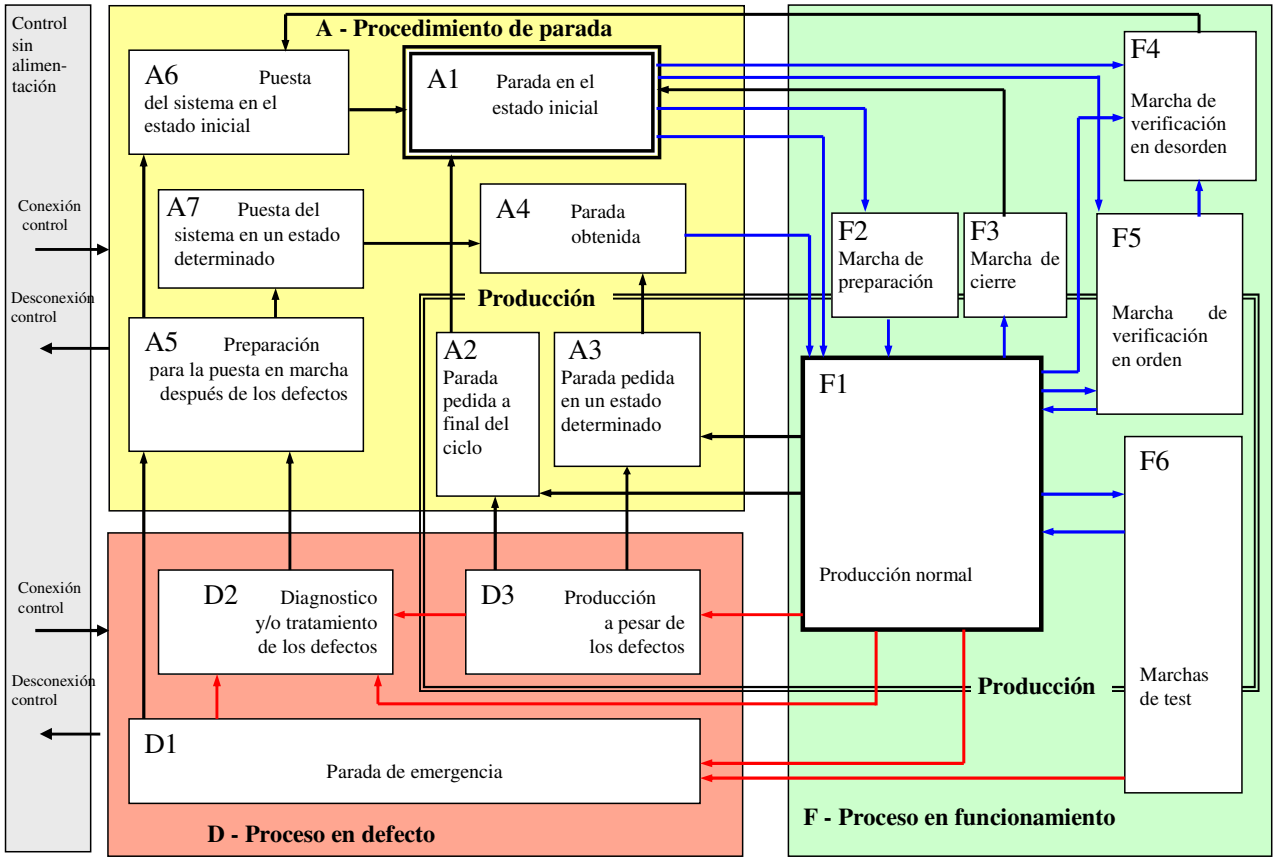
GEMMA


Control sin alimen-tación
Conexión control
Desconexión control
Conexión control
Desconexión control
A - Procedimiento de parada
A6 Puesta del sistema en el estado inicial
A1 Parada en el estado inicial
A7 Puesta del sistema en un estado determinado
A4 Parada obtenida
Producción
A5 Preparación para la puesta en marcha después de los defectos
A2 Parada pedida a final del ciclo
A3 Parada pedida en un estado determinado
D2 Diagnostico y/o tratamiento de los defectos
D3 Producción a pesar de los defectos
D1 Parada de emergencia
D - Proceso en defecto
F4 Marcha de verificación en desorden
F2 Marcha de preparación
F3 Marcha de cierre
F5 Marcha de verificación en orden
F1 Producción normal
F6 Marchas de test
Producción
F - Proceso en funcionamiento

