



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

*A todo el mundo que me ha apoyado durante este viaje de cuatro años y que nunca acabará,
gracias*

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la automatización y control de un proceso industrial de línea indexada con dos unidades de mecanizado. Para ello intervienen varios elementos entre los que encontramos: una maqueta FischerTechnik de este proceso, un autómeta que la controle y una tabla de animación para actuar sobre el proceso a nivel externo.

La automatización y control del autómeta se ha llevado a cabo a partir del programa PL7 Micro, estando incluida en este la tabla de animación que permite el control del proceso.

Las piezas se podrán procesar de varias formas, la mesa de mecanizado posee herramientas para someter las piezas a tratamientos de fresado y/o taladrado. El número máximo de piezas que puede haber al mismo tiempo en la línea indexada es de 5, permitiendo un alto rendimiento en el procesado de piezas.

Adicionalmente se ha desarrollado la programación, mediante el mismo programa, de un brazo robot que permite la clasificación de la pieza mecanizada en función de los tratamientos a los que haya sido sometida.

Los dos procesos se han programado con el mismo autómeta para simplificar la comunicación entre ambos, compartiendo de forma directa las variables.

Mediante la tabla de animación se abre una amplia gama de funciones que son gobernadas por el usuario. Estamos hablando de funciones tales como arrancar el proceso, pausarlo, regular los tiempos de fresado y taladrado, o hacer parada de emergencia.

Resultan muy útiles las paradas de pausa y emergencia por si hay incidentes de distinto grado, si es leve se pausa el proceso, pero si es más grave, como que ha habido una obstrucción en algún motor, se activa la señal de emergencia y se detiene cuando el usuario quite la emergencia, momento en el cual se reinicia el sistema.

Palabras Clave: Control, Automatización, Mecanizado, Clasificación, PL7 Micro

RESUM

El present treball consisteix en l'automatització i control de un procés industrial de línia indexada amb dues unitats de mecanitzat. Per a açò intervenen diversos elements entre els que encontrem: una maqueta FischerTechnik de aquest procés, un autòmat que la controle i una tabla de animació per a actuar sobre el procés a nivell extern.

L'automatització i control del autòmat s'ha dut a terme a partir del programa PL7 Micro, estant inclosa en este la tabla de animació que permet el control del procés.

Les peces es podran processar de diverses formes, la taula de mecanitzat posseïx ferramentes per a sotmetre les peces a tractaments de fresat i/o trepat. El màxim de peces que pot haver al mateix temps en la línia indexada és de 5, permetent un alt rendiment al processat de peces.

Adicionalment s'ha desenvolupat la programació, mitjançant el mateix programa, de un braç robot que permet la classificació de la peça mecanitzada en funció dels tractaments als que haja sigut sotmès.

Els dos processos s'han programat en el mateix autòmat per a simplificar la comunicació entre ambos, compartint de forma directa les variables.

Mitjançant la tabla de animació s'obri una ampla gama de funcions que son governades per l'usuari. Estem parlant de funcions tales com arrancar el procés, pausar-ho, regular els temps de fresat i trepat, o fer parada d'emergència.

Resulten molt útils les parades de pausa i emergència per si ni han incidents de distint grau, si és lleu es pausa el procés, però si és mes greu, com que hi ha hagut una obstrucció en algun motor, s'activa la senyal d'emergència i es detén quan el usuari lleve l'emergència, moment en el qual es reinicia el sistema.

Paraules clau: Control, Automatització, Mecanitzat, Classificació, PL7 Micro

ABSTRACT

The current work is based on the automation and control of an industrial process of an indexed line with two machining units. For it intervene several elements in which we find: a FischerTechnik small demo of this process, an automat that controls it and an animation table for act into the process as an extern level.

The automation and control of the automat has been carried out from the program called PL7 Micro, being included in it the animation table that allows the process control.

The pieces could be processed in many ways, the machining table has tools for put through the pieces into a treatments of milling and/or boring. The maximum number of pieces that could be on the indexed line at the same time is 5, allowing a high efficiency in the processing pieces.

Additionally, I have developed the programming, with the same program, of a robot arm that allows the classification of the machined pieces depending on the treatments to which it has been put through.

Both process have been programmed with the same automat for make the communication simply between them, sharing the variables as a direct form.

Through the animation table it opens a wide range of functions that are user-governed. We are talking about functions such as starting the process, pause it, adjust times of milling and drilling, or make an emergency stop.

The pause and emergency stops are very useful if there are any incident of varying degrees, if it is a minor incident we will pause it, but if it is more serious, such as there has been an obstruction in an engine, the emergency signal is activated and stops the process until the user remove the emergency, at which time the system is restarted.

Keywords: Control, Automation, Machining, Classification, PL7 Micro

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria descriptiva
- Presupuesto
- Anexos

ÍNDICE DE LA MEMORIA

INTRODUCCIÓN	6
1. Objetivo del TFG	6
2. Estructura del documento	8
3. Marco Teórico	9
3.1. ¿Qué es la Automatización?	9
3.2. Historia de la automatización	9
3.3. Posibles componentes de una instalación automatizada	11
3.4. Autómatas	12
3.5. Incorporación del robot y el ordenador	13
3.6. Mecanizado de piezas	15
3.7. Tipos de mecanizado	15
3.8. Variables de interés a la hora de mecanizar	22
3.9. Herramientas de corte	25
3.10. Fluidos de corte	28
3.11. Alcance del mecanizado automático	31
4. Descripción de procesos	33
4.1. Maqueta del centro de mecanizado	35
4.2. Maqueta del brazo robot	41
4.3. Autómata programable PLC	44
4.4. Programa PL7Micro	45

MEMORIA TÉCNICA	51
1. Automatización de la línea indexada de mecanizado	52
2. Automatización del brazo robot	57
3. Comunicación entre ambos	61
4. Paradas de pausa y emergencia	61
5. MANUAL DEL USUARIO	63
BIBLIOGRAFÍA	66
PRESUPUESTO	70
Cuadro de precios por servicio y material	74
Cuadro de precios descompuestos	75
Cuadro de precios unitarios	78
PRESUPUESTO FINAL	79
ANEXOS	82
Graficet de encendido	86
Graficets del centro de mecanizado	86
Graficets de parada de emergencia	89
Graficet del brazo robot	91

MEMORIA DESCRIPTIVA

INTRODUCCIÓN

1. Objetivo del TFG

Dentro de la variedad de objetivos que se pretenden lograr mediante este trabajo cabe destacar uno, la automatización y control de un proceso de mecanizado de piezas y su posterior clasificación.

El primer proceso que a continuación paso a describir es el mecanizado de la pieza. Este proceso consta de dos tipos de mecanizado: fresado y taladrado, en ese orden. Debido a la prioridad de asemejar el proyecto a un proceso lo más real posible, se deben de tener en cuenta en la programación del automatismo todas las facilidades que podamos proporcionar al usuario, además de todos los escenarios posibles, poniendo más atención en los escenarios de peligro para los usuarios o para el desarrollo del proceso.

Entre las facilidades que se le ofrecen al usuario están las siguientes:

- Controlar el tipo de tratamiento que se le aplica a la pieza (fresado y/o taladrado)
- Decidir el tiempo durante el cual se está tratando la pieza (tiempo de fresado y tiempo de taladrado)
- Obtener una simple y clara visualización de las piezas procesadas de cada tipo dependiendo de los tratamientos a los que haya sido sometida.
- Capacidad de reaccionar rápida y eficazmente ante situaciones que puedan suponer riesgo tanto para los usuarios como para el procesado.

Dentro de estas situaciones de peligro el usuario que gobierne el panel de control decidirá si la gravedad del incidente es leve o grave. En el primer caso será de utilidad un tipo de parada de la producción que se pueda pausar para luego volverlo a reanudar por donde se había quedado, en cambio si es un incidente grave se necesitará una parada más drástica, el proceso deberá detenerse y reiniciarse cuando la emergencia haya desaparecido.

El segundo y último proceso es la clasificación de la pieza ya tratada dependiendo del tratamiento que se le haya dado. En este punto deberemos diferenciar entre las cuatro posibilidades: que la pieza sea solo fresada (1), solo taladrada (2), que se le apliquen los dos tratamientos (3), o no se le aplique ninguno (4). Este último escenario, que se podría tildar de poco útil, es un escenario meramente técnico que se deberá añadir para que no se bloquee la mesa de mecanizado y se pueda retirar la pieza.

Estos procesos deberán ser gobernados mediante un único autómatas para que la comunicación entre ambos procesos sea más directa, haciendo más sencillo el intercambio de variables entre ellos.

Como todas las entradas y salidas que posee el sistema y parte de las señales internas son de tipo booleano se ha decidido que la mejor opción para realizar la automatización es mediante el empleo de autómatas PLC. La alternativa sería controlarlo de forma más electrónica a través del uso de contactores, pero las señales que se intercambian con el proceso poseen baja tensión y los PLC tienen capacidad suficiente para soportarla y además la comunicación con el proceso es más rápida y sencilla.

Dicha automatización se ha llevado a cabo mediante la principal herramienta de automatismos, el Grafcet. Esta herramienta permite activar y desactivar actuadores en función de si se activan o no sensores o señales, se basa en un modelo de etapas donde están activas las acciones en cada una de ellas hasta que se cumplen las transiciones siguientes, que pueden ser las señales antes citadas, para dar paso a las etapas siguientes.

El presente trabajo consta de la programación del software, es decir, de la automatización y control del proceso, no de la implementación. Por ello solo se incluirá en el presupuesto dicha parte sin incluir la implementación de la maquinaria necesaria, y por tanto sin atender a defectos en su funcionamiento.

Para la realización de las pruebas de funcionamiento se han empleado maquetas de los procesos reales marca FischerTechnik dotados de sensores y actuadores que perfectamente se ajustan a la realidad.

Estos procesos han sido diseñados mediante el programa de automatización PL7 Micro. Dicho programa permite crear los Grafcets citados anteriormente programando las acciones y señales de cada etapa o transición respectivamente, añadir bloques de función que pueden resultar de utilidad para la automatización del proceso y, además, este programa permite la visualización instantánea de los pasos del proceso que se le quiera implementar a partir de las denominadas tablas de animación. Desde éstas se deberán incluir todas las facilidades para controlar el proceso, los contadores, botones para elegir el tipo de tratamiento y el tiempo de duración de cada uno de ellos, las paradas de emergencia... etc.

2. Estructura del TFG

En el presente punto se enumeran los diferentes apartados de los que está compuesto el trabajo. Esto complementa al índice donde se detalla en que página se encuentra cada uno de los apartados que pasamos a enumerar a continuación.

Tenemos tres distintos documentos que son la memoria descriptiva, el presupuesto y los anexos.

La memoria descriptiva trata de todos aquellos aspectos técnicos y teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Dentro de ésta encontramos distintos apartados que se clasifican en:

Introducción, aquí se hace una primera aproximación del trabajo, realizando una declaración de intenciones respecto a los resultados esperados y argumentando la necesidad del mismo.

Memoria técnica, es la parte más importante del proyecto, donde se abarca la solución de la necesidad desde un punto de vista más tecnológico y profesional. Se describe con precisión los pasos seguidos para lograr resolver el problema que ha sido planteado. En concreto, el programa utilizado para llevar a cabo dicha solución, la programación del automatismo y el manual que el usuario necesita para controlar el proceso.

Conclusiones, en este apartado se comentan las posibles aplicaciones que podría tener el proyecto dentro de su ámbito de trabajo y que alternativas se le podrían dar en un futuro.

Bibliografía. Para concluir se incluyen las fuentes de información utilizadas para la realización del presente TFG.

En el presupuesto se detalla el desglose del coste de cada competencia que se haya aplicado al proyecto, incluyendo los materiales y la mano de obra si se precisa de ello.

Por último, los anexos detallan todos los Graficets de funcionamiento que se han empleado para que el sistema funcione correctamente y conforme se ha especificado en los objetivos.

3. Marco teórico

Para introducir el trabajo, en primer lugar, repasaremos la funcionalidad y progresiva necesidad de la automatización de los procesos a lo largo del tiempo.

Posteriormente se especificará el uso de la automática en la cadena de producción de un centro de mecanizado, con sus respectivos avances a través de la historia.

3.1. ¿Qué es la automatización?

Es una rama de la ingeniería encargada de aplicar diferentes tecnologías para controlar y monitorizar un proceso que cumple funciones repetitivas reduciendo al mínimo la intervención humana.

Lo que se busca con la automatización de procesos es principalmente reducir los tiempos de operación a niveles antes inalcanzables. Por lo cual, aumenta el rendimiento de la producción o de la tarea que se esté llevando a cabo y se aumentarán los beneficios.

Otra de las ventajas de ésta disciplina es la uniformidad de calidad en los productos del proceso, dando una mayor fiabilidad a la empresa y un porcentaje mucho menor de piezas defectuosas o por debajo de la calidad estipulada.

También se tiene en cuenta que al ser un proceso informatizado las variables de datos relevantes son mucho más accesibles que con procesos manuales.

3.2. Historia de la automatización

La automatización, al igual que la mayoría de las tecnologías modernas, surge a partir de la revolución industrial. Éste fue un hito en la historia que marcó un antes y un después en el mundo, dando lugar a un progreso vertiginoso en todas las facetas de la vida.

Para mostrar la evolución comenzaremos por este hecho:

1750. Revolución industrial. Primeras máquinas de tejido controladas por tarjetas perforadas.

1850. Máquina siderúrgica para el corte de metales.

1863. Se construye el primer piano automático, inventado por M. Fourneaux.

1865. Sir Joseph Whitworth resalta la necesidad de usar piezas intercambiables.

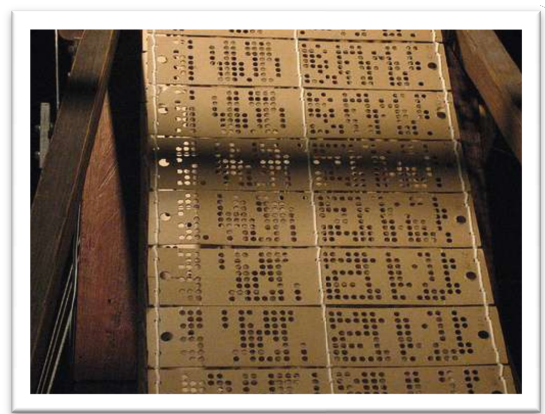


Figura 1. Tarjeta perforada

1870. Christopher Spencer diseña el primer torno automático.

1940. Se desarrollan los primeros controles neumáticos, hidráulicos y electrónicos sobre máquinas de corte.

1947. Físicos británicos desarrollan el primer transistor en los laboratorios de Bell. Se diseña el motor que se convirtió en el padrino de los motores controlados.

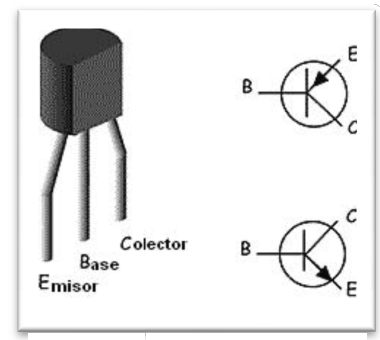


Figura 2. Transistor

1959. Se desarrolla la primera herramienta de maquinado controlada por un computador con lógica cableada.

1960. Se comienzan a desarrollar las técnicas de control numérico directo y manufactura computarizada.

1967. Se programan las primeras unidades electrónicas.



Figura 3. Unidad PLC

1968. Comienza la exitosa historia de los autómatas programables PLC.

1978. Programación CNC a nivel de máquinas.

1987. Arranca la era de los PC en la industria de la automatización.

1997. Se avanza mucho en el campo de la integración, la automatización consiste cada vez más en un control descentralizado e inteligente y con componentes que se puedan comunicar vía Ethernet.

El mundo del desarrollo de productos digitales se fusiona con la tecnología de automatización. Se diseñan los primeros programas basados en la simulación.

2004. La funcionalidad del PLC se integra en un chip.

Ésta es la historia pretérita y presente del mundo de la automatización, pero es ahora cuando más auge está teniendo este campo, así que los, mayores avances están aún por venir.

3.3. Posibles componentes de una instalación automatizada

Una instalación automatizada debe disponer de unos elementos necesarios para que el conjunto de su funcionamiento sea correcto.

Estamos hablando de los siguientes:

- Máquinas: Cuerpos mecánicos encargados de llevar a cabo los procesos, transformaciones... etc. de los productos.
- Accionadores: Son motores acoplados a las máquinas y permiten realizar distintas funciones según si son:
 - *Hidráulicos*. Emplean la energía del agua, la presión. Manejan velocidades lentas pero precisas.
 - *Eléctricos*. Redundantemente emplean la energía eléctrica y controlan válvulas, cabezas de soldadura, motores, resistencias... etc.
 - *Neumáticos*. Emplean la energía elástica y térmica contenida en el aire comprimido.
- Pre-accionadores: Controlan los accionadores, los activan y desactivan o los manejan. Ellos son, por ejemplo, transistores, contactores, variadores de velocidad, switches... etc.
- Captadores: Son todas aquellas partes del proceso que obtienen información de cada uno de los estados, mediante sensores y transmisores. Se captan las señales para posteriormente enviarlas a una unidad de control.

- Interfaz usuario-proceso: Gracias a este elemento puede existir la comunicación entre la máquina y el hombre, podemos estar hablando tanto de pulsadores como de interfaz gráfica, teclado... etc.
- Unidad de control: Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, y se divide en dos partes, la de mando y la operativa.

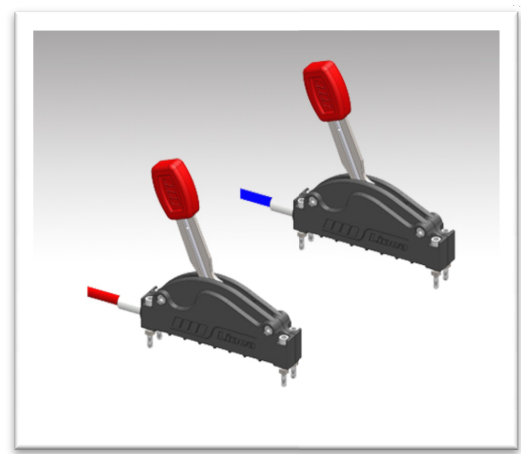


Figura 4. Ejemplo de interfaz usuario-proceso

- Mando: Es la estación central de control o más bien conocido como autómeta. Conformar el elemento principal de la unidad de control y se encarga de la supervisión, el manejo, comunicación, detector de errores... etc.
- Parte operativa: Es la encargada de actuar en la máquina, la forman los componentes que permiten el movimiento de los elementos.

