	VELOCIDAD_PASO_CONTINUO
%MW309	VELOCIDAD_REQUERIDA
%MW310	VELOCIDAD_REQUERIDA_POR100
%MW311	TICKETS
%MW312	CICLOS
%MW315	VELOCIDAD
%MW316	VELOCIDAD_POR100
%MW330	NUMERO_TICKETS QUIERE EN CICLO
%MW331	NUMERO_TICKETS DECELERA EN CICLO
%MW332	VELOCIDAD_MAXIMA_EN_CICLO
%MW333	VELOCIDAD_MINIMA_EN_CICLO
%MW334	TIEMPO_MILISEGUNDOS_ACE_CICLO
%MW335	TIEMPO_MILISEGUNDOS_DECE_CICLO
%MW480	FECHA_DIA
%MW481	FECHA_MES
%MW482	FECHA_ANIO
%MW485	CONTRASEÑA_RESETEAR_DATOS
%MW490	TIEMPO_ON_OFF_SEGUNDOS
%MW491	TIEMPO_ON_OFF_MINUTOS
%MW492	TIEMPO_ON_OFF_HORAS
%MW493	TIEMPO_ON_OFF_DIAS
%MW494	TIEMPO_ON_OFF_SEMANAS
%MW495	TIEMPO_MOVIMIENTO_SEGUNDOS
%MW496	TIEMPO_MOVIMIENTO_MINUTOS
%MW497	TIEMPO_MOVIMIENTO_HORAS
%MW498	TIEMPO_MOVIMIENTO_DIAS
%MW499	TIEMPO_MOVIMIENTO_SEMANAS
%MW500	CONTRASEÑA_AJUSTES_ADMIN

**Bits de memoria (%M)**

% M	Símbolos
%M3	ETAPA_PAUSA
%M4	ETAPA_REARME
%M5	ETAPA_PASO_A_PASO
%M49	ETAPA_EMERGENCIA
%M150	ETAPA_TRABAJO
%M151	ETAPA_PARO
%M155	ETAPA_RAMPA_ASCENDENTE
%M156	ETAPA_RAMPA_DESCENDENTE
%M157	ETAPA_TICKETS_DECELERACION
%M175	ETAPA_FIN_ROLLO

Configuración del temporizador (%TM)

%TM	TIPO	AJUSTE TB	PREAJUSTE
%TM0	TON	No 1 s	2
%TM1	TP	Sí 100 ms	5
%TM5	TON	Sí 100 ms	2
%TM9	TON	Sí 1 s	1

Configuración del contador (%C)

%C	PREAJUSTE	SÍMBOLO
%C0	0	CONTADOR_DE_TICKETS



USO DE MEMORIA

Una vez realizada toda la programación del PLC, con todas las variables y palabras de memoria necesarias, TwidoSoft nos da un resumen de la memoria.

Estadísticas de utilización de memoria:

Datos del usuario:

Bits de memoria:	176 Bits (0.4%)
Palabras de mem.	531 Palabras (15.4%)
Constantes	0 Palabras (0.0%)
Configuración	408 Palabras (11.9%)
Mem. datos disp.	2379 Palabras (68.8%)

Programa de aplicación:

Código ejecutable:	1821	Palabras	(11.1%)
Datos de programa:	6	Palabras	(0.2%)
Cambios en línea:	0	Palabras	(0.0%)
Mem. códigos disp.:	14563	Palabras	(88.9%)

Otros:

Datos ejecutivos:	113 Palabras (3.3%)
-------------------	---------------------

* El código completo que lleva el PLC esta en formato .twd en el CD anexo a este proyecto.



4.2.2.- PANTALLA HMI



Imagen 5 - HMI

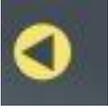
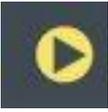
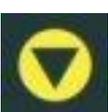
La pantalla HMI (Human Machina Interface) es el elemento que hace posible la comunicación entre el operario y el autómatas, para así poder observar los parámetros y los estados en los que el autómatas y por lo tanto la máquina se encuentra y también para la modificación de los mismos.

El modelo de pantalla elegido fue el más sencillo del mercado de la marca TELEMECANIQUE que tuviese comunicación posible con el autómatas Twido seleccionado anteriormente. Este modelo sencillo nos permitía realizar todas las acciones que necesitábamos y de este modo abaratabamos costes.

El modelo elegido fue TELEMECANIQUE Magelis XBT-N400, una pantalla no táctil que consta de 8 botones de teclado y de una pantalla de 4x20 matricial (modo de caracteres únicamente), necesita de una alimentación de 5Vdc que se la proporciona el autómatas y los protocolos de comunicación pueden ser dos: Unitelway o Modbus con enlace punto a punto únicamente, nosotros usaremos Unitelway.