1 Introducción. 3
2 Guía GEMMA 4
2.1 Procedimientos de parada y puesta en marcha 6
2.2 Procedimientos de funcionamiento 7
2.3 Procedimientos de defecto 8
2.4 Estados de la familia PZ: 'procedimientos relativos a la P.C.' 9
3 GDMMA: Bucles funcionales en el método GEMMA. 9
4 Gestión de la energía en la P.C.: Aplicación en los TSX37/57. 10

1 Introducción.

El elevado grado de complejidad que los actuales sistemas de producción están adquiriendo, precisa de un método que facilite afrontar una automatización con garantías.

Esto es debido a que cada vez las automatizaciones son más complejas y se debe contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar una máquina o proceso. No sólo hay que focalizarse en el funcionamiento normal Automático, sino tener en cuenta las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de rearme y puesta en marcha, las marchas de test y el control manual.

El método GRAFCET, se demuestra muy útil a la hora de desarrollar el modo de funcionamiento automático del sistema, pero es preciso partir de unas especificaciones precisas y prever posibles condiciones anómalas de funcionamiento para poder aprovechar al máximo sus posibilidades.

El desarrollo y explotación de sistemas automáticos de producción requiere de herramientas metódicas, compuestas por un vocabulario preciso y una aproximación sistemática y guiada, dónde se reflejen paso a paso los procedimientos a emplear a modo de guía y se indiquen de modo conciso las especificaciones necesarias para utilizarlas al realizar los GRAFCET, así como para determinar los posibles comportamientos del sistema, permitiendo estructurar de forma organizada los programas de control.