3.4. Autómatas

Para encontrar la primera máquina automatizada hay que remontarse a la Grecia clásica, donde se han encontrado los restos de diferentes mecanismos unos intentando emular animales o humanos que conseguían desarrollar varias funciones. También se han datado otros con aplicaciones más científicas como uno que permitía calcular la posición y movimientos de los satélites y cuerpos celestes cercanos a la Tierra. En esa misma época se encuentran las primeras máquinas movidas por la acción de la naturaleza: agua, vapor, contrapesos... etc.

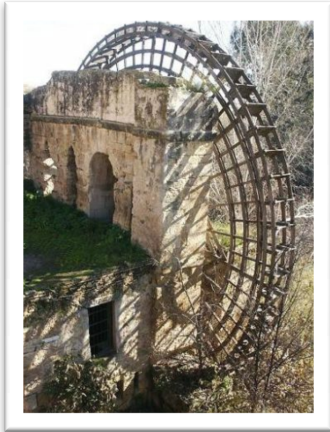


Figura 5. Molino medieval

La siguiente época importante se trata de la Edad Media, cuando se produce un pequeño auge de las máquinas “automáticas”. Estamos hablando de los primeros molinos de viento e hidráulicos y los primeros relojes mecánicos.

En el Renacimiento se comenzaron a aplicar los conocimientos de física, matemáticas y mecánica para la construcción y diseño de máquinas más sofisticadas, el ejemplo más significativo de éste tipo de tecnología es una obra del máximo referente de la definición de hombre del Renacimiento, Leonardo da Vinci y su León mecánico.



Figura 6. León de Leonardo

Como ya se ha comentado en esta introducción la verdadera época donde se produjo el mayor avance en el mundo de la tecnología y los derechos sociales fue en el siglo XVIII con la Revolución Industrial.

Durante estos años se desarrollaron máquinas para optimizar la producción en los sectores textil y de fabricación de piezas. También se ha datado el comienzo del uso de la electricidad y la autorregulación para el uso automático.

Otro punto de inflexión en la historia de la automatización es la creación de la *máquina transfer*. Esta máquina está destinada a fabricar una pieza determinada con una alta velocidad de producción (tema ya relacionado con el desarrollo del presente TFG).

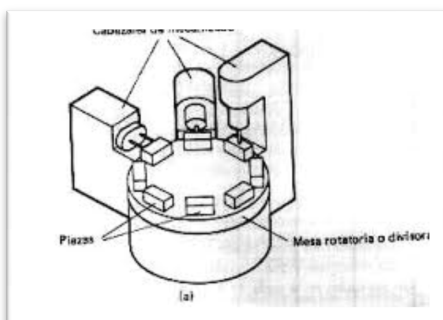


Figura 7. Máquina transfer circular

Consta de varias estaciones de mecanizado contiguas, donde la pieza es tratada de forma continua mientras se le van aplicando diferentes tareas, habiendo varias piezas tratándose al mismo tiempo, de manera que los tiempos de mecanizado se superponen. Este dispositivo debe incluir estaciones de carga y descarga de las piezas que se desean mecanizar, para poder incorporar o retirar del proceso las materias y productos finales respectivamente.

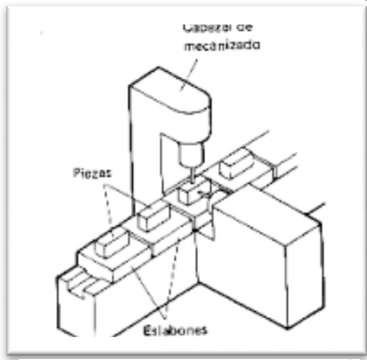


Figura 8. Máquina transfer lineal

Existen dos tipos de máquinas transfer, las circulares y las lineales.

La primera vez que se aplica esta máquina es en el sector del automóvil, y después de que se dio a conocer salto a otros sectores de producción más extendidos.

Podríamos estar hablando de industrias con dispositivos eléctricos y con grandes volúmenes de producción.

Otro avance destacable es la integración de procesamiento en movimiento continuo, esto permite al usuario tratar la pieza mientras esta se encuentra desplazándose. La industria pionera en este modelo fue la del papel, dando lugar a las cadenas de embalajes. Más adelante, la industria del automóvil mejoró el proceso y lo incorporó a la fabricación del chasis de sus vehículos.

En el mundo moderno en el que vivimos actualmente, desde aproximadamente 1920, está marcado por el consumismo extremo, por lo que la industria ha tenido que adaptarse a las exigencias de sus clientes y se ha visto obligada a adoptar la cadena de embalaje en sus procesos para dar abasto a la gran cantidad de demanda que recibe continuamente.

3.5. Incorporación del robot y del ordenador

La historia de los robots como tales comienza en 1960, pero fue mucho antes cuando ya se empezaba a imaginar el ser humano máquinas y dispositivos capaces de reproducir los movimientos de las personas, estamos hablando de la época de los griegos y su mitología futurista.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Europa necesitaba grandes cambios y uno de ellos residía en la necesidad de crear nuevos productos que desatasaran la situación de crisis que gobernaba al continente.

Debido a las grandes pérdidas físicas y materiales resultó muy costoso diseñar los componentes necesarios para llevar a cabo el desarrollo de los productos por la falta de los recursos más importantes, tiempo y capital.

Para resolver esta situación se recurrió al desarrollo de los computadores y con ellos el nacimiento de las técnicas de control de procesos modernas. Desde un principio los ordenadores estaban llamados a servir para la fabricación de productos, abarcando los campos de la transferencia de datos, tiempos de procesamiento, comunicación entre distintas máquinas, bases de datos de existencias o la disponibilidad en el almacén.

El principal factor que ha propiciado el auge de los robots ha sido el ahorro económico que suponían a largo plazo, pese a que también existen otros factores importantes como las mejoras en la calidad o seguridad.

La palabra *robot* tiene varias procedencias, pero la que se cree que es la más fiable es la de que se refiere a máquinas con apariencia humana que realiza trabajos bajo el control de un usuario. Otra perfectamente también válida es la que se usa en el campo de la industria: *Máquina programable capaz de realizar una tarea que antes solo podían realizar las personas capacitadas.*

A partir de los programas de investigación nuclear realizados en la década de los años cincuenta se comenzaron a estudiar los brazos mecánicos para llevar a cabo operaciones delicadas a distancia. Estos brazos son conocidos como tele operadores.

Fue ya en la década de los años sesenta cuando se empezó a vislumbrar la posibilidad de utilizar estos brazos mecánicos para otras funciones a parte de la nuclear. Estos tele operadores deberían realizar secuencias de operaciones. A partir de aquí se pasaron a denominar manipuladores programables. Para seguir evolucionando con las necesidades se fueron incorporando cambios en los elementos de las máquinas, las articulaciones se sustituirían por servomotores controlados aumentando los grados de libertad. Se dice que estos fueron los primeros robots.

Los robots de esta primera generación, que además abarcan la mayoría de robots que existen en la actualidad, siguen siendo muy poco adaptables a su entorno, pese a su alto coste económico debido a su complicidad de elementos necesarios para accionar los dispositivos adicionales.

La siguiente generación se ve diferenciada por la aplicación de sensores acoplados a los robots que permiten un incremento en la interacción del robot con el entorno. La principal característica de esta generación de robots es la capacidad de ensamblaje automático, donde el usuario es capaz de definir las operaciones, el entorno y los objetos y el robot se encarga de realizar el trabajo mediante su sistema de percepción optimizado. El encargado de promocionar los primeros robots de la segunda generación fue la institución mundialmente conocida MIT.

La última generación y la más nueva es la tercera que incorpora como novedad que el robot no solo se adapta al entorno sino que además se adapta a él y puede decidir en diferentes situaciones cual es la mejor manera de actuar. Este tipo de robots solo necesitan saber cual tiene que ser el escenario inicial y el final. La propia definición de la tercera generación de robots es la siguiente: “estructura poli-articulada gobernada por un ordenador central, con capacidad para interactuar con el entorno, planificar y controlar las acciones, y que aprende con el tiempo sin programación externa”.



Figura 9. Robot soldador

3.6. Mecanizado de piezas

Tal y como menciona el Ingeniero Guillermo Bavaresco en su publicación sobre el mecanizado: “se puede definir como un conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de la materia prima”

Estas características que menciona Guillermo Bavaresco son principalmente la forma, la estética o el tamaño.

En los tratamientos de piezas industriales es poco común que solo se necesite un tipo de operación, por ello son de utilidad máquinas/herramientas capaces de llevar a cabo varias operaciones.

Si nos adentramos en el campo de la tecnología mecánica los procesos de mecanizado se pueden dividir en los realizados con arranque de viruta y por abrasión.

Los procesos más comunes son los de arranque de viruta, siendo los principales:

- Torneado
- Fresado
- Taladrado
- Cepillado
- Esmerilado
- Aserrado

Si juntamos la primera definición y los conceptos descritos llegamos a una segunda y más precisa definición de mecanizado: “Proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión”. La materia prima utilizada para el proceso de mecanizado es en mayor parte productos semielaborados como lingotes, tochos, barras u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Al acabar el proceso podemos obtener o productos finales o piezas semielaboradas.

3.7. Tipos de mecanizado

El mecanizado de una pieza puede clasificarse de dos formas distintas:

Según el tipo de eliminación de material:

- Por arranque de viruta
- Por abrasión

Según los elementos empleados para la eliminación de material:

- Manual
- Con máquina herramienta

POR ARRANQUE DE VIRUTA

Durante este proceso el material es arrancado con una herramienta, dicho material arrancado se denomina viruta y es desperdiciado.

La correcta definición de viruta es: “fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído del material mediante los procesos de torneado, fresado, taladrado o cepillado” como muy bien dice Guillermo Bavaresco en su publicación sobre el

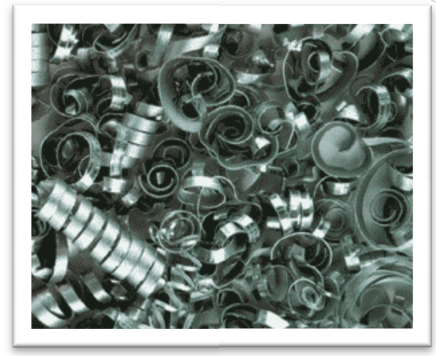


Figura 10. Virutas

mecanizado.

Por lo general la herramienta empleada posee uno o varios filos, también llamados cuchillas, que son las encargadas de separar las virutas de la materia prima de la pieza en cada pasada, hasta lograr la geometría deseada.

En este tipo de mecanizado solo es admisible realizar procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con más precisión; proceso final).

Por otra parte, este proceso tiene sus inconvenientes. El más notable es la carencia de abastecimiento máxima, esto quiere decir que tiene limitaciones por las cuales no logra llegar a absolutamente todos los sitios de la pieza. Esto es debido a que la máquina ejerce un esfuerzo en la herramienta para apretarla contra la pieza y llega un momento que este esfuerzo es tan débil que la cuchilla no logra penetrar lo suficiente como para arrancar viruta.

POR ABRASION

Estos procesos consisten en la eliminación de material mediante el desgaste pequeño y progresivo de la pieza. El material residual que se separa de la materia prima puede ser peligroso ya que en la mayoría de ocasiones está en estado incandescente.

Las herramientas pertinentes para realizar este tipo de procesos son la muela abrasiva y una herramienta eléctrica o neumática llamada esmeril.



Figura 11. Diferentes muelas abrasivas

Estas muelas abrasivas están constituidas por partículas de un material abrasivo muy duro unido por un aglutinante.

La forma de eliminar material de la pieza mediante este proceso es rayando la superficie de la pieza, así la máquina requiere menos fuerza para apretar la herramienta contra la pieza y puede emplearla para que se dé un número mayor de pasadas.

La precisión que se obtiene con la abrasión es muy buena pero con tiempos prolongados.

MECANIZADO MANUAL

Se diferencia del otro tipo de procedimiento en razones obvias, es una persona la que manualmente y mediante su fuerza, destreza y una herramienta; que puede tratarse de una sierra, una lima, un cincel o un buril; mecaniza la pieza en concreto.



Figura 12. Mecanizado manual

MECANIZADO CON MÁQUINA HERRAMIENTA

En el caso del mecanizado con máquina herramienta, dicha herramienta con la que se lleva a cabo el proceso puede ser semiautomática o automática. Es en esta última en la que nos centraremos para el desarrollo del presente TFG.

El esfuerzo o la acción de mecanizar, anteriormente comentados, son producidos por medio de un equipo mecánico, con los motores y mecanismos necesarios.

A continuación se pasa a detallar las máquinas-herramienta más destacadas de todo el mercado:

Taladro

Cuando nos referimos a esta máquina-herramienta tenemos que tener en cuenta que la pieza que deseamos tratar se encuentra fijada a la mesa de taladro y la herramienta, llamada broca, realiza un movimiento de corte giratorio y de avance lineal, proporcionando el mecanizado de un agujero teóricamente del mismo diámetro que la broca y de la profundidad deseada.



Figura 13. Taladro

Torno

Se trata quizás de la máquina-herramienta más difundida de todas porque son las más usadas en el mundo industrial.

Al igual que en el taladrado, la pieza es amarrada en el plato del banco de torneado, que a su vez este gira sobre su eje haciendo que con él gire la pieza al mismo tiempo.

La cuchilla realiza el movimiento de avance eliminando el material en los sitios que se precise, más adelante se explicarán los tipos de cuchillas que existen para realizar todo tipo de mecanizados.



Figura 14. Banco de torneado

Fresadora

A diferencia de las anteriores máquinas-herramienta la peculiaridad de ésta es que en este caso es la herramienta, denominada fresa, es la que posee movimiento y no la propia pieza que está destinada a ser tratada.

El movimiento de la fresa es de giro sobre su propio eje y además de avance lineal o curvo sobre una superficie de dos dimensiones.

La pieza debe encontrarse sujeta a la mesa de la fresadora mientras la herramienta le aplica el tratamiento.



Figura 15. Fresadora

Limadora

Esta máquina-herramienta realiza un proceso de mecanizado por abrasión principalmente que trata de eliminar material para darle la forma deseada por medio del corte de la cuchilla.

El movimiento de la cuchilla es lineal de corte en vaivén, perpendicular con respecto al movimiento de avance de la pieza que se quiere tratar.



Figura 16. Limadora industrial

Mortajadora

Esta peculiar máquina realiza procesos de mecanizado destinados a eliminar material del interior de un agujero.

Este resultado se consigue gracias al movimiento giratorio estacionario de las cuchillas de corte que actúan como herramienta y al movimiento rectilíneo de la mesa donde esta anclada la pieza que se desea tratar.



Figura 17. Mortajadora

Rectificadora

Posee un tamaño superior a la limadora, lo comparamos con esta otra máquina herramienta debido a sus similitudes de objetivo.

La rectificadora, mediante una muela, corrige la geometría de la pieza para obtener los acabados de la misma, al igual que la limadora, pero esta con mejores resultados.

Para realizarlo los movimientos que se llevan a cabo son: la muela montada sobre un puente se mueve transversalmente al movimiento de avance longitudinal de la pieza que se encuentra anclada en la mesa de la rectificadora.



Figura 18. Mesa de rectificado

Brochadora

La brochadora consiste en una máquina que sujeta una herramienta, llamada brocha, que mediante un movimiento lineal arranca material de la pieza.

La brocha dispone de múltiples filos progresivos. Y sirve principalmente para realizar formas geométricas del estilo de chaveteros o cuñeros.



Figura 19. Brochadora

Mandrinadora

El mandrinado consiste en un proceso de eliminación de material de una materia prima, piezas cúbicas, a las cuales se les proporcionan agujeros con una tolerancia muy estrecha y una calidad de mecanizado muy buena.

Esta compuesto por una bancada con una mesa giratoria donde se anclan las piezas y una columna por la que se desplaza el cabezal encargado de girar el husillo portaherramientas donde se sujetan las barras de mandrinar.



Figura 20. Mandrinadora

3.8. Variables de interés a la hora de mecanizar

Podemos encontrar diferentes variables que tienen mucha importancia a la hora de hablar de procesos de mecanizado. A continuación se pasa a describir brevemente las más importantes.

Velocidad de corte

Nos referimos a “la velocidad lineal de la periferia de la herramienta acoplada a una máquina-herramienta o a la velocidad lineal del diámetro mayor que esté en contacto con la herramienta en la pieza que se esté mecanizando si se trata de un torno”.

Cuando se trata de máquinas con movimiento giratorio la velocidad de corte viene dada por la siguiente ecuación:

$$V_c = \pi * D * n$$

En cambio, para máquinas con movimiento alternativo, la velocidad de corte se corresponde a la velocidad media:

$$V_c = \frac{L}{T}$$

Donde:

- V_c es la velocidad de corte
- D , se corresponde con el diámetro del punto más desfavorable (m)
- n , número de revoluciones por minuto a las que gira la pieza o herramienta
- L , distancia recorrida por la herramienta o pieza
- T , tiempo necesario para recorrer la distancia L

Para determinar la correcta velocidad de corte hay que tener en cuenta factores diferentes como el material empleado como herramienta, el material a mecanizar y las características de la máquina principalmente.



Figura 21. Pieza mecanizándose a velocidad adecuada

También tenemos que tener en consideración los efectos positivos y negativos que puede añadir la velocidad de corte a la máquina. Estos pueden causar una reducción en la duración de la vida de la herramienta o afectar considerablemente al consumo de potencia.

A altas velocidades:

- Mayor desgaste del filo de la herramienta.
- Deformación plástica del filo, lo que se traduce en una pérdida de la tolerancia acordada.
- Todo lo anterior desemboca en una calidad pésima de mecanizado.

A velocidades bajas:

- Producir un retraso en la cadena de producción dando lugar al incumplimiento de los plazos.
- Se forma el efecto de filo de aportación en los bordes de la herramienta.
- La herramienta posee una geometría para cortar la viruta en trozos pequeños para reducir el peligro (esto lo veremos más adelante), pero este efecto solo se produce a velocidades superiores a una establecida, por debajo de ella comenzamos a ver problemas en la evacuación de viruta.
- Por la misma razón por la que aumenta la producción a altas velocidades, también disminuye a bajas velocidades haciendo elevar los costes del mecanizado.

Avance

Se entiende como avance “la velocidad de penetración que tienen las herramientas de corte en la pieza que se mecaniza o viceversa, en otras palabras, movimiento relativo de la herramienta respecto a la pieza que se desea tratar o de esta última respecto a la herramienta de corte en un periodo de tiempo determinado”.

Las unidades que designan al avance son los milímetros que se mueve la herramienta relativos a la pieza por revolución del eje del cabezal o portaherramientas al que se encuentra anclada la pieza.