La programación y diseño de las diferentes pantallas que puede mostrar nuestro HMI se realizaron con el software vijeo designer v4.5.1 incluida en el CD anexo al proyecto al igual que el archivo programado para la memoria de la pantalla HMI.

DESCRIPCIÓN DEL TECLADO

TECLA	DESCRIPCIÓN
	Tecla para navegación por las diferentes pantallas del menú. Solo funcionara si existe en la pantalla una flecha hacia la izquierda parpadeando. 
	Tecla para navegación por las diferentes pantallas del menú. Solo funcionara si existe en la pantalla una flecha hacia la derecha parpadeando. 
	1.- Vuelve a la pantalla anterior en la que estuviste. 2.- Cancela una acción de modificar.
	Acepta una acción de modificar.
	Aumenta el valor en una modificación. Si mantienes apretado el valor aumentara más rápido.
	Disminuye el valor en una modificación. Si mantienes apretado el valor disminuirá más rápido.
	Si en la pantalla actual existe algún valor modificable, al pulsar esta tecla el valor comenzara a parpadear y estará disponible para ser modificado. Si existen varios valores debes apretar la tecla 2, 3 o tantas veces como parámetros modificables haya en pantalla.
	Pone a cero un valor modificable.



4.3.- ETAPAS DE PRUEBA Y ERROR

Esta es una de las partes mas importantes del diseño de la máquina, en la teoría todo puede parecer que funcionara bien, pero luego siempre existen pequeños detalles que hacen que la máquina no se comporte como en su diseño de ingeniería se planifico, por eso esta parte tiene una gran importancia.

Una vez ya teníamos la máquina diseñada y construida nos pusimos manos a la obra junto con un maquinista cualificado en la máquina anterior a hacer los últimos ajustes de la máquina.

Esta etapa duro 10 días, ya que según íbamos encontrando los fallos de la máquina en la fabricación de los rollos, íbamos haciendo los cambios o ajustes necesarios.

El principal fallo o error que encontramos en la máquina tras su diseño y construcción fue en el control de tensión, ya que nos costo bastante conseguir el ajuste de las células de carga y los parámetros de configuración, el fallo que encontrábamos es que el rollo no quedaba tenso y si aumentábamos mucho la tensión del papel para que la tensión del rollo fuese adecuada, el papel estaba muy tirante por toda la máquina y generaba arrugas.

Otro fallo en el diseño fue la configuración de un parámetro en el variador de frecuencia que cuando la máquina entraba en modo de emergencia, ya siendo por rotura de papel, por fin de la bobina o por la pulsación de una seta de emergencia el variador realizaba una rampa de deceleración, cuando lo que realmente queríamos era que se detuviese lo antes posible. Gracias a las posibles configuraciones del variador, existía un parámetro que daba la opción que en caso de fallo como se quería que se detuviese la máquina, sola por inercia o con freno, se selecciono esta ultima manera se aseguraba al máximo la seguridad del maquinista.

También se fue modificando las pantallas que se muestran en la pantalla HMI por sugerencia del maquinista para ajustar los parámetros configurables de manera más intuitiva para él tras su experiencia en la máquina anterior.

4.3.1.- PARÁMETROS ESTÁNDAR

Tras los 10 días de la etapa de prueba y error se consiguió la fabricación de rollos de turno sin problemas para un maquinista experimentado o para un nuevo maquinista teniendo que recibir una pequeña formación, posiblemente menor a 1 día.



Una vez hechas todas las pruebas se consiguieron los mejores parámetros para la fabricación de rollos de turno estándares, sacándole el mayor rendimiento a la máquina y sin tener problemas de principio a fin de la bobina, estos parámetros finales son los siguientes:

CONFIGURACIÓN DE LA PANTALLA HMI

- Tiempo de aceleración: 4 segundos
- Tiempo de deceleración: 3 segundos
- Velocidad mínima: 10%
- Velocidad máxima: 100%
- Velocidad del paso: 10%
- Numero de tickets deceleración: 1940 tickets
- Numero de tickets: 2000 tickets
- Velocidad de trabajo: 90%

CONFIGURACIÓN DEL CONTROL DE TENSIÓN

- Tensión deseada: 72 Newton

Estos parámetros serán siempre modificables si nos cambian condiciones del material, o variaciones en la cantidad de tinta en el ticket o diferentes formas del troquelado.

4.3.2.- LIMITACIONES

Según la experiencia de las pruebas de pruebas y error, obtuvimos las limitaciones de la máquina y de los elementos que la componen, de este modo luego restringimos por software del autómatas dichos límites para que ningún “mal” maquinista pudiese llevar a la máquina a situaciones comprometidas o de mal funcionamiento.