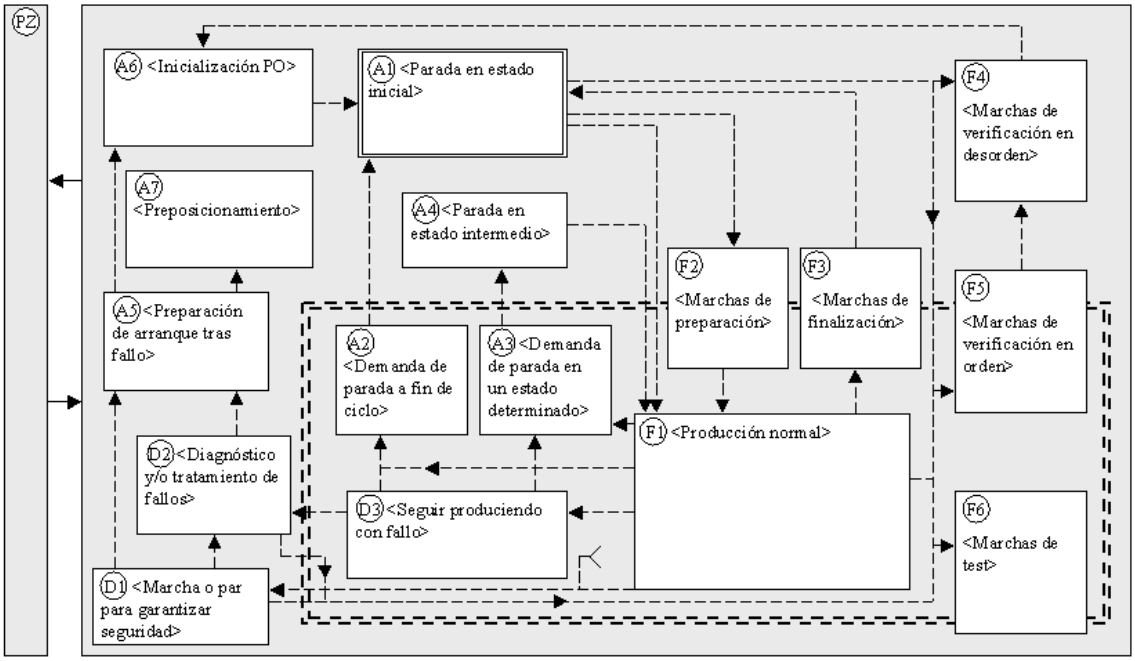


Figura 1: Gráfico GEMMA

Como solución a este problema, desarrollado en 1984 por ADEPA (Agence Nationale pour le Developpement de la Production Automtissé), nace el método GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt) que trata de desarrollar una herramienta que facilite la automatización de los sistemas de producción, proporcionando una útil e intuitiva metodología de trabajo.

Un sistema automático de producción (S.A.P.) se puede descomponer en tres partes diferentes:

- Parte Operativa (P.O.)
- Parte de Relación (P.R.)
- Parte de Control (P.C.)

GEMMA es el acrónimo en francés de guía para el estudio de los modos de marcha y parada de la Parte Operativa (P.O.). Es un método para el estudio de las posibles situaciones en las que se puede encontrar la Parte Operativa de un proceso y la posible evolución de unas a otras.

El GEMMA se presenta como una tabla donde se representan una serie de estados tipificados de la Parte Operativa (P.O.) y las posibles condiciones de evolución entre ellos.

Un problema importante a la hora de afrontar la automatización de un proceso consiste en definir correctamente cuales serán los modos de trabajo: qué va a hacer. El método GEMMA permite realizar un repaso metódico a los diferentes modos de funcionamiento susceptibles o no de desarrollar. Es muy útil a la hora de completar la etapa de análisis, ya que facilita un patrón que incluye todos los posibles modos de funcionamiento, y sólo es necesario elegir aquellos que satisfagan las necesidades formando parte del pliego de condiciones funcional.

El uso del método GEMMA unifica el lenguaje entre el cliente y el realizador, evitando ambigüedades introducidas por los términos empleados que son interpretados de diferente manera por las dos partes, avocando, cuando menos al retraso si no al fracaso del proyecto al no manejar las dos partes los mismos términos con los mismos significados.

2 Guía GEMMA

La automatización de máquinas y de procesos industriales debe contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar una máquina o proceso. No solamente se debe contemplar en el programa el simple funcionamiento normal automático, sino las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de rearme y puesta en marcha de la máquina, las marchas de test, el control manual.

Un programa de autómata debe considerar prioritario la detección de los posibles defectos de la parte operativa y el ejecutar la parada de emergencia. Asimismo una cuestión fundamental es el rearme de la máquina, debiendo contemplar el caso de que la producción deba continuar en el estado previo a la emergencia, o si ya no es posible continuar, el proceso debe ser iniciado de nuevo.

Todo programa de autómata debe contemplar estos casos, con el objetivo de reducir al mínimo los tiempos de parada de las máquinas y hacer simple el proceso de rearranque y los cambios de modo de funcionamiento, por ejemplo paso de control manual a control automático.

GEMMA proporciona una forma organizada de elaborar los programas de autómatas, para que se contemplen las situaciones anteriores. En un principio todo programa de autómata deberá implementar:

- Producción Normal Automática
- Control manual de la Máquina.
- Marchas de Test.
- Posicionamiento de la máquina en la Posición Inicial.
- Gestión de la parada de emergencia.
- Gestión del rearme de la máquina

La Guía GEMMA, "Guía para el Estudio de los Modos de Marchas y Paradas", es una representación organizada de todos los modos o estados en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado, igualmente representa los saltos o transiciones que se dan de un estado a otro.