El símbolo que representa a la velocidad de avance es la letra *s*.

Al igual que hemos visto antes hay que diferenciar entre altas y bajas velocidades para descubrir los efectos que cada una producen sobre la formación de viruta, el consumo de potencia y las tensiones térmica y mecánica.

Velocidades elevadas:

- Óptimo control de la viruta.
- Menor tiempo de corte, lo que se traduce en un mayor volumen de producción.
- Menor desgaste del filo.
- Existe un riesgo más elevado de rotura de la herramienta.
- Conforme pasa el tiempo empeora la calidad superficial resultante.

Bajas velocidades de avance:

- La viruta que se forma es más larga.
- La calidad de mecanizado es superior.
- Mayor desgaste en la herramienta de corte.
- Duración del tiempo de mecanizado superior.
- Por el anterior efecto se produce un mayor coste en la producción en la planta de mecanizado.

Profundidad de corte

Entendemos esta variable como la distancia arranca de la capa exterior de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta.

La profundidad de corte se ve reflejada claramente en el ancho de la viruta producida. Su valor se ve afectado por la cantidad de material que se quiera eliminar, su capacidad para ser mecanizado, el tipo de herramienta, la potencia de la máquina y las velocidades de corte y avance.

Se determina según la fórmula:

$$t = \frac{D_f - D_i}{2}$$

Donde:

- t , es la profundidad de corte (mm)
- D_f , el diámetro final de la pieza (mm)
- D_i , el diámetro inicial de la pieza (mm)

Sin embargo cuando se tratan superficies planas la profundidad de corte responde a la siguiente fórmula:

$$t = E_i - E_f$$

Donde:

- E_f , es el espesor final de la pieza (mm)
- E_i , el espesor inicial de la pieza (mm)



Figura 22. Importancia de la profundidad en el mecanizado

3.9. Herramientas de corte

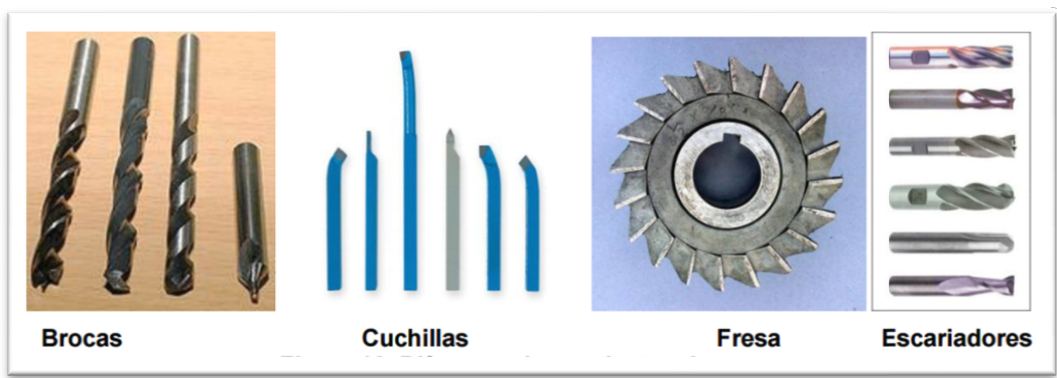
Durante los anteriores puntos se ha ido destacando el papel que juegan las herramientas de corte en el proceso de mecanizado de todas las piezas sometidas a arranque de viruta.

Las herramientas de corte son los instrumentos que se instalan en las máquinas-herramienta y que poseen una forma especial, y por su modo de empleo, que permite modificar paulatinamente la geometría de una pieza hasta conseguir el aspecto adecuado, empleando el mínimo tiempo posible no a costa de la calidad del producto final y gastando la menor potencia posible.

Después de haber visto los tipos de mecanizado conseguimos distinguir entre las diferentes máquinas que necesitaban, cada una, una herramienta de arranque de material distinto.

Tenemos las que ya hemos visto junto a otras que destacan en menor medida:

- Brocas
- Cuchillas
- Fresas
- Escariadores
- Limas
- Sierras
- Herramientas de torneado
- Machos de enroscar



Materiales para herramientas de corte

Escoger el material adecuado para la herramienta de corte puede convertirse en una ardua tarea, por eso hay que determinar antes que nada cuales son los factores distintivos que caracterizan esta elección. Estos factores están condicionados por las dos exigencias principales: que sea económico y tener en cuenta el carácter técnico.

- 1) Calidad del material a trabajar y su dureza.
- 2) Volumen de producción.
- 3) Tipo de máquina-herramienta a la que va acoplada.
- 4) Velocidad de corte.

A continuación se enumeran los elementos más comúnmente utilizados para fabricar las herramientas de corte:

- *Carbono*. Responde al temple aumentando la dureza, la resistencia mecánica y la resistencia al desgaste. 0'6-1'4%
- *Cromo*. Aumente la resistencia al desgaste y la tenacidad. 0'25-4'5%
- *Cobalto*. Aumenta la dureza en caliente para emplearlo en aceros de alta velocidad. 5-12%
- *Molibdeno*. Para darle la capacidad de formar carburos y aumentar las resistencias mecánica, al desgaste y la dureza en caliente. Siempre se usa cuando existen más elementos de aleación. <10%
- *Tungsteno*. Mejora la dureza en caliente y la resistencia mecánica. 1'25-20
- *Vanadio*. Como todos en general, aumenta la dureza en caliente pero también la resistencia a la abrasión y se emplea en dos principales tipos de herramienta, las de acero al carbono (0'2-0'5%) y en las de acero de altas velocidades (1-5%).

Con todos los elementos mencionados existen varias formas de combinarlos para dar lugar a los distintos compuestos de los que se forman las herramientas de corte.

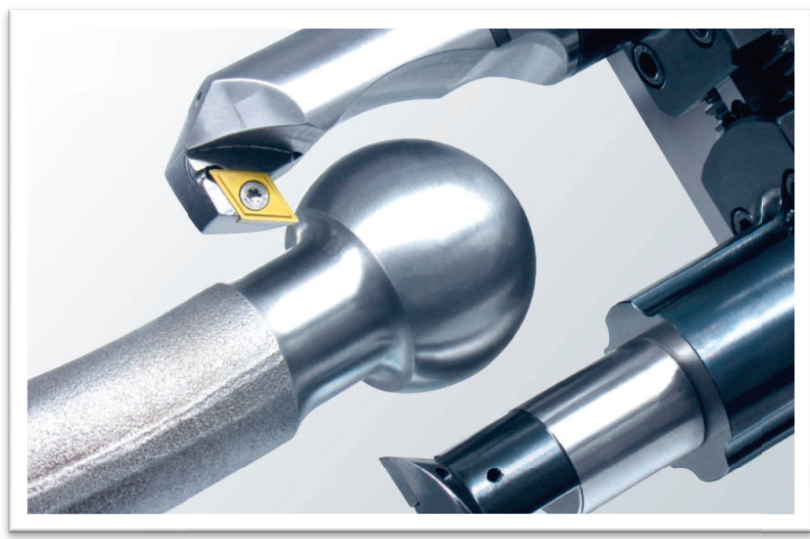


Figura 22. Herramienta de corte mecanizando

Aceros al carbono

Son el tipo de formación más empleada en la industria. Las razones son que es poco costoso, su tenacidad, responde muy correctamente ante las altas temperaturas mostrando una gran dureza, se forma y rectifica con facilidad, y se forma y rectifica con facilidad, mantiene su borde afilado mientras no esté sometido a una abrasión demasiado grandes.

Sus principales destinos son las brocas que trabajan a bajas velocidades, machuelos, brochas y escariadores.

Aceros de alta velocidad

Gracias a los elementos de los que está compuesto posee una elevada dureza a altas temperaturas y una excelente resistencia al desgaste. Además podemos contar con la propiedad de este tipo de aleaciones que se funden y rectifican a la forma deseada.

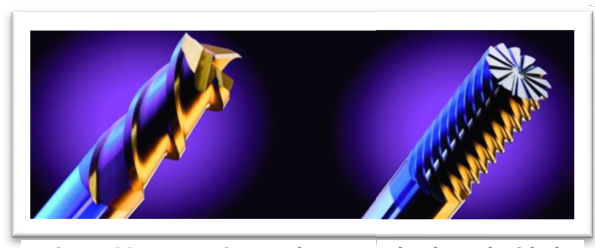


Figura 23. Herramientas de aceros de alta velocidad

La composición de estos aceros es de: 38-53% cobalto, 30-33% cromo, 10-20% tungsteno. Así se ven claras las propiedades de este tipo de aceros.

Carburos cementados

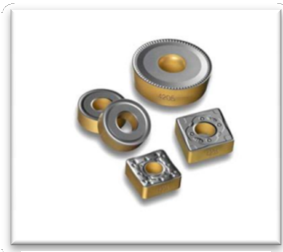


Figura 24. Plaquitas

Su ingrediente básico son los carburos y se generan por metalurgia a partir de polvos.

Poseen puntas afiladas con sujeciones mecánicas que se llaman insertos ajustables. Se encuentran en diferentes formas: cuadrados, triangulares, circulares y varias formas especiales.

Encontramos tres grupos de carburos cementados:

- De tungsteno aglutinado con cobalto para maquinar hierros fundidos
- De tungsteno con aglutinante de cobalto y una solución sólida para aceros
- De titanio con aglutinante de níquel y molibdeno para altas velocidades

Carburos revestidos

Con insertos normales revestidos de una capa fina de carburo de titanio, nitruro de titanio u óxido de aluminio.

Todo esto contribuye a obtener una resistencia adicional al desgaste consiguiendo resistencia mecánica y tenacidad.

Cerámicas de óxido

Con granos finos de óxido de aluminio ligados entre sí mediante la cerámica con otros menudos elementos que contribuyen a obtener las características óptimas.

Resistencia elevada a la abrasión con más dureza que el otro tipo de carburos, además poseen menor tendencia a soldarse con los metales durante el proceso de corte.

En el lado de las desventajas destacamos su falta de resistencia al impacto al igual que todas las cerámicas y que ello puede concurrir a la rotura prematura de la herramienta.

Este tipo de herramienta se ha probado como la más eficaz operaciones de torneado ininterrumpido a elevadas velocidades.

Diamantes

Poco cabe decir de este material. Se trata de carbono policristalino que se emplea solo cuando se quiere el mejor de los acabados superficiales y exactitud dimensional debido, por supuesto, a su alto coste económico.

Las propiedades de los diamantes son: la dureza tremendamente elevada, baja expansión térmica, alta conductividad térmica y un coeficiente menor que la media de herramientas que ya hemos visto.

3.10. Fluidos de corte

También conocidos como refrigerantes, son de uso indispensable para las operaciones de mecanizado por arranque de viruta.

Los fluidos de corte, que por regla general los encontraremos en estado líquido, se aplican directamente en la zona donde se forma la viruta, tal y como se puede apreciar en la Figura 25.



Figura 25. Aplicación de fluido refrigerante

A parte es conveniente acompañarlos con algún tipo de lubricante que suelen ser aceites, emulsiones y soluciones.

El fluido refrigerante tiene distintas propiedades beneficiosas según a la máquina a la que le esté aplicando, a continuación pasamos a enumerarlas:

- Enfriamiento de la herramienta, pieza tratada y rebabas
- Lubricación
- Control de la acumulación de flujo en el límite de la herramienta
- Eliminación de las rebabas
- Le da la capacidad de protegerse a la pieza contra la corrosión y la oxidación
- Reduce la energía necesaria para realizar el corte de la pieza
- Actúa como medio de limpieza eliminando las partículas que se desprenden del material
- Mejora el acabado superficial

Tipos de fluido de corte

Los principales fluidos para realizar operaciones de mecanizado son los siguientes.

1) Aceites íntegros



Figura 26. Aceite íntegro de corte

2) Fluidos miscibles en agua (emulsiones oleosas), son los más usados

- a. Aceites emulsificables
- b. Fluidos químicos
- c. Fluidos semiquímicos

3) Gases:

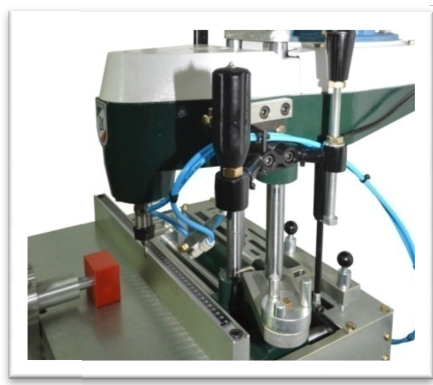


Figura 27. Refrigeración por gases

4) Lubricantes sólidos y pastosos

Los fluidos más usados (los miscibles en agua) están en la cúspide debido a sus casi perfectas propiedades de enfriamiento y su capacidad de disminuir al mínimo la distorsión térmica.

Este tipo de fluidos se mezclan con agua y reciben el nombre de taladrinas, un líquido ligeramente alcalino.

Dichas taladrinas siempre poseerán todas o gran parte de las sustancias siguientes:

- Aceites minerales
- Aceites animales o vegetales
- Aceites sintéticos
- Emulgentes
- Inhibidores de la corrosión
- Bactericidas-fungicidas
- Aditivos de extrema presión
- Humectantes
- Antiespumantes
- Colorantes
- Acomplejantes
- Metales pesados



Figura 28. Proceso de fresado refrigerándose

3.11. Alcance del mecanizado automático

Ya hemos visto la evolución y el significado de automatización y mecanizado por separado, ahora es hora de poner en común estos dos mundos obteniendo la respuesta más óptima que tenemos actualmente.

En los puntos anteriores hemos observado que en el siglo XIX se diseñó la primera máquina de mecanizado que funciona con parte de su proceso de forma automática, aquí comienza una carrera a favor de la producción y los beneficios que aún a día de hoy se sigue corriendo.

En la actualidad se sigue investigando sobre posibles mejoras que se puedan añadir a las que ya estaban que se han ido acumulando durante siglos.

En el verano de 2014 se celebró una convención en Múnich sobre la automatización de las máquinas-herramienta que recoge a la perfección cuál va a ser el rumbo de esta unión en los próximos años.

El primer campo que se trata es la incorporación de los robots a los procesos de mecanizados automáticos para incrementar la productividad bajando los tiempos de producción mediante la reducción de tiempos muertos entre máquinas.

Los avances se centrarán en este aspecto porque los tiempos de arranque de viruta ya han sido optimizados al máximo y por tanto son estos tiempos de inactividad los que hay que eliminar que se puede acortar de forma significativa mediante el uso de robots.

En el presente TFG se logra acortar estos tiempos de inactividad gracias al uso de un brazo robot que suprime la intervención manual para la posterior clasificación de la pieza según los procesos a los que haya sido sometida la pieza.

En la automatización de las máquinas-herramientas compiten dos enfoques: la integración directa del robot en la máquina y el acoplamiento a la máquina de mecanizado unos módulos completos de automatización, robots incluidos.

Una gran cantidad de usuarios dan fiabilidad a estos sistemas de procesos automatizados, por esta actual tendencia el futuro se postula con grandes avances de soluciones automatizadas altamente desarrolladas.



Figura 29. Robot empleado como máquina-herramienta

Las nuevas generaciones de robots están dando soluciones factibles a su aplicación como máquinas-herramienta. Con correctas modificaciones es posible mecanizar todo tipo de materiales.

En concretas aplicaciones los robots de seis ejes están compitiendo cara a cara con las máquinas-herramienta de mecanizado más usadas en el mercado. Las aplicaciones de las que estamos hablando bien pueden ser de fresado, desbarbado, taladrado, roscado, pulido y otros similares de sus mismas familias.

Los robots de los que hablamos tienen una precisión particularmente inusual y exhiben una estructura rígida para garantizar los resultados.

Pero existen campos que todavía resulta imposible la implementación de robots a la industria, se trata del mecanizado de metales pesados, según dice Manfred Hübschmann: "La alta precisión del mecanizado con arranque de viruta de las piezas metálicas seguirá siendo el dominio de la máquina-herramienta. En pequeñas series y siempre que sea suficiente una precisión de décimas de milímetro, el robot puede ser una alternativa aceptable y rentable. Pero, en general, ambas soluciones tienen sus propios mercados".

4. Descripción de procesos

La automatización del proceso descrito se da gracias al uso de los elementos electromecánicos que interactúan entre sí y son controlados por un sistema computarizado programado.

Como ya se ha explicado con anterioridad, a la hora de automatizar un proceso hay que definir cuáles son las acciones que la máquina tendrá que realizar en función de los cambios y el estado que se encuentre su entorno.

Estas acciones que hay que definir se les llaman salidas, y los datos que se leen del entorno para saber si se debe actuar en cada momento son nombrados entradas.

Los datos que se leen permanentemente del entorno tienen magnitudes físicas variables en el tiempo que se traducen al lenguaje binario para que el sistema que lo controla pueda manejarlos.

Los elementos que recogen toda esta información acerca del entorno y sus cambios son los sensores, sistemas electromecánicos sensibles a diferentes magnitudes físicas capaces de transformar las lecturas en datos legibles por el programa controlador, traducidos gracias a las ecuaciones de transformación.

La elección del sensor a utilizar dependerá del caso y la magnitud que se desee medir, ya que influye también el rango de valores que las variables puedan tomar para ajustar mejor el elemento a cada instalación.

Los sensores utilizados en el trabajo se detallarán más adelante.

Una vez definidos los parámetros necesarios para que se realicen las acciones correspondientes, el sistema dará paso a activar las diferentes acciones que están programadas en cada avance del proceso.

Para el diseño de la programación de la automatización se ha decidido emplear una maqueta del proceso a una escala reducida.

La maqueta pertenece a la marca FischerTechnik, que se dedica a vender juegos de construcción enfocados principalmente a la educación y desarrollo de soportes con mecanismos automatizados.

La empresa de FischerTechnik fue fundada por el Profesor Artur Fischer y posee una historia de más de 50 años en la que se han dedicado a construir bloques de juguete para la construcción de maquetas que puedan servir con un fin de aprendizaje.



Figura 30. Logo de FischerTechnik

Junto a Lego Mindstorms, esta marca alemana de Waldachtal, en la selva negra, comprenden la élite en el campo de la automática y robótica a nivel de enseñanza y realizar pruebas o maquetados de procesos reales para su posterior aplicación.

Las maquetas de esta marca tratan de un sistema constructivo y modular formado por una gran cantidad de elementos que representan a los dispositivos a los que intentan imitar de las máquinas reales para que la aproximación sea lo más ajustada posible.

Según la propia empresa sus productos son *“multifuncionales y harmónicos por lo que todos los componentes son compatibles entre sí y las posibilidades de configuración son infinitas”*.