Estos límites son tanto por seguridad de la máquina como para garantizar el buen resultado del producto final.

Estos límites garantizan que la máquina no acelere o decelere demasiado deprisa, que no exista ninguna velocidad que no sea capaz de mover todo el mecanismo de la máquina, que no se puedan hacer rollos tan grandes que no puedan ser rebobinados en los rodillos rebobinadores y que en condiciones normales de gramaje del papel no haya roturas del mismo.



LIMITES DE LA CONFIGURACIÓN DE LA PANTALLA HMI

- Tiempo de aceleración entre 2 segundos y 10 segundos.
- Tiempo de deceleración 2 segundos y 10 segundos.
- Velocidad mínima entre 5% y 20%.
- Velocidad máxima entre la velocidad mínima y 100%.
- Velocidad del paso entre 5% y 10%.
- Numero de tickets deceleración entre -150 y -50 el número de tickets.
- Numero de tickets entre 200 y 4000 tickets
- Velocidad de trabajo entre la velocidad mínima y máxima.

LIMITES DE LA CONFIGURACIÓN DEL CONTROL DE TENSIÓN

- Tensión deseada entre 50Newton y 100 Newton

ESTUDIO ECONÓMICO



5.- ESTUDIO ECONÓMICO

El presente presupuesto hace referencia a la construcción de una máquina rotativa industrial para la realización de rollos de turno, de ahora en adelante llamada Etiturn.

La máquina Etiturn lleva como gastos materiales, tiempo del ingeniero del proyecto que a su vez será el instalador, tiempo de un maquinista para pruebas y puesta a punto, y material para esto mismo.

El coste de la máquina total será posteriormente el coste de amortización que ha de compensarse con el producto final que la máquina realiza, como toda máquina industrial la idea al diseñarla y fabricarla es que ofrezca rentabilidad.

Al final del apartado estudio económico demostraremos la rentabilidad de esta máquina para la empresa que hizo que se fabricase.

5.1.- COSTE DE LA MÁQUINA

En el coste englobara todo lo que ha sido necesario para su construcción y puesta a punto. Lo dividiremos en varias secciones para facilitar las explicaciones.

5.1.1.- COMPLEMENTOS

Todos aquellos elementos de las máquinas que en la sección de contexto lo dimos como soluciones iniciales con material conocido. Estos son elementos que se compraron en Shanghai-China mediante la empresa Compañía HispanoAsiatica S.L. y simplemente había que acoplarlos a la máquina.

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Desbobinador	1	1.500€u.	1.500 €
Centrador GK-61	1	200€u.	200 €
Control de tensión ZXT-B600	1	700€u.	700 €
Grupo de impresión	1	300€u.	300 €
Grupo curado ultravioleta	1	1.500€u.	1.500 €
Numerador Batch	2	3.000€u.	6.000 €
TOTAL COMPLEMENTOS			10.200 €

**5.1.2.- MATERIAL MECÁNICO**

Todo el material mecánico fue importado de Shanghai – China, ya que la empresa ETIDUERO S.L. tiene un contacto en dicha ciudad y enviando los planos todos los materiales fueron importados.

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Bancada 3200mm X 1500mm X 2mm mecanizadas	2	500€u.	1.000 €
Cilindros para paso del papel ancho 280mm X 130mm de diámetro	10	200€u.	2.000 €
Correas dentadas	3	36€u.	108 €
Tornillos	200	0,50€u.	100 €
Dos manos de pintura	2	300€u.	600 €
TOTAL MECÁNICO			3.808 €

**5.1.3.- MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO**

El material eléctrico se compro parte en Valladolid por elección del autor de este proyecto y parte en Shanghai – China mediante el contacto de la empresa, en productos que la misma ya tenia experiencia en su funcionamiento

MATERIAL DE VALLADOLID

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Motor Siemens 5,5kW	1	500€u.	500 €
Variador de frecuencia TELEMECANIQUE ALTIVAR ATV31	1	800€u.	800 €
Autómata TELEMECANIQUE TWIDO	1	270€u.	270 €
Modulo analógico TELEMECANIQUE	1	115€u.	115 €
HMI TELEMECANIQUE XBTN401	1	200€u.	200 €
Armario eléctrico 1200 X 600 X 350 mm	1	170€un	170 €
SUBTOTAL			2.055 €

MATERIAL DE SHANGHAI

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Protecciones magneto térmicas	3	10€un	30 €
Contactador protección	1	25€un	25 €
Varios (terminales, cables, relés, pulsadores, setas de emergencia...)	1	300€un	300 €
SUBTOTAL			355 €

TOTAL ELÉCTRICO			2.410 €
------------------------	--	--	----------------



5.1.4.- TIEMPO DE INGENIERÍA

El tiempo empleado en ingeniero, es el tiempo empleado en el diseño y montaje (ya que fue realizado por el autor del proyecto) de la parte eléctrica y electrónica del proyecto.