Estos estados se organizan en tres grupos principales:

• *Procesos de Parada y Puesta en Marcha (A)*
Engloba los procesos de parada activados a petición del operador por causas varias como fin de trabajo, parada pedida a fin de ciclo, parada en un estado determinado y que no responden a eventos generados por la propia máquina. También engloba los procesos conducentes a la puesta en marcha de la máquina como son la puesta del sistema en el estado inicial o la puesta del sistema en un estado determinado

• *Procesos de fallo de la Parte Operativa (D)*
Engloba los procesos de fallo, activados por un fallo propio de la máquina o también a petición del operador al pulsar la seta de emergencia.

• *Procesos de funcionamiento (F)*
Designa los procesos necesarios para la producción y obtención de productos. Además del estado de producción normal automática, engloba también las marchas de preparación y de cierre, las marchas de test y las marchas de verificación.

El estado de *Producción* es representado mediante un rectángulo que engloba todos los posibles estados de producción. Puede existir producción tanto en procesos de funcionamiento como en procesos de puesta en marcha y en procesos donde existan fallos de la parte operativa.

GEMMA también representa el estado en que la Parte de Control (P.C.) se encuentra fuera de servicio. Es decir el autómata está sin alimentación o en Stop.

La plantilla de GEMMA está dividida en dos zonas principales:

- Una zona PZ correspondiente al estado inoperante de la parte de control (P.C.). También se encontrará inoperante la parte operativa (P.O.).
- Una zona que agrupa todos los procedimientos ejecutables por el sistema cuando la parte de control (P.C.) funcione correctamente (Zona de los modos de marcha y parada).

El contenido de la zona PZ concierne a todos aquellos procedimientos relacionados con la parada y puesta en marcha de la parte de control (P.C.):

- Puesta en o fuera de energía.
- Controles a realizar antes de la puesta en o fuera del estado de marcha.

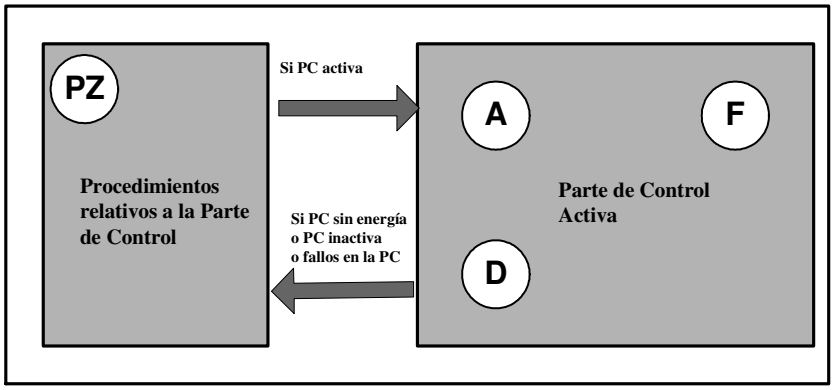


Figura 2: Contenido de PZ y condiciones de evolución

La transición a la zona PZ desde la zona de modos de marcha y parada se ejecutará si se cumple una de las siguientes condiciones:

- La P.C. está sin energía.
- La P.C. está inactiva (autómata programable en modo STOP).
- Se detecta fallo en P.C.

2.1 Procedimientos de parada y puesta en marcha

Este grupo contiene todos los modos de funcionamiento en los que el sistema está parado, los que llevan a una parada del sistema y los que permiten pasar el sistema de un estado de defecto a un estado de parada para volver a poner en marcha el sistema. Estos procesos se ejecutan normalmente a petición del operador y también cuando se arranca la máquina para efectuar un posicionamiento inicial.

A1 - Parada en el estado inicial
Es el estado normal de reposo de la máquina. Se representa por un rectángulo doble. La máquina normalmente se representa en este estado en los planos, en los esquemas eléctricos, esquema neumático. Este estado se corresponde habitualmente con la etapa inicial de un Grafcet.

A2 - Parada solicitada a final de ciclo
Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta ese momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta acabar el ciclo y pasar a estar parada en el estado inicial. Es un estado que memoriza una parada solicitada por el operador para que la máquina acabe de ejecutar un ciclo y pase a estado de paro en estado inicial.