Como ya se ha comentado al comienzo del presente documento y en el resumen, el objetivo de este proyecto es automatizar un proceso de mecanizado y su posterior clasificación adaptando las mayores facilidades para el usuario, sin tener en cuenta los problemas y resoluciones mecánicas que se puedan ocasionar.

En los puntos siguientes se explicara con más detalle los procesos llevados a cabo pero el resumen es que el usuario deja una pieza en la estación de alimentación del proceso que mediante cintas transportadoras desplaza la pieza hasta las estaciones de tratado correspondientes y tras finalizar los procesos es conducida a la estación de retirada donde un brazo robot acudirá a cogerla y posteriormente la clasificar en sitios distintos dependiendo del procesado que se le haya proporcionado.

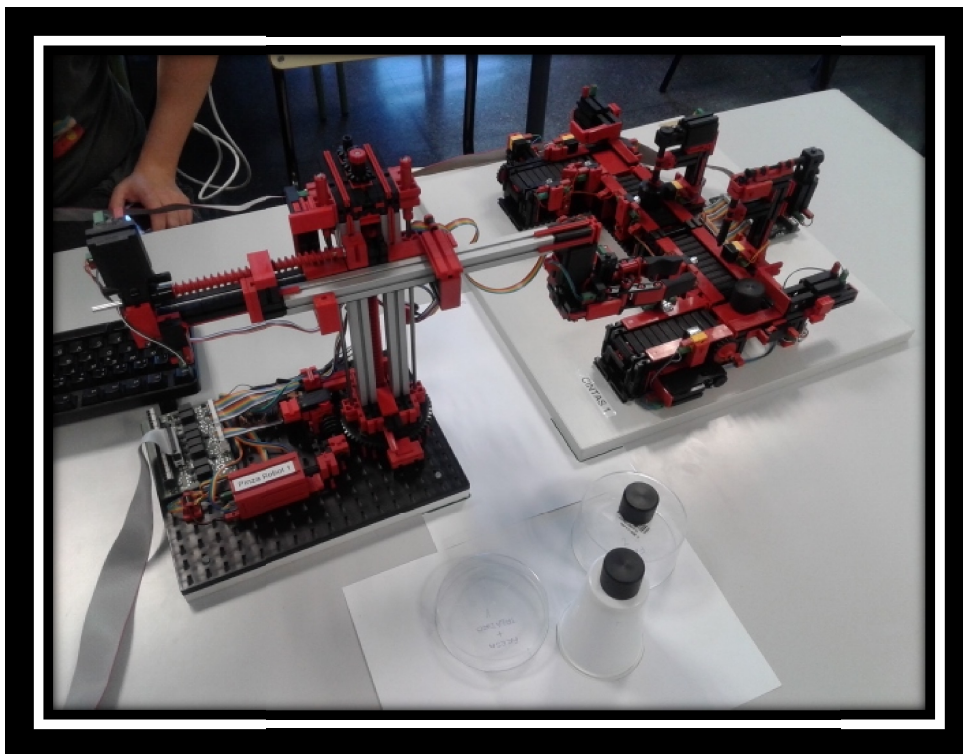


Figura 31. Maquetado completo del TFG

4.1. Maqueta del centro de mecanizado

Constituye la primera parte del proceso y consta, como aparece en el título del proyecto, de “una línea indexada con dos unidades de mecanizado FischerTechnik”.

La tarea que cumple esta parte del proceso es la de desplazar las piezas que se desean ser tratadas a través de cuatro cintas deteniéndose o no en los puestos de mecanizado dependiendo de la elección que el operador al cargo destine a cada pieza.

Como se acaba de comentar el montaje posee cuatro cintas, cada una con una función diferente. Podríamos concluir en que cada cinta se corresponde a una estación diferente dependiendo de la función que tenga dicha cinta.

La primera sirve de estación de alimentación, en ella el usuario u operador deposita la pieza que desea tratar.

En la segunda y tercera se encuentra el centro de mecanizado propiamente dicho. A mitad de la segunda cinta está localizado el puesto de mecanizado de fresado, y a mitad de la tercera está dispuesto el puesto de mecanización de taladrado.

Estos dos procesos, de fresado y taladrado han sido definidos y explicados con claridad en los puntos anteriores. En la maqueta que estamos utilizando las velocidades de corte y de avance y las profundidades de corte no son competencia de este trabajo, sin embargo, se han establecido funciones para el correcto resultado del proceso. Tales funciones serán explicadas en el Marco Técnico de la Memoria Descriptiva.

Por último, en la cuarta cinta se encuentra la estación de retirada de la pieza, donde el brazo robot acudirá a recoger la pieza para su clasificación.

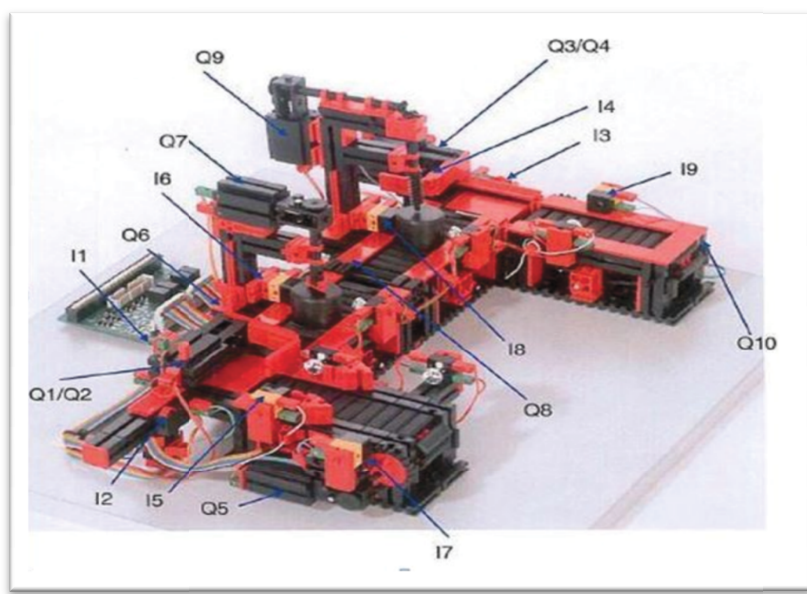


Figura 32. Maqueta del centro de mecanizado

Pasamos a describir el proceso con un nivel mayor de detalle:

El sistema dispone de 11 salidas digitales de 24 voltios de corriente continua que se corresponden a seis motores de un solo sentido sin cambio de dirección que accionan las cuatro cintas distintas y los otros dos a las dos herramientas de mecanizado, la fresadora y el taladro. Por otro lado tenemos cuatro motores más que permiten el movimiento a los empujadores en una sola dirección y ambos sentidos. La última salida se trata de una señal que activa todos los sensores pertenecientes a la maqueta del centro de mecanizado.

Esta maqueta dispone de otras 9 señales de entrada también digitales de 24 voltios de corriente continua. Las entradas se disponen de la siguiente manera: cinco sensores fototransistores y cuatro sensores final de carrera distribuidos por toda la maqueta en los sitios precisos.

Como se ha comentado al principio del apartado el sistema trabaja con lenguaje binario por lo que tanto las entradas como las salidas son elementos binarios que pueden estar activados o desactivados. Más adelante se va a detallar el funcionamiento de cada elemento del sistema que utilizamos.

Los elementos de los que se compone la maqueta, que son sensores o motores, son los que a continuación se pasan a describir:

Sensores final de carrera

Entran dentro del campo de sensores de contacto y están dispuestos al inicio y final de cada trayecto de los empujadores.

Su función es detectar cuando los empujadores han llegado a su posición final o han regresado a su posición inicial, esto proporciona la información necesaria para saber en qué posición esta cada empujador sin necesidad de estar mirando directamente el proceso de mecanizado, que puede ser peligroso por el arranque de viruta.

Su mecanismo es muy simple, cuando el propio empujador llega a ponerse en contacto con el sensor este proporciona una señal de activado, es decir un 1 y el sistema la utiliza para dejar paso a la siguiente etapa.

El aspecto de este sensor en el caso de nuestra maqueta nos puede recordar al de una cuña, la cual es desplazada hacia abajo cuando el empujador llega hasta su punto, activando la señal que transmite en binario al programa. Tal y como se puede apreciar en la siguiente fotografía:



Figura 33. Sensor final de carrera

Sensores fototransistores

Este tipo de sensores son en esencia un transistor que es sensible a la luz. Cuando la luz incide sobre un material específico del sensor genera una carga que lleva al transistor a conducir la electricidad.

Los fototransistores los emplearemos en nuestra maqueta para detectar la posición de las piezas a mecanizar que haya dentro de nuestro circuito.

Esta finalidad la conseguiremos mediante una bombilla de pequeño tamaño en un costado de la cinta, enfocada en perpendicular a la cinta y cara a ella. Disponiendo del sensor justo a la otra parte de la cinta.

Por ello cabe aclarar antes que nada que cuando el fototransistor detecta luz significa que entre medias de la bombilla y el sensor no hay nada, es decir, que cuando se detecte un 1 en el sensor representa la no existencia de pieza en esa posición, por ello se llama funcionamiento de lógica negada.

En nuestra maqueta disponemos de cinco sensores fototransistores diferentes dispuestos en puntos estratégicos de la misma para verificar electrónicamente la posición de las piezas sin necesidad de mirar directamente al funcionamiento.

En el caso de aplicación del programa a una situación real, las señales emitidas por los sensores nos darán la información necesaria y su autorregulación de la producción.

Como he comentado anteriormente su morfología es la siguiente:



Figura 34. Sensor fototransistor

Motores empujadores

Son aquellos que se encargan de desplazar a los dos empujadores en los dos sentidos de avance y retroceso.

Este movimiento se produce gracias a que el movimiento giratorio del motor se transmite mediante engranajes a una cremallera a la que están sujetos los empujadores, transformando así movimiento giratorio en lineal.

Los empujadores en sí están formados por una placa plana, que se encarga de empujar a las piezas objeto de tratamiento, y el bloque de empujador que es el que va unido a la cremallera desplazándose solidariamente y transmitiendo el movimiento a la placa plana

Hay dos empujadores, uno que desvía la dirección del flujo de piezas desde la primera cinta a la segunda que se encuentra perpendicularmente y el otro que hace lo mismo pero desde la tercera cinta a la cuarta.

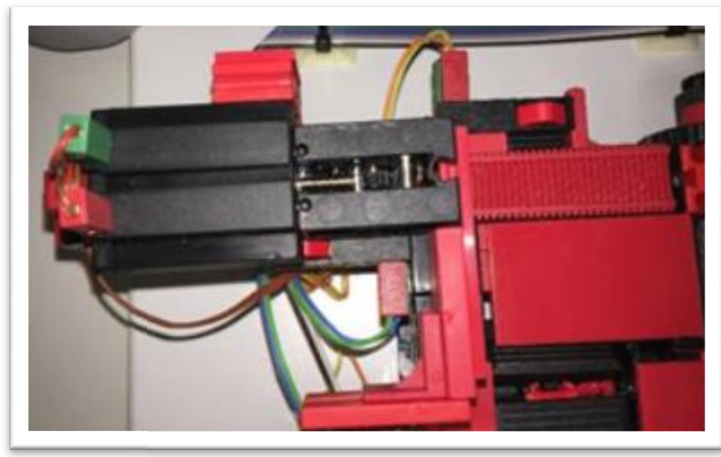


Figura 35. Empujador

Motores cintas

Al igual que los empujadores y las máquinas de mecanizar, esta maqueta utiliza motores eléctricos para producir su movimiento, en este caso el movimiento giratorio del motor es aplicado directamente a la cinta transportadora que posee la cremallera justo en la otra parte de la cinta de por donde pasan las piezas.

Las cintas son las encargadas de transportar las piezas desde una estación a otra dependiendo del programa que se le haya dado a cada una.

La maqueta dispone de cuatro cintas, como ya se ha comentado anteriormente.

La primera es la encargada de trasladar las piezas desde la estación de alimentación hasta el primer empujador.

La segunda está dispuesta para comunicar el primer empujador con la tercera cinta, pasando por el centro de fresado.

Por su lado, la tercera cinta realiza las mismas dotes que la segunda pero comunicando la segunda cinta con el segundo empujador y pasando por el centro de taladrado.

Esta última cinta se asemeja más a la primera de ellas, ya que recoge las piezas del último empujador y las deposita en la estación de retirada.

A continuación podemos ver el aspecto que tienen dichas cintas:

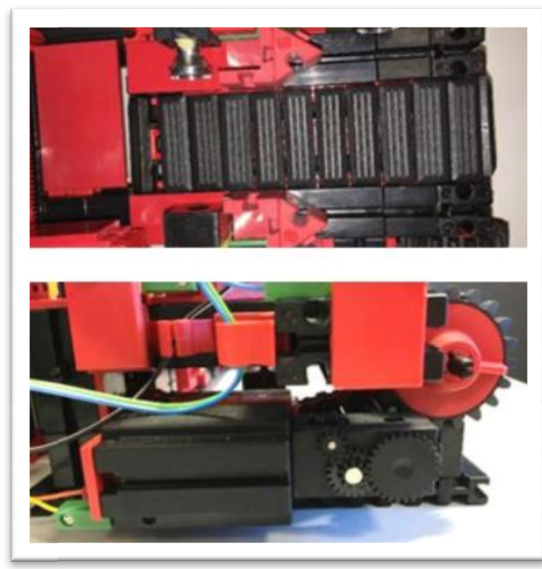


Figura 36. Cinta transportadora

Motores de mecanizar

La presente maqueta dispone de dos estaciones de mecanizado: de fresado y de taladrado. Por lo tanto necesitan ser puestos en marcha mediante motores, los cuales se pasan a detallar seguidamente.

El motor que gira rotatoriamente transmite su movimiento mediante engranajes cónicos hasta que llega a la máquina herramienta predeterminada. Es necesaria tanta complejidad debido a que los motores se encuentran en la parte inferior de la maqueta y las máquinas herramienta deben de pender desde arriba para tratar las piezas que pasen por debajo y se detengan en la posición de mecanizado.

Como ya he dicho, la maqueta dispone de dos estaciones, la estación de fresado se encuentra justo a mitad de la segunda cinta transportadora y la estación de taladrado se encuentra a mitad de la tercera cinta también.

Así, tal y como se muestra en la figura 31 del principio del presente punto, los centros de mecanizado quedan alojados en la parte central de la maqueta obteniendo una buena visión del proceso.

En la figura 37 siguiente se puede observar el mecanismo descrito de la estación de taladrado:



Figura 37. Estación de taladrado

Pieza simulada

Para aproximar el máximo posible a la realidad la maqueta las piezas que se han utilizado emulan a una pequeña probeta de forma cilíndrica del mismo tamaño de alto que de diámetro, tal y como se muestra en la figura 38.

Esta pieza es perfecta ya que es perfectamente detectada por los sensores y reacciona muy bien a las acciones de los actuadores que en un proceso real estarían presentes en ella.



Figura 38. Pieza

Por último, tenemos también las guías que colocamos a cada lado de las cintas para que las piezas no se precipiten fuera de ellas.

4.2. Maqueta del brazo robot

Se trata de la siguiente fase del proceso donde se simula la posterior clasificación de las piezas según su tratamiento.

Y para realizar esta simulación se ha dispuesto de una maqueta tipo 3-D-Robot TX también de la casa comercial FischerTechnik.

En esencia esta maqueta representa un brazo robot con tres grados de libertad: capacitando al robot a moverse verticalmente en sentido ascendente y descendente, horizontal de avance y retroceso, y de rotación siendo su movimiento horario o antihorario, que más adelante explicaré mediante que mecanismos se produce cada uno de ellos. Consta de piezas individuales formando un mástil principal giratorio al que se le une otro en perpendicular a él, el cual en su extremo posee una pinza que usaremos para manejar las piezas.

Al igual que la maqueta de las cintas las entradas y salidas de esta maqueta también son de 24 voltios de corriente continua. Además de compartir también el tipo de señales, que son de tipo booleano.

Encontramos 10 entradas digitales entre las que están cuatro sensores final de carrera, cuatro contadores de pulsos y dos sentidos de giro, horario y antihorario.

Por parte de las salidas tenemos cuatro motores que funcionan tanto en una dirección como en la contraria capacitados, por tanto, a realizar los 8 movimientos del brazo al completo, como se ha mencionado antes: ascenso, descenso, avance, retroceso, giros en los dos sentidos y, abrir la pinza y cerrarla.

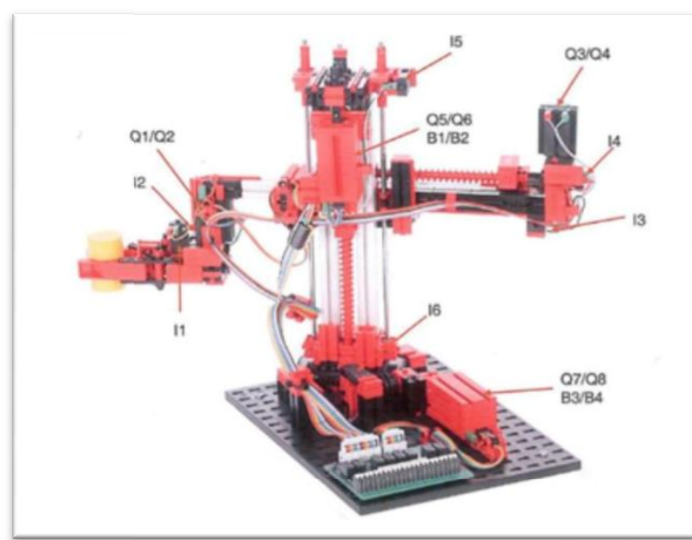


Figura 39. Maqueta del brazo robot

Sensores final de carrera

Funcionan con los mismos mecanismos y del mismo modo que lo hacen los sensores final de carrera en la otra maqueta.

En este caso la finalidad en la presente maqueta es la de detectar cuando uno de los movimientos han llegado a sus posiciones máximas para que se puedan controlar y no se salgan de las guías las piezas móviles.

Existe un sensor de este tipo para controlar el movimiento vertical justo en el zenit alcanzable por el mástil móvil horizontal. No obstante, este mismo mástil también tiene otro para que no se pase en su movimiento de avance.

Podemos observar dos sensores más en la maqueta, uno de ellos se encuentra integrado en la parte de pinza que realiza la función de asir las piezas y transportarlas a su destino correspondiente, este sensor se sitúa en posición idónea para informarnos de cuando la pinza está abierta hasta su límite, ya que si se sobrepasa se sale y hay problemas mecánicos (este problema es frecuente). Por otro lado tenemos el último sensor que se emplea para saber cuando la estructura forma un ángulo de cero grados con respecto al sistema de coordenadas establecido, haciendo también las veces de tope que impide que gire más.