Como el proyecto se realizo en unas prácticas de empresa y están eran de 3 meses y salario del ingeniero en estas prácticas fue de 1.000 euros en los 3 meses y el tiempo se cumplió, el gasto por este apartado es de 1.000 euros.

TOTAL INGENIERÍA			1.000 €
-------------------------	--	--	----------------

5.1.5.- TIEMPO DE MAQUINISTA PARA PRUEBAS

El tiempo de pruebas y puesta a punto fueron las dos ultimas semanas de las practicas.

Luego fueron 10días a 7,75horas/día, un total de 77,5 horas de un maquinista.

El precio hora de un maquinista especializado en máquinas rotativas con impresión flexo gráfica es de 10 euros/hora.

Luego 77,5 horas X 10 euros/hora = 775 euros.

TOTAL MAQUINISTA			775 €
-------------------------	--	--	--------------

5.1.6.- COSTE DE MATERIALES PARA PRUEBAS

El tiempo de pruebas como ya hemos dicho fueron las ultimas 2 semanas en las que estuvimos probando diferentes ajustes y configuraciones de la máquina para dar con los parámetros por defecto de esta para los tiempos de las rampas de aceleración y deceleración así como la velocidad mínima, la velocidad del paso a paso y la velocidad máxima para la cual la calidad del rollo tanto en tensión, centrado e impresión es valida.

Invertimos 2 bobinas de papel de 8.000 metros lineales cada una, lo que implica a un ancho de bobina de 240mm, un total de:

Metros cuadrados papel $0,240m \times 8000m \times 2bobinas = 3.840m^2$

PAPEL	PRECIO/m2	TOTAL
3.840 m2	0,06 €/m2	230,4 €
TOTAL MATERIALES		230,4 €



5.1.7.- RESUMEN COSTE DE LA MÁQUINA

Haciendo un resumen de todas las divisiones que hemos hecho para explicar los gastos para el diseño y construcción de la máquina es de:

PARTIDA	COSTE
COMPLEMENTOS	10.200 €
MATERIAL MECÁNICO	3.808€
MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	2.410 €
TIEMPO DE INGENIERÍA	1.000 €
TIEMPO DE MAQUINISTA	775 €
COSTE DE MATERIALES	230,4 €
TOTAL COSTE DE LA MÁQUINA	18.423,4 €

5.2.- COSTE DEL PRODUCTO FINAL

Como toda máquina lógicamente tiene un fin, la producción de un producto que tenga salida en el mercado. Antes de la realización de esta máquina la empresa ya tenía estudiado el mercado con sus 9 años de experiencia en el sector.

Sabían perfectamente el precio del producto final y la cantidad que el mercado demandaba anualmente.

En este apartado explicaremos el coste de un rollo de turno hecho por nuestra máquina Etiturn.

Lo dividiremos en diferentes secciones o partidas para una mayor comprensión y sencillez.

Consideraremos como producto final 1 rollo de turno de 2000tickets. Este rollo tiene 100metros lineales de papel con un ancho de 40mm de papel lo que supone 4m² de papel.

Esta será la unidad de medida que consideremos para el cálculo del coste del producto final.

También consideraremos como venta mínima una caja de 40rollos de turno, y como venta máxima un palet que engloba 80 cajas de 40 rollos, lo que son 3.200 rollos.



5.2.1.- MATERIA PRIMA

La materia prima que se utiliza para la realización de rollos de turno son bobinas de 1 metro de diámetro aproximadamente y de unos 150Kg de peso con un ancho de 240mm con un gramaje de papel de 65gr/m² lo que implica bobinas de papel de unos 9500 metros lineales.

$$\text{Metros cuadrados } 180\text{Kg} / 65\text{gr} / \text{m}^2 = 2300\text{m}^2$$

$$\text{Metros lineales } 2300\text{m}^2 / 0,240\text{m} = 9615\text{m}$$

Este papel tiene las siguientes características y comprando 100 bobinas en un solo pedido el precio del m² de este papel es de 0,06 euros/m².

Luego el precio de una bobina de papel es de 138 euros.

Como no hay mermas ni pérdidas de papel, podremos usar directamente el precio del metro² del papel sabiendo que un rollo de turno tiene 4m² de papel.

Como resumen sacamos que con una bobina de 138 € podemos fabricar 575 rollos.

TOTAL PRECIO DE LA MATERIA PRIMA PARA 1 ROLLO ES 0,24 €
--



5.2.2.- TIEMPOS DE FABRICACIÓN

En esta sección tendremos en cuenta el tiempo que se tarda en hacer un rollo.