A3 - Parada solicitada en un estado determinado
Es un estado que memoriza una parada solicitada por el operador para que la máquina pare en un estado intermedio del ciclo y pase al estado de parada obtenida.

A4 - Parada obtenida
Es un estado de paro en un estado intermedio del ciclo de la máquina distinto del estado inicial.

Según la máquina pueden implementarse varios estados diferentes de parada obtenida que se corresponderán con diferentes estados intermedios del proceso de fabricación, lo cual supone varios estados de parada solicitada en un estado determinado. Por lo tanto existirán tantos mandos en el panel de control como los que necesite el operador para realizar las peticiones.

A5 - Preparación para la puesta en marcha después de defecto
En este estado se deben realizar las acciones necesarias para corregir los fallos o defectos que han supuesto que se ejecutara una parada de emergencia. Esto lo realizarán los operarios de mantenimiento de la instalación, el autómata les podrá indicar, si se ha programado para ello, dónde se encuentra aproximadamente el fallo. Una vez finalizado el proceso el operador elegirá cómo se reinicia la máquina. A este estado también se le conoce como *selección del modo de reinicio por parte del operador.* El operador, mediante mandos del panel de control, decidirá pasar la máquina a control manual, o bien pasarla al estado A6 para situarla en el estado inicial.

A6 - Puesta del sistema en el estado inicial (Inicialización)
La máquina es puesta por el autómata programable de una forma automática en el estado inicial. Se realiza el llamado proceso de retorno automático al estado inicial.

A7 - Puesta del sistema en un estado determinado (Preposicionamiento)
Desde el estado A5 el operador decide situar la máquina en un estado diferente al inicial, dado que la producción debe continuar a partir de ese estado y no comenzar desde el principio. Corresponde a casos en que ha existido previamente un defecto o una parada de emergencia que ha dejado el sistema a medio producir.

2.2 Procedimientos de funcionamiento

F1 - Producción normal
Representa al GRAFCET que realiza la producción normal de la máquina. Es el estado más importante, va representado por un rectángulo de paredes más gruesas que los demás. El estado de producción normal suele ser un funcionamiento automático, por lo cual al GRAFCET asociado se le denomina GRAFCET de producción normal automática.

F2 - Marcha de preparación
Son las acciones necesarias para que la máquina entre en producción, como es el calentamiento de los hornos de producción agroalimentaria o la preparación de componentes.

F3 - Marcha de cierre
Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que muchas máquinas deben llevar a cabo antes de parar o de cambiar algunas características del producto.

F4 - Marchas de verificación en desorden
La máquina está en control manual, el operador por medio de mandos del panel de control, puede hacer mover los accionadores de la máquina. Estos movimientos deben ser realizados dentro de las condiciones de seguridad de la máquina. Se suele utilizar para fijar el correcto

funcionamiento de los captadores y accionadores de la máquina, o bien para posicionar la máquina en un determinado estado de producción.

F5 - Marchas de verificación en orden
En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se usa para funciones de mantenimiento y verificación. En este estado hay posibilidades de que la máquina produzca.

F6 - Marchas de test
El autómata comprueba el buen funcionamiento de los accionadores y captadores de la máquina. El autómata activa los accionadores de la máquina esperando la activación de los captadores en un máximo tiempo.

2.3 Procedimientos de defecto

D1 - Parada de emergencia
En este estado se debe llevar la máquina a una situación segura para el operario como para el producto, normalmente implica la parada de los accionadores. Se deberá procurar que el autómata memorice el estado en que se encontraba antes de ejecutar la parada emergencia para una vez superado el defecto se pueda rearmar la máquina en la situación correcta.

D2 - Diagnóstico y/o tratamiento de los defectos
El autómata puede guiar al operador para indicarle más o menos dónde se encuentra el defecto, pero la reparación del defecto tendrá que ser realizada por el operador o por el personal de mantenimiento.