Figura 40. Sensor final de carrera

Motores

Estos diminutos motores son los mismos que los usados para la maqueta, la diferencia reside en la función que llevan a cabo.

Como ya se ha dicho antes, se dispone de cuatro motores dispuestos en los sitios anteriormente comentados.

Los movimientos de los que dispone el brazo son producidos gracias a estos motores, con ellos se puede subir y bajar el mástil móvil horizontal que emula al brazo, moverlo hacia delante y hacia detrás en posición horizontal, girar el mástil principal haciendo que todo el conjunto de la estructura rote con respecto a su eje y, por último, un motor en la parte de la pinza que habilita el movimiento de apertura y cierre de la misma.

Estos movimientos no solo están debidos a los motores, sino que son producidos también gracias a los múltiples engranajes y juegos de piezas necesarias para trasladar el movimiento rotativo de los ejes del motor a movimientos rectilíneos en un punto lejano a los motores.

Como se puede apreciar en la figura 41:



Figura 41. Motor

Contadores de pulsos

Debido a la alta complejidad de poder controlar los movimientos del brazo se ha diseñado un programa que responde a impulsos de energía que se le mandan a los motores para saber en que posición se encuentran cada una de las partes importantes del brazo robot.

Esto se consigue gracias a la aplicación de pulsos de energía. Cada pulso de energía que se le manda al motor se asume que es el mismo que el siguiente y el anterior, así a grosso modo se puede deducir en que posición están.

Para llevar a cabo este difícil control, la maqueta dispone de contadores de pulsos que le dicen al programa la situación en tiempo real de los mástiles y la pinza de nuestro brazo robot.

Cabe decir también que este método hace que el nivel de sensibilidad que posee la máquina sea alto y por tanto para no inducir a errores provocados por ejemplo por la inercia cada vez que se realice un movimiento hay que volver a calibrar el brazo llevando a cero todas las variables.

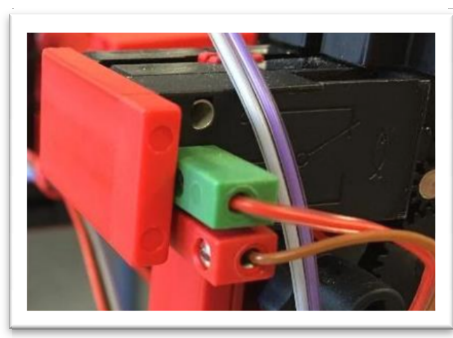


Figura 42. Contador de pulsos

4.3. Autómata programable PLC

Como definición se trata de un controlador lógico programable, o en inglés “Programmable Logic Controller” y si desglosamos su nombre entendemos que es un dispositivo capaz de ser programado por cualquier individuo que mediante un software con variables lógicas permite controlar procesos.

En lo que nos atañe el PLC usado nos permite controlar automáticamente un proceso de mecanizado industrial y su posterior clasificación.

Este mecanismo es el encargado de comunicar a través de cables el ordenador con el programa correspondiente y las maquetas objeto de automatización. También sería posible conectar más aparatos que se deseen controlar y gobernar.

Si indagamos más en profundidad sobre él la constitución de los PLC son sistemas microprocesadores que consisten en una CPU, un procesador, una memoria y la toma de alimentación.

Una de las aplicaciones que poseen algunas estaciones de PLC como la usada en este caso disponen de pequeños pilotos que mediante señales luminosas nos indican el estado de cada entrada y salida que está vinculada al PLC correspondiente para poder controlar las operaciones que se lleven a cabo.

El autómata programable empleado en el caso que nos atañe presenta las siguientes características mínimas que se le exigen a cualquier PLC:

- Tiene la función de intercambiar datos entre los elementos que hayan sido conectados a él.
- Es capaz de transformar el programa que le es asignado
- Mediante algoritmos internos puede recibir señales del proceso de cualquier tipo e interpretarlas.

También es recomendable usar este tipo de mecanismos gracias a su coste más reducido, menor espacio necesario para su uso, manejabilidad gracias al uso en el mismo de una lógica cableada y sencillez en su construcción, montaje y el número y material de las piezas empleadas.

En el caso de este TFG se ha empleado un solo autómata tipo PLC con procesador TSX 3722 para controlar a los dos procesos de mecanizado y su posterior clasificación. Esto se ha realizado así para que la comunicación entre ambos sea más sencilla a costa un poco de la velocidad del procesador ya que tiene que aguantar los dos programas al mismo tiempo.

La programación del autómata se ha llevado a cabo a partir de un programa que explicaremos seguidamente llamado PL7Micro.

A continuación se puede observar un ejemplo de autómeta programable tipo PLC:



Figura 43. PLC

4.4. Programa PL7Micro

PL7 es un software de programación desarrollado por la empresa Schneider Electric que dispone de los subprogramas PL7Micro y PL7Premium.

En concepción estos programas disponen de funciones preseleccionadas, reutilización de DFB, modificación en línea, animación de código y depuración de aplicaciones y datos entre las ventajas que presenta.



Figura 44. PL7Micro

Este programa permite una diversa variedad de funciones entre las que se encuentran entre las más útiles los diagramas de contacto y las estructuras tipo Grafcet. Todo esto lo veremos seguidamente de un modo más gráfico.

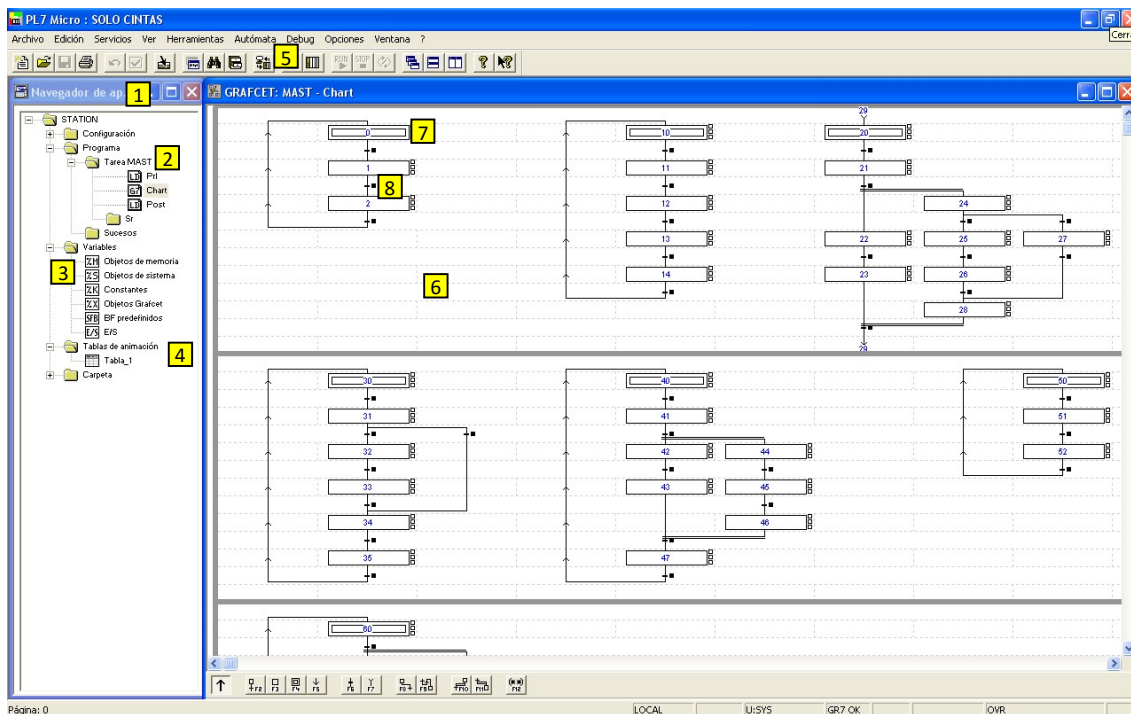


Figura 45. Captura PL7Micro (1)

Como se puede observar en la imagen el programa resulta muy funcional al tener un navegador de aplicaciones (1) donde podemos encontrar todas y cada una de las funciones principales de las que dispone el programa.

Empezando de arriba hacia abajo encontramos una opción que es la de cambiar la configuración. Dentro de esta pestaña se puede cambiar la configuración del hardware, del software y de los objetos de Grafcet.

Al comienzo de la programación tendremos que acceder a la opción de cambiar la configuración del hardware para asignarle al programa el PLC que vamos a utilizar a continuación, tal y como se puede apreciar en la figura 46, aplicándole a cada modulo su procesador y CPU que le corresponda.

En nuestro caso como ya se ha explicado con anterioridad el PLC utilizado es el TSX 3722 V2.0 para el correcto funcionamiento del programa

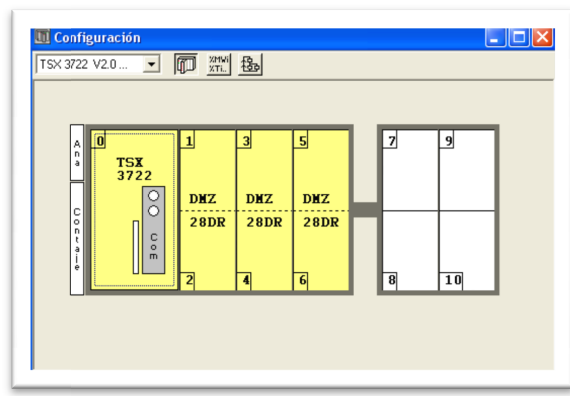
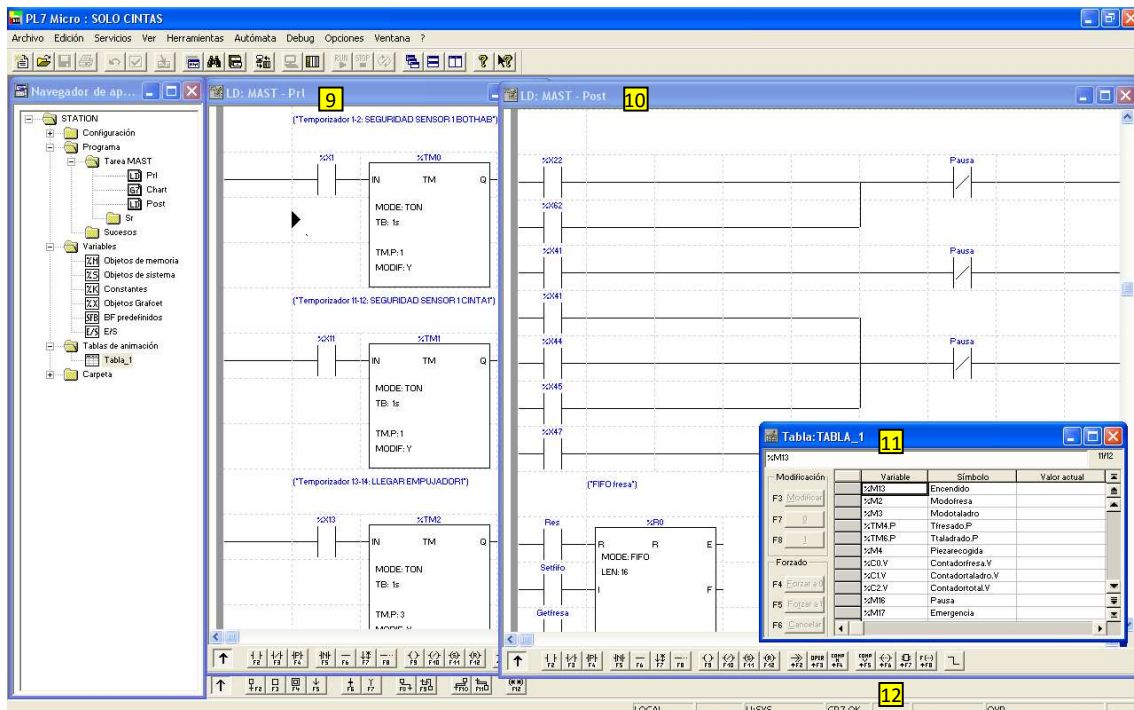


Figura 46. Configuración del PLC

Si continuamos observando la figura 45 de la pantalla del programa en la pestaña de navegación llegamos a otra que se llama Programa, dentro de la cual solo nos interesa la subpestaña Tarea Mast (2).

Tarea Mast es la pestaña principal del programa desde donde se accede a PrI, Chart y Post que son las herramientas más importantes y la esencia del programa, ya que recoge todo aquello que se necesita para programar.

En Chart (6) es donde se configuran, realizan y modulan todas las estructuras de graficets, tal y como se muestra en la figura 45. En ella se puede acceder directamente al diseño de las transiciones (8) con un simple doble click en ellas. También se puede apreciar el aspecto que poseen las diferentes etapas (7) dependiendo de si son iniciales o no. Este diagrama SFC busca asemejarse al máximo posible a los graficets, haciendo más sencillo su uso mediante contracciones tanto de etapas como del contenido de las transiciones.



Las siguientes con más importancia son las otras pestañas de Tarea Mast, ambas utilizan un lenguaje de diagramas de contactos LD, a diferencia de Chart.

En Pr1 (9) es donde se deben encontrar todas aquellas operaciones que se tienen que hacer previas a la ejecución del Grafcet, por eso y tal y como podemos apreciar en la figura correspondiente, en esta pestaña introduciremos todos aquellos bloques de funciones que incluyan un temporizador, o un forzado de etapas en nuestro caso.

En la última encontramos Post (10). Con esta herramienta deberemos diseñar todas aquellas funciones que puedan ser realizadas a posteriori, donde mediante los diagramas de contactos se deberá implementar las acciones que se activan en cada etapa del Grafcet y bloques de funciones como los FIFOs, los contadores... etc.

Pasando ya de la pestaña de Programa, llegamos a la siguiente en el navegador de aplicaciones: Variables (3).

Dentro de ésta encontramos los muy variados tipos de variables: Objetos de memoria, objetos de sistema, constantes, objetos de Grafcet, bloques de función predefinidos y entradas/salidas (E/S). De los cuales los objetos de sistema y constantes no han sido utilizados para la realización del presente TFG.

Ahora pasamos a explicar el resto de variables. Empezando por la más importante, las variables de entrada y salida, se tratan de las variables que están definidas por el fabricante de la máquina que se desee automatizar, ya que son los actuadores y sensores. En nuestro caso son aquellos que hemos definido con anterioridad en el apartado de descripción de las maquetas.

A parte de las importantes y obligatorias variables encontramos en primer lugar las de memoria, son todas aquellas que se han definido auxiliariamente para servir de apoyo al proceso y simplifican de una forma virtual la automatización. Generalmente también se suelen incluir las variables que necesitan los bloques de función. Este tipo de variables pueden ser de distintos tipos: BOOL (booleanas), BYTE (de 8 bits), WORD (palabras), DWORD, REAL.

Variable	Tipo	Símbolo	Comentario
%M0	EBOOL	Estadofresa	Guardado directamente en %R1.0
%M1	EBOOL	Estadotal	Guardado directamente en %R1.0
%M2	EBOOL	Modofresa	
%M3	EBOOL	Modotaladro	
%M4	EBOOL	Piezareogida	
%M5	EBOOL		
%M6	EBOOL	Res	
%M7	EBOOL	Setfilio	
%M8	EBOOL	Getfresa	
%M9	EBOOL	Gettal	
%M10	EBOOL	Actoconfresa	
%M11	EBOOL	Actocontal	
%M12	EBOOL	Actocont	
%M13	EBOOL	Encendido	
%M14	EBOOL	Getfresa	
%M15	EBOOL	Gettal	
%M16	EBOOL	Pausa	
%M17	EBOOL	Emergencia	
%M18	EBOOL	Emeractiva	
%M19	EBOOL		
%M20	EBOOL		

Figura 47. Variables de memoria

Seguidamente observamos las variables de objetos del Grafcet. En este tipo de variables es donde se encuentran las referencias a etapas que se puedan hacer en las transiciones, es decir, cuando para que pase de una etapa a otra es necesario que otra de otro Grafcet este activa o no.

Y por ultimo encontramos las de los diferentes tipos de bloques de funciones. Los bloques de funciones deben ser también declarados y según el tipo hay que definir las variables auxiliares que se precisen. Entre los bloques que pertenecen a estas variables están los temporizadores, los contadores y los LIFO/FIFO.

En el caso de los temporizadores hay que definir el tiempo establecido, y a partir de cuándo empieza a contarse ese tiempo. Para los contadores solo es necesario establecer el máximo de unidades que se pueden llegara a contar. Y para LIFO/FIFO lo único es señalar de que tipo de trata.

La última función que usaremos del navegador de aplicaciones es la pestaña de tablas de animación (4). Éstas permiten al usuario visualizar el estado de las diferentes variables e incluso modificar el valor de algunas que actúan como entradas, tal y como se puede observar en la figura de la pantalla del programa (11). También da la opción de realizar forzados de variables manualmente.

Terminada ya la parte de funciones que nos ofrece el programa a partir de la ventana de navegación pasamos a explicar cómo se transfiere toda esta información al PLC para que posteriormente este se la pase a la máquina que se desea automatizar.

Para transferir el programa al PLC lo que hay que hacer es irse a la barra de herramientas y buscar el comando de conectar, una vez conectado le damos a otro que pone transferir (5). Esta operación puede durar un rato, pero cuando está listo para ser usado en la parte inferior de la pantalla (12) aparecerá el estado de la transferencia de datos, cuando este generado y conectado estará listo para comenzar el proceso. Después de conectar todo correctamente, también en la barra de herramientas podremos controlar el trascurso del proceso mediante los comandos de RUN y STOP que inician y detienen el proceso respectivamente.

MEMORIA TÉCNICA

En la presente área que comienza en este punto se detallará con más profundidad la solución al problema o necesidad ya planteado en los puntos precedentes.

Se trata de encontrar una forma con la que se puedan realizar los procesos de mecanizado industriales de fresado y/o taladrado, que antes se hacían de forma manual, pero ahora el avance de la tecnología y la demanda nos obliga a automatizar.

La automatización de esta actividad conlleva diferentes aspectos a tener en cuenta. El proceso abarca desde la introducción de la materia prima en una máquina de mecanizado hasta la clasificación del producto según el proceso al que haya sido sometido.

En primer lugar, una primera máquina se encarga de mecanizar la pieza según la elección del usuario. Posteriormente otra máquina distinta debe clasificar esta misma pieza también según esa misma elección del usuario.