Los costes de este tiempo son en tiempo del maquinista, energía eléctrica y a más tiempo producción mas posibilidades de averías y tiempos de vidas de los materiales, para esto ultimo añadiremos un 1% del total de este coste.

El tiempo en hacer una barrada, es decir un arranque de la máquina con su rampa de aceleración llegar a la velocidad máxima y hacer la rampa de deceleración y parar, que el maquinista saque los 6 rollos que se hacen y vuelva a arrancar la máquina para hacer la siguiente barrada es de 1minuto y 30segundos aproximadamente.

Como en una barrada salen 6 rollos en estos 90 segundos, tenemos que 1 rollo se hace en 15 segundos.

El tiempo en embalar los rollos, empaquetarlos y etiquetarlos lo consideraremos nulo ya que la experiencia nos dice que al maquinista le da tiempo ha hacerlo mientras la máquina esta en movimiento.

A este tiempo le añadiremos un 10% de pérdidas o mermas en estos tiempos por cansancio del maquinista o pequeños fallos.

A 10 euros/hora de un maquinista especializado, tenemos un precio de rollos de:

- **SEGUNDO POR ROLLO**

$$15\text{segundos/ rollo} \times 10\% \text{cansancio} = 16,5\text{segundos/ rollo}$$

- **ROLLOS HORA**

$$\frac{3600\text{segundos}}{16,5\text{segundos / rollo}} = 218\text{rollos / hora}$$

- **EUROS POR ROLLO**

$$\frac{10\text{€/ hora}}{218\text{rollos / hora}} = 0,046\text{€/ rollo}$$

TOTAL PRECIO TIEMPO DE FABRICACIÓN PARA 1 ROLLO ES 0,046 €



5.2.3.- PRECIO DE ENVASADO

En el precio de envasado hay que tener en cuenta que los rollos van envasados de 5 en 5 en film termorretractil que se pasan por un horno para que el plástico envuelva los rollos y después en cajas de cartón en los que entran 8 paquetes de 5 rollos, luego 40 rollos.

El rollo de film cuesta 68€y da para 50.000 paquetes, luego para 1 rollo 0,000272€

El consumo del horno según precio actual del kW/h es de 0,5€hora, como en 1 hora fabricamos 575 rollos, implica que el gasto por el horno para 1 rollo es de 0,00087€

El precio de una caja de cartón es de 0,05€y entran 40 rollos, luego el coste por las cajas de cartón para 1 rollo es de 0,00125 €

TOTAL PRECIO ENVASADO PARA 1 ROLLO ES 0,0024 €

5.2.4.- COSTE DE AVERÍAS

Este coste es muy difícil de definir y muy difícil de ser exacto, depende mucho del cuidado que se le de a la máquina, de la pericia del maquinista y en muchas ocasiones de la suerte, la casualidad o de factores externos.

Luego en este coste no lo consideraremos en el presupuesto, pero tendremos en cuenta para saber que este presupuesto no será 100% verídico y que siempre el beneficio será inferior al indicado en este presupuesto.

5.2.5.- COSTE DE ENVÍO DEL PRODUCTO

Hemos declarado en el encabezado de esta sección que el envío mínimo será una caja de 40 rollos y el envío máximo será de 1 palet con 3200 rollos.

El coste del envío de 1 caja a cualquier parte de la península es de 5euros.

Esto supone un coste por rollo de 0,125€/rollo

El coste de un palet con 80 cajas a cualquier parte de la península es de 50euros.

Esto supone un coste por rollo de 0,015625€/rollo.

Lógicamente a la empresa le compensa más enviar cantidades más grandes, pero en ocasiones se venden cajas sueltas o palets a medias, por ellos, consideraremos este coste como una media de los dos costes extremos.

TOTAL PRECIO ENVÍO PARA 1 ROLLO ES 0,07 €
--



5.2.6.- RESUMEN COSTE DEL PRODUCTO FINAL

Haciendo un resumen de todas las divisiones que hemos hecho para explicar los gastos para la fabricación de un rollo obtenemos:

PARTIDA	COSTE
TOTAL PRECIO DE LA MATERIA PRIMA	0,24 €
TOTAL PRECIO TIEMPO DE FABRICACIÓN	0,046 €
TOTAL PRECIO ENVASADO	0,0024 €
TOTAL PRECIO ENVÍO	0,07 €
TOTAL COSTE DE FABRICACIÓN DE UN ROLLO DE TURNO	0,3584 €

5.3.- ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ANUALES

Según datos anteriores de la empresa, que lleva trabajando este producto desde el año 2000, podemos estimar cuanto se venderá y a que precio para el año siguiente a la fabricación de la máquina.

Como vimos en la gráfica 1, la venta de rollos siempre es ascendente con el paso de los años, ya que la empresa ha ido creciendo y sigue conservando los clientes anteriores ya que el producto que venden cumple todas las exigencias de sus clientes.

Luego estimaremos que las ventas en los próximos años serán igual a la venta de rollos del año 2008, que fue de aproximadamente 100.000 rollos a un precio medio de 0,57€

5.4.- AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO

En este apartado resumiremos los tres anteriores cálculos de coste y de beneficios estimados para demostrar la rentabilidad de la máquina, necesitamos ver en cuanto tiempo o con que cantidad de rollos vendidos la máquina queda amortizada.

Por un lado tenemos un coste inicial de la máquina de 18.423,4 euros, este será el coste amortización.

Por otro lado tenemos el coste de 1 rollo producido por la máquina, que es de 0,3584 euros.

Y por ultimo tenemos el precio de venta de dicho rollo en el mercado por la empresa, que es de 0,57 euros.



**TABLA DE VALORES PARA 2 AÑOS DE PERSPECTIVA VISTA MES A MES.
SUPONIENDO LAS VENTAS EN 1 MES DE 8333 rollos de turno.**

	18.423 €	CANTIDAD	0,3584 €	0,57 €	EUROS
MES	COSTE DE AMORTIZACIÓN	ROLLOS VENDIDOS	COSTE FABRICACIÓN	PRECIO VENTA	AMORTIZACIÓN
0	18.423	0	0	0	-18.423
1	18.423	8.333	2.987	4.750	-16.660
2	18.423	16.666	5.973	9.500	-14.897
3	18.423	24.999	8.960	14.249	-13.134
4	18.423	33.332	11.946	18.999	-11.370
5	18.423	41.665	14.933	23.749	-9.607
6	18.423	49.998	17.919	28.499	-7.844
7	18.423	58.331	20.906	33.249	-6.081
8	18.423	66.664	23.892	37.998	-4.317
9	18.423	74.997	26.879	42.748	-2.554
10	18.423	83.330	29.865	47.498	-791
11	18.423	91.663	32.852	52.248	972
12	18.423	99.996	35.839	56.998	2.736
13	18.423	108.329	38.825	61.748	4.499
14	18.423	116.662	41.812	66.497	6.262
15	18.423	124.995	44.798	71.247	8.026
16	18.423	133.328	47.785	75.997	9.789
17	18.423	141.661	50.771	80.747	11.552
18	18.423	149.994	53.758	85.497	13.315
19	18.423	158.327	56.744	90.246	15.079
20	18.423	166.660	59.731	94.996	16.842
21	18.423	174.993	62.717	99.746	18.605
22	18.423	183.326	65.704	104.496	20.368
23	18.423	191.659	68.691	109.246	22.132
24	18.423	199.992	71.677	113.995	23.895



Como vemos en la tabla, en el mes 11 después del comienzo de fabricación de rollos su turno con esta máquina, tendremos la máquina amortizada y de ahí en adelante todo serán beneficios. Todo esto es suponiendo que en 11 meses se vendan aproximadamente 92.000 rollos de turno.

Y aun que en todos estos cálculos no hemos tenido en cuenta los gastos de averías de la máquina, tampoco hemos tenido en cuenta que esta máquina siempre tendrá un valor en la venta de segunda mano.