Por tanto, el trabajo realizado se podría dividir en cuatro partes:

- *Automatización de la línea indexada de mecanizado*
Se trata de programar dicho proceso para conseguir la perfecta interpretación de los deseos del usuario a la hora de mecanizar la pieza.
- *Automatización del brazo robot*
Se trata de programar dicho proceso para conseguir la perfecta interpretación de los deseos del usuario a la hora de clasificar la pieza.
- *Comunicación entre ambos*
Para el correcto funcionamiento de los dos procesos anteriores es necesario que se comuniquen entre ellos intercambiándose los valores de las variables que comparten ambos.
- *Visualización y control del proceso*
Este punto es quizás el más importante, ya que trata de darle las herramientas precisas al usuario para que él, que es al fin y al cabo el cliente de este proyecto, pueda controlar y visualizar el proceso de forma automática mediante comandos sin necesidad de estar presente en el lugar de trabajo. A este punto lo llamaremos el Manual del usuario.

1. Automatización de la línea indexada de mecanizado

Antes de comenzar a hablar sobre la automatización del proceso es necesario definir las variables que le afectan, tanto las entradas y salidas como las variables auxiliares precisas para el correcto funcionamiento y comunicación de todos los procesos que deban actuar.

Entrada		Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
I1	Final de carrera frontal del empujador 1	finalfrontal1	%I5.1	BOOL
I2	Final de carrera trasera del empujador 1	finaltrasera1	%I5.2	BOOL
I3	Final de carrera frontal del empujador 2	finalfrontal2	%I5.3	BOOL
I4	Final de carrera trasera del empujador 2	finaltrasera2	%I5.4	BOOL
I5	Fototransistor empujador 1	foto2	%I5.5	BOOL
I6	Fototransistor fresadora	foto3	%I5.6	BOOL
I7	Fototransistor estación de carga	foto1	%I5.7	BOOL
I8	Fototransistor taladradora	foto4	%I5.8	BOOL
I9	Fototransistor cinta transportadora salida	foto5	%I5.9	BOOL

Salida		Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Q1	Motor empujador 1 hacia delante	Empalante1	%Q6.1	BOOL
Q2	Motor empujador 1 hacia atrás	Empatras1	%Q6.2	BOOL
Q3	Motor empujador 2 hacia delante	Empalante2	%Q6.3	BOOL
Q4	Motor empujador 2 hacia atrás	Empatras2	%Q6.4	BOOL
Q5	Motor cinta transportadora de alimentación	Cinta1	%Q6.5	BOOL
Q6	Motor cinta transportadora fresadora	Cinta2	%Q6.6	BOOL
Q7	Motor fresadora	Fresa	%Q6.7	BOOL
Q8	Motor cinta transportadora taladradora	Cinta3	%Q6.8	BOOL
Q9	Motor taladradora	Taladra	%Q6.9	BOOL
Q10	Motor cinta transportadora salida	Cinta4	%Q6.10	BOOL

Estas variables de entrada y salidas vienen definidas por el fabricante de la máquina que permite la automatización según los elementos que haya deseado añadir a los controlables.

Se puede apreciar que todos ellos son de tipo booleano, esto es debido a que todas estas entradas y salidas no admiten otros valores que no sean 0 o 1, por tanto o están activados o desactivados. Es por esta razón un ejemplo de que necesitamos variables auxiliares para definir los tiempos de mecanizado, que son variables enteras por ejemplo.

Dentro de las variables auxiliares definidas se encuentran las de memoria, las de Grafcet y las de bloques de función predeterminados.

Las variables de Grafcet hacen referencia únicamente a etapas del Grafcet, así que no las mostraremos en forma de tablas.

Variabes de memoria	Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Indicador de fresar la pieza actual	Modofresa	%M2	BOOL
Indicador de taladrar la pieza actual	Modotaladro	%M3	BOOL
Señal de que la pieza se ha recogido	Piezarecogida	%M4	BOOL
Reset de los bloques de función	Res	%M6	BOOL
Acción Set de los FIFOs	Setfifo	%M7	BOOL
Acción Get del FIFO de fresar	Getfresa	%M8	BOOL
Acción Get del FIFO de taladrar	Gettal	%M9	BOOL
Activa el contador de piezas fresadas	Actcontfresa	%M10	BOOL
Activa el contador de piezas taladradas	Actconttal	%M11	BOOL
Activa el contador de piezas totales	Actcont	%M12	BOOL
Señal que enciende la producción	Encendido	%M13	BOOL
Acción Get del FIFO de tiempo de fresar	Gettfresa	%M14	BOOL
Acción Get del FIFO tiempo taladrado	Getttal	%M15	BOOL
Señal que pausa el proceso	Pausa	%M16	BOOL
Señal que activa la emergencia	Emergencia	%M17	BOOL
Señal de que esta activa la emergencia	Emeractiva	%M18	BOOL

Variables de bloque de función predet.	Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Temporizador de seguridad encendido	-	%TM0	TM
Temporizador seguridad para foto1	-	%TM1	TM
Temporizador para llegar a empujador1	-	%TM2	TM
Temporizador posición bajo fresa	-	%TM3	TM
Temporizador tiempo de fresado	Tfresado	%TM4	TM
Temporizador posición bajo taladro	-	%TM5	TM
Temporizador tiempo de taladrado	Ttaladrado	%TM6	TM
Temporizador para llegar a empujador2	-	%TM7	TM
Temporizador posición de recogida	-	%TM8	TM
Contador de piezas fresadas	Contadorfresa	%C0	C
Contador de piezas taladradas	Contadortaladro	%C1	C
Contador de piezas totales	Contadortotal	%C2	C
Encolado para piezas fresadas	Fifofresa	%R0	R
Encolado para piezas taladradas	Fifotaladro	%R1	R
Encolado para tiempo de fresado	Fifotiempofresa	%R2	R
Encolado para tiempo de taladrado	fifotiempotaladro	%R3	R

El significado de cada una de estas variables auxiliares se entenderán mejor una vez se explique con detenimiento el funcionamiento del programa asociado al proceso.

Para describir la automatización del proceso empezaremos por el principio. La pieza o materia prima se deposita en la estación de alimentación donde se encuentra el primer sensor fototransistor (foto1).

Para evitar posibles accidentes se ha programado que la primera cinta no arranque hasta que pase 1 segundo desde que la pieza ha sido detectada por el sensor (TM1). Cuando esto ocurre los bloques de encolado FIFO leen el deseo del usuario con respecto a su tratamiento y lo guardan en variables que luego empleará (Setfif0).

Hay que tener en cuenta que la máquina posee un fallo de estructura, ya que este primer sensor se encuentra en el límite de detección de la luz de la bombilla debido a su lejanía. Es por ello que hay veces que la cinta se activa gracias a la errónea interpretación de que hay algo que impide que le arribe la luz y, por tanto, algo que mecanizar, cuando no existe nada entre el sensor y la bombilla.

Una vez arranca la cinta (Cinta1) con la pieza en ella esta activa hasta que pasa por el siguiente fototransistor (foto2), después mediante un temporizador (TM2) espera 3 segundos más con la cinta encendida con el fin de que la pieza no se quede parada en la posición del sensor sino en el lugar en el que puede ser dirigido hacia la segunda cinta por el primer empujador.

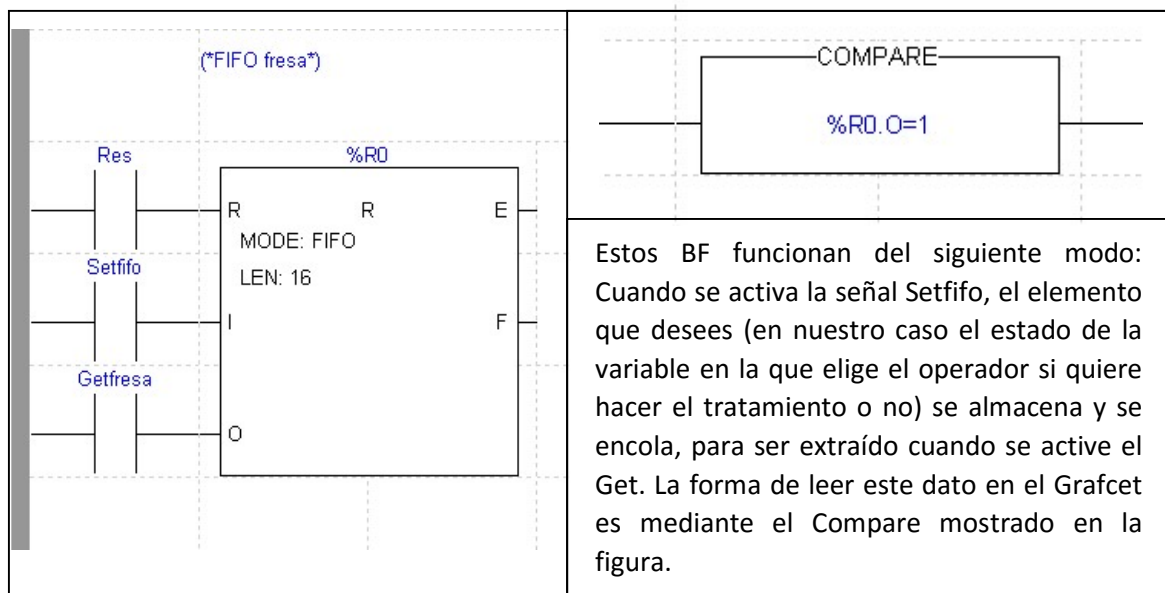
Todo el proceso de automatización que se ha explicado hasta aquí está programado en un mismo Grafcet y a partir de aquí comienza otro distinto. Aunque todos pertenecen al Grafcet de funcionamiento principal.

Se ha programado en varios Grafcets para que exista la posibilidad de estar operando varias piezas al mismo tiempo sin que se entorpezcan entre sí.

El Grafcet descrito es el encargado de controlar exclusivamente la primera cinta y podemos encontrarlo en el anexo al final del documento, ahora pasamos a detallar el funcionamiento del conjunto de la segunda cinta, el primer empujador y la fresadora.

El siguiente Grafcet es el responsable de dirigir a la pieza desde el lugar del empujador hasta la tercera cinta. Para ello es necesario que la pieza haya sido llevada hasta ahí, y el programa lo sabe porque en la primera transición tiene asignado que hasta que no acabe el Grafcet anterior no puede arrancar éste, por medio de una variable de objeto de Grafcet que hace referencia a la última etapa del anterior (X14).

Una vez arranca este Grafcet el empujador lleva la pieza a la segunda cinta (Cinta2) y mientras recorre el camino de vuelta a su posición inicial la pieza sigue dirigiéndose por la cinta hacia la estación de fresado, donde el sistema lee el bloque de función de encolado que activa la señal de modofresa o no y realiza una operación u otra mediante una divergencia en OR.



Si no está activada la señal la pieza continuara sin detenerse hacia la siguiente cinta a la espera del cumplimiento de las transiciones, si esta activada se detendrá bajo el puesto de fresado y se verá sometido al tratamiento de fresado (Fresa) el tiempo que estime el usuario (este punto se explicara más claramente en los puntos posteriores).

Antes de pasar a la siguiente cinta hay que asegurarse de que ninguna pieza esta siendo procesada en ese mismo momento. Para ello se ha programado en todas las últimas transiciones de cada Grafctet que no pueda reiniciarse el Grafctet hasta que el siguiente no haya llegado a su fin.

Cuando pasamos a la tercera cinta (Cinta3) que realiza una operación parecida a la anterior: la cinta avanza hasta detenerse bajo de la estación de taladrado o continua hasta el final dependiendo del estado de la función modotaladro, que se lee igual que la anterior por medio del BF FIFO correspondiente. Todo esto se puede ver con más claridad en los grafkets del anexo.

El tiempo que se ve sometida la pieza a este tratamiento también dependerá de la elección del usuario. Estos tiempos de tratamiento también se rigen por BF FIFO, por lo tanto el usuario elige los tiempos nada más depositar la pieza en la estación de alimentación.

Sea como sea, la cinta lleva a la pieza ya completamente tratada hasta el segundo empujador que lo redirigirá. La cinta se detendrá 3 segundos después de pasar la pieza por el sensor localizado justo a la altura del centro de taladrado, realizado gracias a un temporizador (TM7).

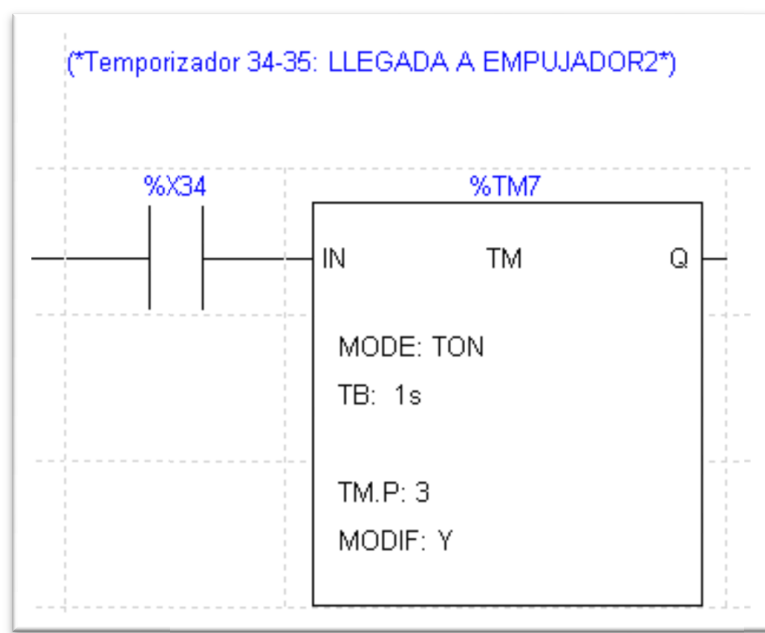


Figura 48. Ejemplo de temporizador

Después de pasar a la posición del segundo empujador comenzamos el último Grafcet de la línea indexada de mecanizado. Cuando detecta que la pieza ya ha sido depositada el empujador actúa dirigiendo a la pieza hacia la última cinta (Cinta4) que la transportará a la estación de retirada.

Gracias a una divergencia en AND mientras el empujador vuelve a su estado original, la pieza sigue avanzando hacia la estación. Para asegurarnos de que se detiene en el sitio específico se deja activa la cinta después de pasar por el último fototransistor (foto5) durante 2 segundos más mediante otro temporizador.

Aquí permanecerá la pieza hasta que el brazo robot le comunique a este Grafcet que la pieza ha sido retirada (X96) y se pueda continuar con el uso del último empujador y la cuarta cinta.

2. Automatización del brazo robot

Como ya se ha comentado, la finalidad de este brazo robot es clasificar la pieza según el tratamiento al que haya sido sometida.

Pero antes conozcamos las variables que actúan en el proceso

Entrada	Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Final de carrera de la pinza	Finalpinza	%I3.0	BOOL
Pulsos de la pinza	Ppinza	%I3.1	BOOL
Final de carrera mástil horizontal	Finalhoriz	%I3.2	BOOL
Pulsos del mástil horizontal	Phoriz	%I3.3	BOOL
Final de carrera mástil vertical	Finalvert	%I3.4	BOOL
Final de carrera del giro	Finalgiro	%I3.5	BOOL
Sentido de movimiento vertical	Sentvert	%I3.6	BOOL
Pulsos del mástil vertical	Pvert	%I3.7	BOOL
Sentido de giro	Sentgiro	%I3.8	BOOL
Pulsos de giro	Pgiro	%I3.9	BOOL

Puesta en marcha y automatización de una línea indexada con dos unidades de mecanizado
FischerTechnik

Salida	Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Motor que abre la pinza	Pinzaabre	%I4.0	BOOL
Motor que cierra la pinza	Pinzacierra	%I4.1	BOOL
Motor del mástil horizontal hacia delante	Horizalante	%I4.2	BOOL
Motor del mástil horizontal hacia detrás	Horizatras	%I4.3	BOOL
Motor del mástil vertical hacia arriba	Vertarriba	%I4.4	BOOL
Motor del mástil vertical hacia abajo	Vertabajo	%I4.5	BOOL
Motor del movimiento de giro horario	Girohor	%I4.6	BOOL
Motor del movimiento de giro antihorario	Giroanti	%I4.7	BOOL

Variables de memoria	Símbolo en el programa	Dirección TSX	Tipo
Indicador de fresar la pieza actual	Modofresa	%M20	BOOL
Indicador de taladrar la pieza actual	Modotaladro	%M21	BOOL
Señal de que la pieza se ha recogido	Piezarecogida	%M4	BOOL
Acción Get del FIFO de fresar	Getbrafresa	%M22	BOOL
Acción Get del FIFO de taladrar	Getbratal	%M23	BOOL
Activa el contador de piezas fresadas	Actconfresa	%M10	BOOL
Activa el contador de piezas taladradas	Actconttal	%M11	BOOL
Activa el contador de piezas totales	Actcont	%M12	BOOL
Señal que enciende la producción	Encendido	%M13	BOOL
Señal que pausa el proceso	Pausa	%M16	BOOL
Señal que activa la emergencia	Emergencia	%M17	BOOL
Señal de que esta activa la emergencia	Emeractiva	%M18	BOOL
Activa el contador de pulsos de pinza	Actcontpinza	%M24	BOOL
Activa el contador de pulsos horizontal	Actconthoriz	%M25	BOOL
Activa el contador de pulsos verticales	Actcontvert	%M26	BOOL
Activa el contador de pulsos de giro	actcontgiro	%M27	BOOL

VARIABLES DE BLOQUE DE FUNCIÓN PREDET.	SÍMBOLO EN EL PROGRAMA	DIRECCIÓN TSX	TIPO
Contador de piezas fresadas	Contadorfresa	%C0	C
Contador de piezas taladradas	Contadortaladro	%C1	C
Contador de piezas totales	Contadortotal	%C2	C
Contador de pulsos verticales	Contadorvert	%C3	C
Contador de pulsos horizontales	Contadorhoriz	%C4	C
Contador de pulsos de giro	Contadorgiro	%C5	C
Contador de pulsos de la pinza	Contadorpinza	%C6	C
Encolado para piezas fresadas	Fifobrafresa	%R4	R
Encolado para piezas taladradas	Fifobrataladro	%R5	R

Antes de empezar a desglosar el funcionamiento del brazo hay que decir que hay que hacer un duro trabajo previo de calibración del brazo debido a su complicidad funcional.

Como ya hemos comentado en el marco teórico, los motores del brazo robot funcionan mediante pulsos eléctricos, esto conlleva una serie de complicaciones que se han resultado del siguiente modo:

Previo a la utilización del brazo para su fin se ha empleado un programa ya hecho para ajustar las posiciones triviales de cada grado de libertad o, dicho de otra forma, para calibrarlo.