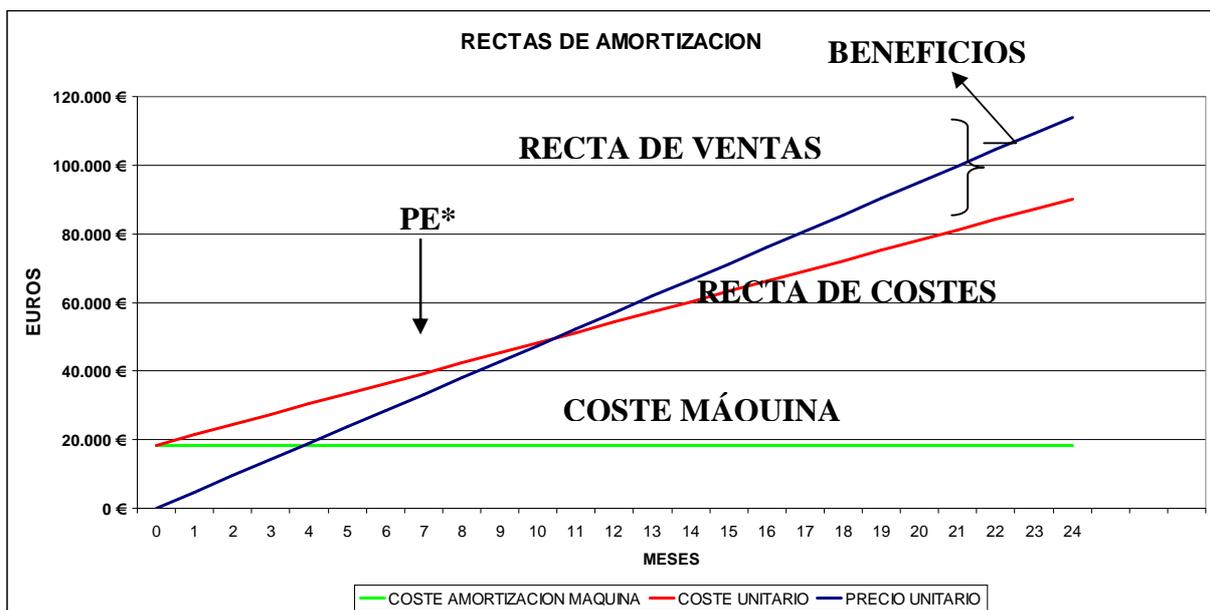


Gráfico 3 – Amortización de la máquina

*PE: Punto de equilibrio, es a partir de esta fabricación cuando dejamos de tener pérdidas y empezamos a tener beneficios.

Los beneficios de la empresa una vez pasado el punto de equilibrio es la diferencia entre la recta de ventas y la recta de costes.

Por ejemplo en 2 años pasaremos de tener una deuda de 18.423 € por la fabricación de la máquina, en tener unos beneficios netos en la empresa de 23.895 €

CONCLUSIONES



6.- CONCLUSIONES

En conclusión podemos afirmar que con este proyecto se han cumplido todos los objetivos que al principio se creaban tanto para mí (el alumno), como para la empresa, ya que la máquina esta completamente operativa.

La máquina ha quedado perfectamente ajustada y es 100% funcional. Produce 1.200 rollos al turno, pudiendo trabajar 3 turnos al día si la empresa tuviese tal petición del producto, pero si por motivos del mercado el producto final necesite algún añadido mas, habría que añadir esa funcionalidad a la máquina, por ejemplo hipotéticamente añadir un barniz al papel para que el ticket final tenga mejor apariencia y sea impermeable, entonces habría que hacerla una modificación para aplicar una capa de barniz al papel después de la impresión y antes del troquelado.

En comparación con la máquina actual que fabrica este producto con un motor de 2,2kW, la máquina nueva fabrica el producto con un motor de 5,5kW, mejorando de este modo los tiempos de las rampas de aceleración y deceleración, la velocidad máxima y averías constantes que la máquina actual ya estaba dando parando la producción y perdiendo material y tiempo de maquinista, así como retrasos en tiempos de entrega.

La máquina tiene una versatilidad total para los actuales parámetros de materia prima y de producto final, pudiendo configurar el maquinista desde el HMI todos los parámetros necesarios para ello.

El puesto del maquinista en la nueva máquina es mucho mas ergonómico que en la anterior, gracias a la experiencia que se obtuvo con la máquina actual, aprendimos la colocación de los diferentes elementos para minimizar los movimientos, así como tener mas a mano los controles mas usados y no dar tanta importancia a otros controles menos usados.

Por lo tanto la máquina nueva ha sido todo un éxito para la empresa, generando mayores beneficios para el mismo volumen de ventas.

El proyecto final de carrera ha cumplido con los objetivos planteados al inicio que es lo importante.



6.1.- CONCLUSIONES DEL ALUMNO

Al comienzo del proyecto solo se tenían conocimiento teóricos del mundo de la automatización industrial y unas 30 horas de practicas en laboratorios de la universidad con practicas que a la larga se han visto que eran insuficientes pero que preparaban el camino para el inicio de una programación de un sistema PLC+HMI. Con la ayuda de diferentes fuentes como libros, páginas web u otros proyectos de compañeros, pude iniciar el proyecto y finalmente poner en marcha la máquina.

Fue una gran experiencia para iniciarme en el mundo laboral y aprender sin ninguna duda mucho en relación con la maquinaria industrial, los motores, los variadores de frecuencia, los autómatas y sus interfaces con los operarios.

También pude ponerme al corriente en los diferentes productos del mercado al tener que hacer un sondeo inicial para la compra del material, así como los precios y las marcas que más o menos trabajan en la ciudad.

Gracias a este proyecto he conseguido comenzar mi carrera laboral con un puesto de trabajo en la empresa donde se realizo ETIDUERO S.L.



6.2.- CONCLUSIONES DE LA EMPRESA

La empresa quedó totalmente satisfecha con las prácticas que ofertó, ya que consiguió el proyecto que quería, y además tuvo a prueba a un futuro ingeniero técnico que finalmente se hizo con el puesto y fue contratado.