Dicho programa permite mandar pulsos uno a uno al brazo para moverlo y además posee contadores que permiten visualizar cuantos pulsos llevamos acumulados.

Esta calibración consiste en hacer coincidir el número de pulsos a cero justo cuando se activen los sensores final de carrera, para así tener una referencia cada vez que busquemos alguna posición del brazo.

Al ser de una calidad media el brazo y dado el grado de brusquedad con el que se detiene el brazo cuando alcanza su objetivo, la fuerza de la inercia influye considerablemente descalibrando la máquina y estando en una posición no relacionada a los pulsos que lleva. Este error si no se solventa seguirá aumentando exponencialmente hasta que obtengamos un resultado nulo.

La forma de arreglar este problema es llevando hasta la posición inicial el brazo que lleve todas sus variables a cero, es decir a los sensores final de carrea, esta operación deberíamos repetirla con cuanta más asiduidad mejor. Por eso la haremos cada vez que termine de clasificar una pieza.

Emplearemos los contadores de pulsos para definir las posiciones del brazo durante todo el proceso de clasificación de la pieza tratada.

Todavía nos falta un pequeño apunte antes de abordar la automatización del proceso de clasificación y es la definición de las ubicaciones exactas a donde deberá acudir el brazo en todas y cada una de sus posibilidades.

Para ello colocamos cada una de las máquinas en las posiciones que adoptaran mientras estén en funcionamiento. Una vez las tenemos así solo queda definir las ubicaciones mediante el programa de pulsos.

Primero determinamos la posición de recogida de la pieza, la cual se encuentra en nuestro caso a 35 pulsos de giro, 36 pulsos horizontales y 37 pulsos verticales. La pieza que hemos utilizado necesita 11 pulsos de pinza para ser perfectamente cogida sin quemar el motor.

Después es hora de definir las estaciones de descarga, que encontraremos 4 distintas por las cuatro posibilidades que tenemos:

- I. La pieza ha sido fresada y taladrada: CG=6, CH=0 (finalhoriz) y CV=66
- II. La pieza ha sido solo fresada: CG=19, CH=24 y CV=52
- III. La pieza ha sido solo taladrada: CG=11, CH=52 y CV=25
- IV. Por fallo o voluntad del usuario no se le ha dado ningún tratamiento a la pieza: CG=0 (finalgiro), CH=69, CV=0 (finalvert)

Una vez sabemos dónde debe acudir el brazo pasamos a automatizar el proceso.

Como hemos dicho antes, el brazo comienza calibrándose llevando todos sus contadores (CG, CH, CV, CP) a cero.

Seguidamente se queda esperando a que la otra maqueta le comunique que la pieza está lista para ser recogida mediante una variable de Grafcet que hace referencia a la última etapa del último Grafcet de la línea indexada de mecanizado (X46).

A continuación el brazo acude a la posición de recogida de la pieza antes detallada y la alza lista para llevarla a su destino. El destino que tiene ha sido definido al principio de todos los procesos cuando se ha hecho el encolado de las opciones mediante los FIFOs y se extrae ahora que se necesita.

Aquí existen las cuatro posibilidades descritas con anterioridad por lo que dependiendo de cuál de las cuatro se trate el brazo robot acudirá ahí y la depositara abriendo la pinza hasta su final de carrera.

También se ha dispuesto un contador de cada tipo de pieza para llevar la cuenta de la producción de la empresa. Hay un contador de piezas fresadas otro de piezas taladradas y otro contador que lleva la cuenta del total de piezas que han sido tratadas.

Posterior mente el brazo se alza y vuelve a su etapa inicial donde primero se calibra y permanece a la espera de la siguiente pieza.

3. Comunicación entre ambos procesos

La razón principal por la que se ha automatizado todo el proceso con el mismo autómeta siendo dos las máquinas a automatizar es la simplicidad con la que la comunicación se vería resuelta.

Prescindiendo de servidores externos que conllevan con ellos tarifas exageradas de licencia conseguimos bajar el presupuesto a costa de la velocidad de procesado apenas perceptible si no tenemos delante un ordenador que nos diga las velocidades exactas.

La comunicación entre ambos procesos se lleva a cabo a partir de compartir variables auxiliares que son del uso común para ambos.

Tales como: piezarecogida, la variable de objeto de Grafcet que nos indica que la pieza esta lista para ser recogida y todos los comandos necesarios para la activación de los bloques de función predeterminados FIFO.

4. Paradas de pausa y emergencia

Este punto está altamente relacionado con el siguiente del manual del usuario ya que se describen dos funciones de las más útiles para un posible cliente.

La motivación de incluir estas paradas en nuestra automatización es la de evitar escenarios desagradables y si se producen detenerlos a tiempo para que no se agraven. Todo esto se podrá hacer con un simple click.

En primer lugar explicaremos la parada de pausa.

La parada de pausa ha sido diseñada con el fin de detener el proceso siempre que se haya producido un incidente leve en la planta de procesado. Pues este tipo de parada, tal y como se puede deducir por su nombre, representa una parada puntual en la producción ya que al quitar la alarma de pausa, todos los procesos continuarán por donde se habían quedado.

Esta herramienta será útil para situaciones de emergencia leve, como por ejemplo que se haya introducido un material no deseado en la zona de producción o se haya volcado alguna pieza que se deseaba tratar, no sería necesario desecharla.

El modo con el que se ha conseguido automatizar esta herramienta es intercalando en las acciones de cada etapa la condición de que la parada de pausa este desactivada y añadiendo a las transiciones también la condición de que la señal de la parada de pausa este desactivada, con contactos de lógica negada



Figura 49. Transición con pausa

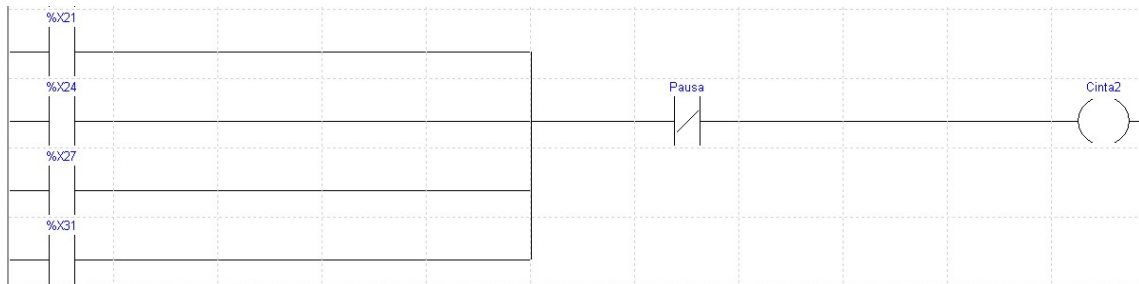


Figura 50. Acciones condicionadas a que pausa este desactivado

El otro tipo de parada es la de emergencia.

En esta clase de parada buscamos una detención del proceso más radical por los posibles incidentes que puedan pasar. Y sean porque esté en peligro la salud de alguna persona, el correcto funcionamiento del proceso o porque se vaya a comprometer el correcto estado en el que deben operar las máquinas que se empleen.

Al ser una parada más integral se busca que cuando haya desaparecido la emergencia todos los procesos que estaban en marcha se cancelen, removiendo todas las piezas tratadas en ese momento, y vuelvan todos los actuadores a su estado inicial a la espera de que se vuelva a iniciar otro proceso al entrar otra nueva pieza por la estación de alimentación.

Cuando se activa la señal de emergencia se detienen instantáneamente todos los procesos, después es tiempo de resolver el problema que lo haya ocasionado y al quitar la emergencia comienza la restauración del proceso.

Esto se consigue forzando a las etapas iniciales cuando se detecte que la señal de emergencia es desactivada y a continuación se devuelven los actuadores a su etapa inicial.

La vuelta a su posición original se lleva a cabo a partir de otro Grafcet que comienza cuando se llega a la etapa correspondiente del Grafcet de emergencia. En este nuevo Grafcet, mediante una divergencia en AND se devuelven todos los actuadores a su estado inicial.

Toda esta programación se puede apreciar en los Grafcets de los anexos que se encuentran al final del presente documento.

5. MANUAL DEL USUARIO

En este apartado se encontrará toda la información que el usuario del producto necesitará saber para el correcto uso y control de la automatización diseñada.

En primer lugar se explica las diferentes funciones de las que consta el sistema desde el punto de vista del usuario.

El programa que se ha diseñado pensando en todas las necesidades que pueden surgir a la hora de querer controlar un proceso como el explicado a lo largo de todo el documento de memoria.

En la figura 49 se representa la tabla que podrá observar el usuario para controlar el proceso. Mediante los botones de la parte izquierda se podrán ejecutar los comandos para modificar los valores e incluso para forzar las variables mostradas al valor que más guste. Y en la casilla de Valor actual se puede modificar manualmente y visualizar el estado de las variables.

Las funciones principales son las siguientes:

Botón de encendido

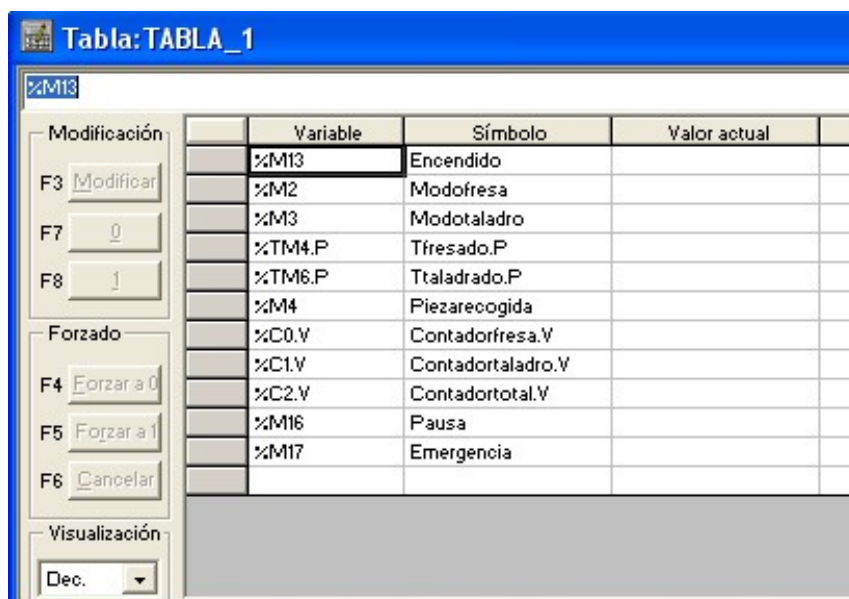
Este indispensable comando da paso al arranque de todo el proceso

Modofresa

Mediante esta herramienta se seleccionará si la pieza introducida debe o no ser fresada. La opción hay que dársela antes de introducir la pieza, pues el programa lee este dato cuando lo detecta el primer sensor

Modotaladro

Mediante esta herramienta se seleccionará si la pieza introducida debe o no ser taladrada. La opción hay que dársela antes de introducir la pieza, pues el programa lee este dato cuando lo detecta el primer sensor



	Variable	Símbolo	Valor actual
	%M13	Encendido	
	%M2	Modofresa	
	%M3	Modotaladro	
	%TM4.P	Tfresado.P	
	%TM6.P	Ttaladrado.P	
	%M4	Piezarecogida	
	%C0.V	Contadorfresa.V	
	%C1.V	Contadortaladro.V	
	%C2.V	Contadortotal.V	
	%M16	Pausa	
	%M17	Emergencia	

Tfresado.P

Este comando es el encargado de determinar cuánto tiempo se desea fresar la pieza, en segundos. La cantidad hay que dársela antes de introducir la pieza, pues el programa lee este dato cuando lo detecta el primer sensor

Ttaladrado.P

Este comando es el encargado de determinar cuánto tiempo se desea taladrar la pieza, en segundos. La cantidad hay que dársela antes de introducir la pieza, pues el programa lee este dato cuando lo detecta el primer sensor

Piezarecogida

Esta señal solo sirve para visualizar y saber a tiempo real en qué momento la pieza ha sido retirada de la estación de descarga de las cintas transportadoras por el brazo robot

Contadores de fresa, taladro y total

Cada una de estas herramientas es de visualización también y sirven para llevar la cuenta de la producción de cada uno de los tipos de procedimiento y el total de piezas también.

Pausa

Este botón sirve para pausar la producción por si se ha producido un incidente leve

Emergencia

El comando de emergencia sirve para parar el proceso y reiniciarlo por completo una vez se ha desactivado la emergencia. Es muy útil para situaciones de riesgo

Por último, otra función que no se refleja en la tabla de animación, la cual nos permite controlar el proceso, es la siguiente:

Opción multitarea

Esta opción es muy interesante debido a que la estructura de la programación permite la existencia de varias piezas procesándose simultáneamente en distintas fases del proceso. Pudiéndose llegar a un máximo de 5 piezas siendo tratadas al mismo tiempo

BIBLIOGRAFÍA

- *Automática industrial y control*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Ángel M. Cuenca, Julián J. Salt.
- Wikipedia, «Wikipedia. Ingeniería en automatización y control industrial» (Online). https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_en_automatizaci%C3%B3n_y_control_industrial
- *Autómatas programables. Entorno y aplicaciones*. Enrique Mandado, Jorge Marcos, Celso Fernández.
- *Ingeniería de la automatización industrial*. Ramón Piedrafita Moreno.
- *Sistemas de control automático*. 7ª Edición. Benjamin C. Kuo.
- *Autómatas programables*. Josep Balcells, Jose Luis Romeral.
- Catálogo comercial de FischerTechnik.
- Apuntes de la asignatura de Laboratorio de automatización y control.
- Apuntes de la asignatura de Tecnología Automática.
- Apuntes de la asignatura de Sistemas de Producción y Fabricación.
- «Evolución de la automatización industrial» (Online) <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Evolucion-de-la-automatizacion-industrial+98784>
- «Mecanizado» (Online) http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-01_09-19-24108306.pdf
- H, Rognitz – Máquinas – *Herramientas para el trabajado de materiales con arranque de viruta*. Ed. Labor
- «Evolución del mecanizado» (Online) <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>
- «Información de FischerTechnik» (Online) <http://www.fischertechnik.de/en/Home.aspx>

- «Fototransistores» (Online) <https://es.wikipedia.org/wiki/Fototransistor>
- «Página web de Schneider Electric, programa PL7 Micro» (Online)
<http://www.schneider-electric.es/es/product-range/544-pl7/>

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

Cuadro de precios por servicio y material	74
Cuadro de precios descompuestos	75
Cuadro de precios unitarios	78
PRESUPUESTO FINAL	79

En el presente apartado de los documentos de proyecto se pasa a describir en resumen y detalladamente los costes que lleva consigo la realización del trabajo.

El TFG, como ya se ha mencionado en distintas partes de la memoria, trata de la puesta en marcha y automatización de un proceso industrial, es decir, la parte que compete al desarrollo principal del software de automatización y control del mismo.

No se verán reflejados costes asociados a instalación de material industrial como maquinarias.

❖ CUADRO DE PRECIOS POR SERVICIO Y MATERIAL

Descripción del servicio de mano de obra	Precio (€/h)
Ingeniero Titulado en Tecnologías Industriales	22
Técnico de laboratorio	14.5
Supervisor	20

Descripción del material	Precio (€/h)
Licencia del programa PL7 Micro	3.68
Ordenador	2.66
Maqueta de 4 cintas	2.12
Maqueta del brazo robot	3.04
PLC TSX 3722	4.09

❖ CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Unidad de Obra 1

Descripción de la unidad de obra	Unidad	Rendimiento	Precio (€/h)	Importe (€)
<i>Diseño de la automatización del PLC a partir del programa PL7 Micro (incluye estructuras Grafsets programadas, comunicación entre máquinas y con el usuario)</i>				
Ingeniero Titulado en Tecnologías Industriales	h	139	22	3058
Supervisor	h	4	20	80
Técnico de laboratorio	h	1	14.5	14.5
Licencia PL7 Micro	h	139	3.68	511.52
Ordenador	h	139	2.66	369.74
Maqueta de 4 cintas	h	139	2.12	294.68
Maqueta del brazo robot	h	139	3.04	422.56
PLC TSX 3722	h	139	4.09	568.51
Costes directos				5319.51
Costes indirectos complementarios (2% directos)				106.39
COSTE TOTAL				5425.9

Puesta en marcha y automatización de una línea indexada con dos unidades de mecanizado
FischerTechnik

Unidad de Obra 2

Descripción de la unidad de obra	Unidad	Rendimiento	Precio (€/h)	Importe (€)
<i>Pruebas de calibración de la maqueta de cuatro cintas (incluye la realización de los ajustes convenientes para el perfecto funcionamiento mecánico y automático)</i>				
Ingeniero Titulado en Tecnologías Industriales	h	6	22	132
Supervisor	h	0.5	20	10
Técnico de laboratorio	h	0.25	14.5	3.63
Licencia PL7 Micro	h	6	3.68	22.08
Ordenador	h	6	2.66	15.96
Maqueta de 4 cintas	h	6	2.12	12.72
PLC TSX 3722	h	6	4.09	24.54
Costes directos				220.93
Costes indirectos complementarios (2% directos)				4.42
COSTE TOTAL				225.35

Puesta en marcha y automatización de una línea indexada con dos unidades de mecanizado
FischerTechnik

Unidad de Obra 3

Descripción de la unidad de obra	Unidad	Rendimiento	Precio (€/h)	Importe (€)
<i>Pruebas de calibración de la maqueta del brazo robot (incluye la realización de los ajustes convenientes para el perfecto funcionamiento mecánico y automático, además de la definición con claridad de las posiciones que debe adoptar el brazo)</i>				
Ingeniero Titulado en Tecnologías Industriales	h	8	22	176
Supervisor	h	0.75	20	15
Técnico de laboratorio	h	0.5	14.5	7.25
Licencia PL7 Micro	h	8	3.68	29.44
Ordenador	h	8	2.66	21.28
Maqueta del brazo robot	h	8	3.04	24.32
PLC TSX 3722	h	8	4.09	32.72
Costes directos				306.01
Costes indirectos complementarios (2% directos)				6.12
COSTE TOTAL				312.13

Unidad de Obra 4

Descripción de la unidad de obra	Unidad	Rendimiento	Precio (€/h)	Importe (€)
<i>Redacción completa de los documentos (incluye memoria descriptiva, presupuesto y anexos)</i>				
Ingeniero Titulado en Tecnologías Industriales	h	60	22	1320
Supervisor	h	2	20	40
Ordenador	h	60	2.66	159.6
Costes directos				1519.6
Costes indirectos complementarios (2% directos)				30.4
COSTE TOTAL				1550