Actualmente tiene en funcionamiento la máquina, dando rentabilidad a la empresa.

Los rollos de turno es uno de los productos estrella de la empresa con unas ventas de unos 80.000 rollos al año, lo que les supone unos beneficios anuales de 100.000 euros.

Con esta máquina a incrementado la rentabilidad del producto al producirse menores paros por averías y mejores tiempos en la fabricación.

Podemos observar en la gráfica 3 la diferencia de tiempos en la fabricación de el mismo numero de rollos si se hubieran fabricado con la máquina anterior (línea verde) y cuando se fabricaban con la máquina nueva (línea roja)

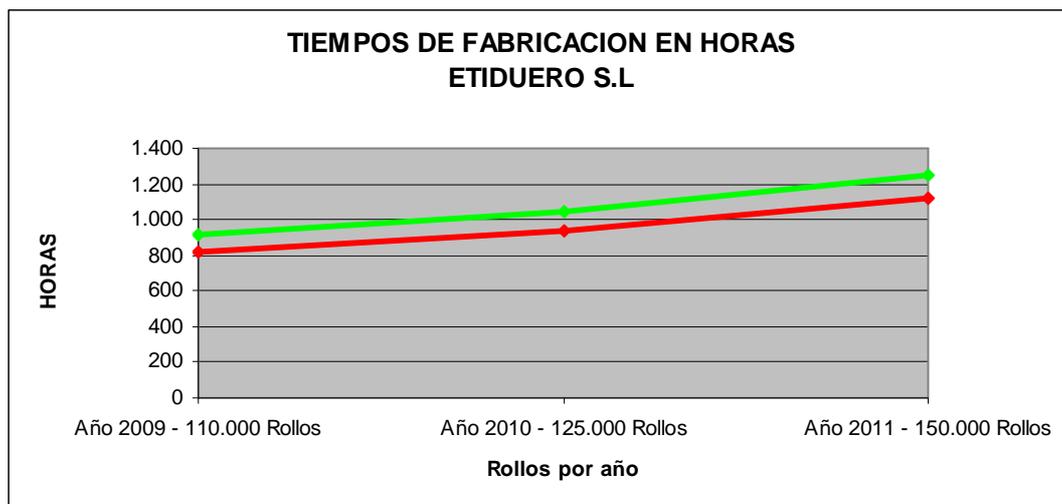


Grafico 4 – Mejoras en los tiempos de fabricación con la máquina nueva

BIBLIOGRAFÍA



7.- BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del proyecto nos hemos documentado en diferentes medios, libros, manuales de los productos, páginas web y en proyectos de otros compañeros.

La documentación sobre las normas de seguridad eléctrica de baja tensión, el material necesario y adecuado, la construcción del sistema eléctrico, el funcionamiento de los distintos aparatos que componen la máquina y los posibles errores ya cometidos por otros compañeros para no caer en los mismos, se consulto la siguiente bibliografía.

Parte de esta bibliografía esta contenida en formato pdf un CD.

7.1.- LIBROS

- Juan Carlos Martín, M^a Pilar García, (2009) - *Automatismos industriales* - Capitulo10 Programación de Autómatas.
- Piedrafita Moreno, Ramón, (2004) - *Ingeniería De La Automatización Industrial* – Capitulo 2 Autómatas Programables Industriales
- Mandado/ Acevedo/ Fernández/ Armesto, (2010) - *AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN*

7.2.- MANUALES

- Manual del Motor SIEMENS – Incluido en los Anexos en CD
- Manual del Variador de frecuencia ATV31 – Incluido en los Anexos en CD
- Manual del Autómata TELEMECANIQUE Twido – Incluido en los Anexos en CD
- Manual del Modulo Analógico TELEMECANIQUE – Incluido en los Anexos en CD
- Manual del HMI MAGELIS – Incluido en los Anexos en CD



7.3.- WEB

- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (España)*; <http://www.ffii.nova.es> ; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- *Descarga de software y Dataste*; <http://www.schneiderelectric.es> , Fabricante SchneiderElectric, grupo de los productos TELEMECANIQUE

7.4.- OTROS PROYECTOS FINAL DE CARRERA

- Penalba Baz, Mario (2008) – *Control de un sistema de tres tanques acoplados mediante autómeta Premium.*
- Arranz Méndez, Álvaro (1999) – *Automatización de una planta paletizada de sacos mediante un autómeta TSX 3722 de telemecanique*
- Reglero Romero, Francisco Javier (1991) – *Variador de velocidad para un motor asíncrono trifásico con rotor en corto circuito de 15 CV por control de la frecuencia*