❖ **CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS**

Descripción de la unidad de obra	Precio (€)
U.O.1 Diseño de la automatización del PLC a partir del programa PL7 Micro	5425.9
U.O.2 Pruebas de calibración de la maqueta de cuatro cintas	225.35
U.O.3 Pruebas de calibración de la maqueta del brazo robot	312.13
U.O.4 Redacción completa de los documentos	1550

❖ PRESUPUESTO FINAL

Descripción de la unidad de obra	Cantidad	Importe (€)
Diseño de la automatización del PLC a partir del programa PL7 Micro	1	5425.9
Pruebas de calibración de la maqueta de cuatro cintas	1	225.35
Pruebas de calibración de la maqueta del brazo robot	1	312.13
Redacción completa de los documentos	1	1550
Presupuesto de Ejecución Material (PEM)		7513.38
Gastos Generales (12% PEM)		901.61
Beneficio Industrial (6% PEM)		450.8
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)		8865.79
IVA (21% PEC)		1861.82
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		10727.61

El presente presupuesto asciende a la cifra de:

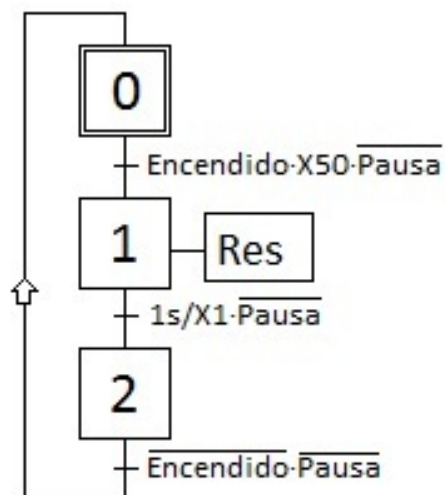
DIEZ MIL SETECIENTOS VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMOS

ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

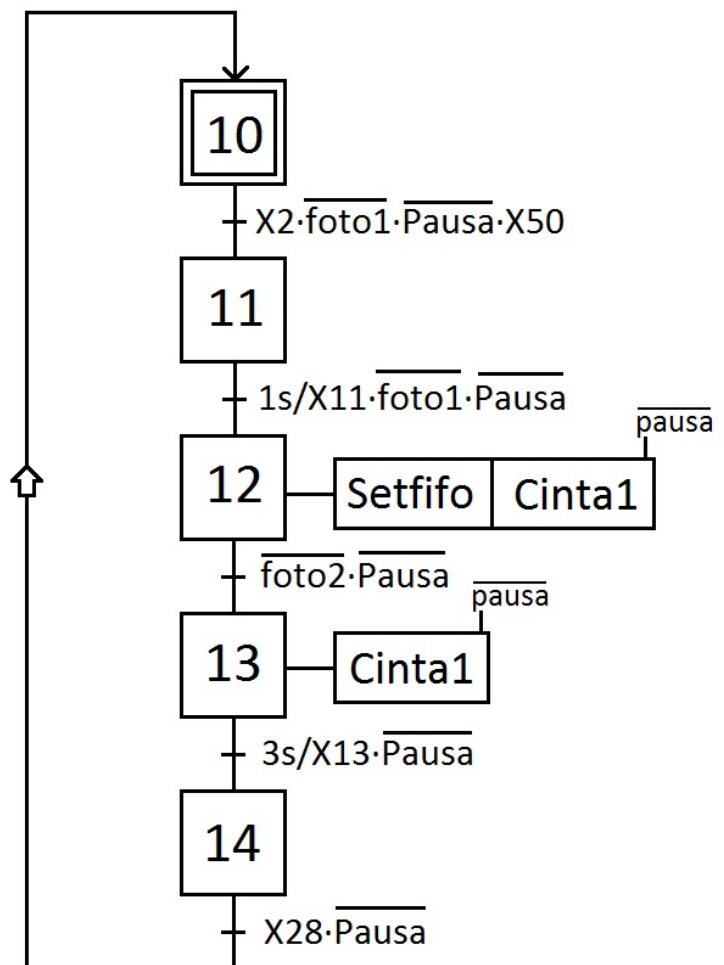
Grafcet de encendido	86
Grafcets del centro de mecanizado	86
Grafcets de parada de emergencia	89
Grafcet del brazo robot	91

GRAFNET DE ENCENDIDO

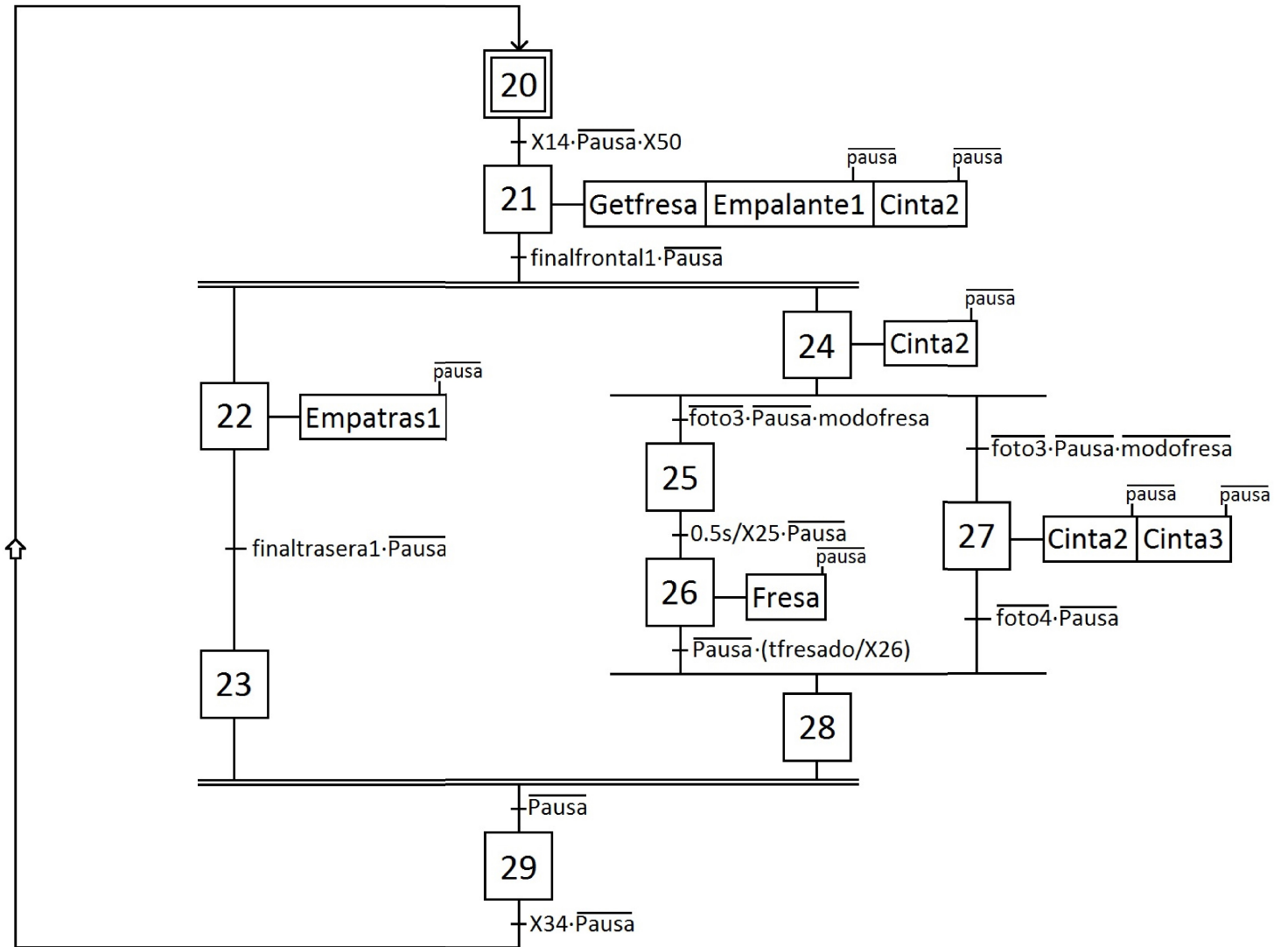


GRAFNETS DEL CENTRO DE MECANIZADO

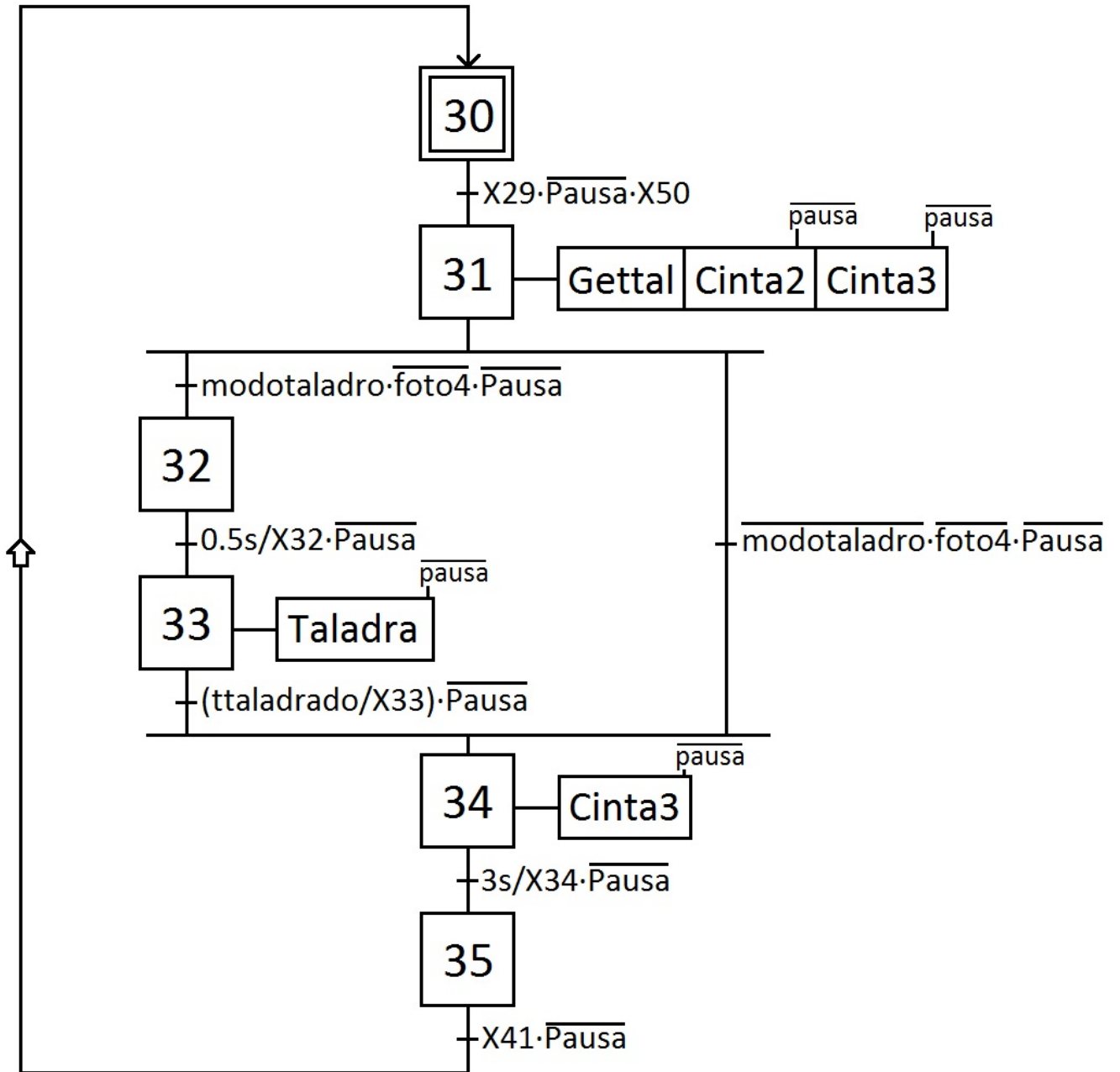
Grafnet de la primera cinta



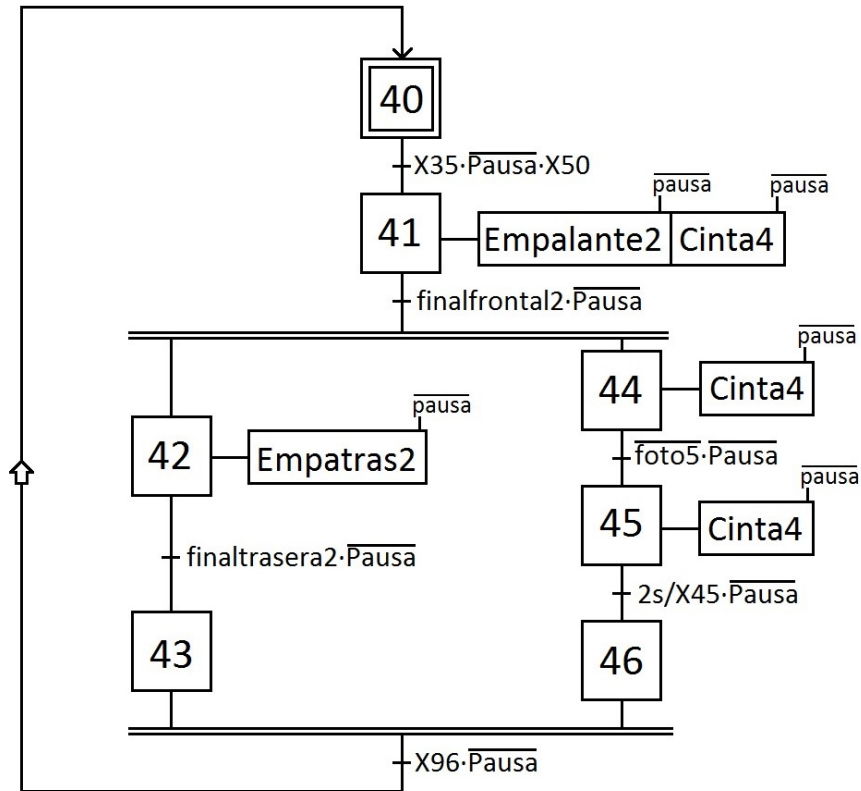
Grafcet de la segunda cinta y estación de fresado



Grafcet de la tercera cinta y estación de taladrado

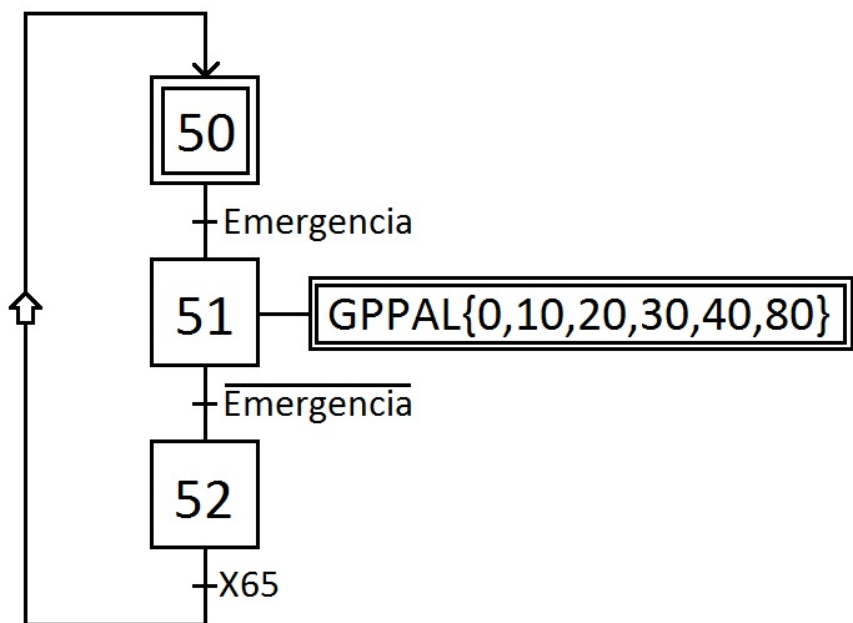


Grafcet de la cuarta cinta

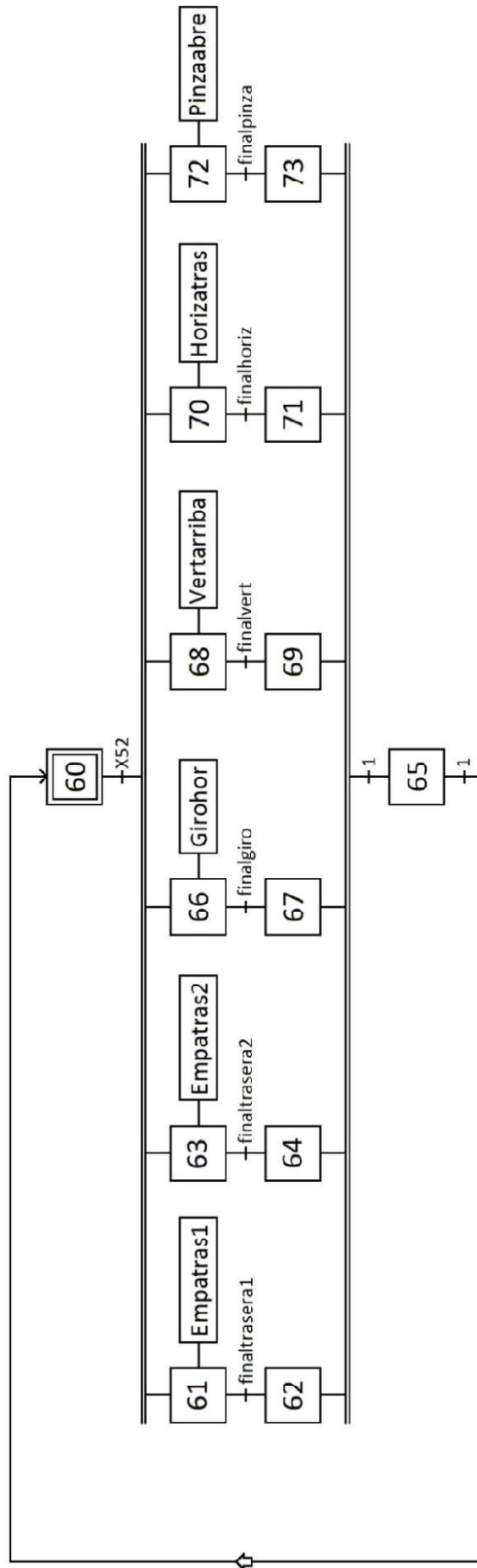


GRAFSETS DE EMERGENCIA

Grafcet señal de emergencia



Graficet de reinicio de actuadores



GRAFNET DEL BRAZO ROBOT