D3 - Producción a pesar de los defectos
Corresponde a aquellos casos en que hay que continuar produciendo a pesar de que el sistema no trabaja correctamente. Casos en los que falla un accionador que puede ser sustituido por un operador o casos como el de una línea de fabricación en que falla un puesto, pero que al estar duplicado la producción puede continuar.

Una máquina se puede encontrar “en producción” o “fuera de producción”. Si está en producción puede encontrarse en un proceso tipo F, tipo A o tipo D. Igualmente si está fuera de producción puede encontrarse en procesos tipo F, A o D.

La situación de algunos estados dentro o fuera de producción depende de la implementación real. Por ejemplo el estado F5 Marchas de verificación con orden puede estar dentro o fuera de producción. En este estado se realiza un ciclo de la máquina, pero puede ser que no cumpla los requisitos temporales de producción. Lo mismo sucede con las marchas de test, que pueden producir o no según como se realice el test.

En algunas implementaciones programadas coincidirá el estado F4 y el F5, serán el estado de control manual de la máquina. Dependerá del operador que se realice con o sin orden y dentro o fuera de producción.

2.4 Estados de la familia PZ: 'procedimientos relativos a la P.C.'

- PZ1 (Parte de control sin energía): Este estado puede alcanzarse desde cualquier estado del sistema, al quedarse si energía la PC. Se puede acceder a este estado de forma voluntaria (no es aconsejable acceder de ese modo cuando se está en zona de producción), o bien accidentalmente: por cortes en la red de alimentación. Los procedimientos relativos a la parte operativa del sistema deben ser especificados (Por ejemplo: retirar la energía a la PO, parada inmediata o permitir evolucionar al sistema hasta un punto determinado, bloqueo mecánico de las cargas suspendidas, etc.)
- PZ2 (Puesta de la parte de control en marcha): En este estado se contemplan los procedimientos a realizar para conseguir la operatividad de la PC. Se parte de la puesta en energía de la PC y de la PR, se conoce el estado del sistema por medio de los indicadores de señalización o las pantallas de los terminales de diálogo. Al inicio de este estado los autómatas programables lanzan un procedimiento interno de test (autodiagnóstico y autocontrol), cuyo resultado positivo permite la activación automática de la PC (modo RUN), si no puede ser activada por el operador. Si el resultado es negativo, según sea la naturaleza de los fallos se queda en el estado PZ2 (modo STOP) o pasa al estado PZ3. La condición de PC activa es condición necesaria y obligatoria para pasar de la zona PZ a la zona de los modos de Marcha y parada.
- PZ3 (Puesta de la parte de control fuera del estado de marcha): En este estado, la PC está en energía, pero no está operativa. Se puede volver al estado PZ1 por un corte en la energía o al estado PZ2 si se dispone de un medio para suprimir la causa de los fallos. También se puede acceder a este estado desde la zona de modos de marcha y parada si se detecta alguna anomalía: fallo en una tarjeta E/S, fallo en la memoria o fallo en la CPU o desbordamiento del 'perro guardián'.

3 GDMMA: Bucles funcionales en el método GEMMA.

Para poder aprovechar al máximo las posibilidades de representación de los posibles estados de un sistema automático que nos ofrece el método GEMMA, es preciso poder simbolizar las evoluciones entre ellos, para ello se utiliza el denominado GDMMA (Graphe Descriptif des Modes de Marche et d'Arrêt). Gráfico Descriptivo de los Modos de Marcha y Paro.

El GDMMA es una representación gráfica de las posibles evoluciones entre los estados de funcionamiento de las diferentes familias que constituyen el GEMMA. Engloba los diferentes bloques funcionales separados por las condiciones de evolución existentes entre ellos, facilitando su posterior conversión a cada GRAFCET, que vertebran el control del sistema.

Como ejemplo de GDMMA, se presenta en la siguiente figura la representación de la gestión de la energía en la P.C., bajo el método GEMMA. En el esquema se pueden distinguir los tres procedimientos relativos a la parte de control (PZ1, PZ2, PZ3), y de las condiciones de evolución entre ellos (EPC= energía en la parte de control).

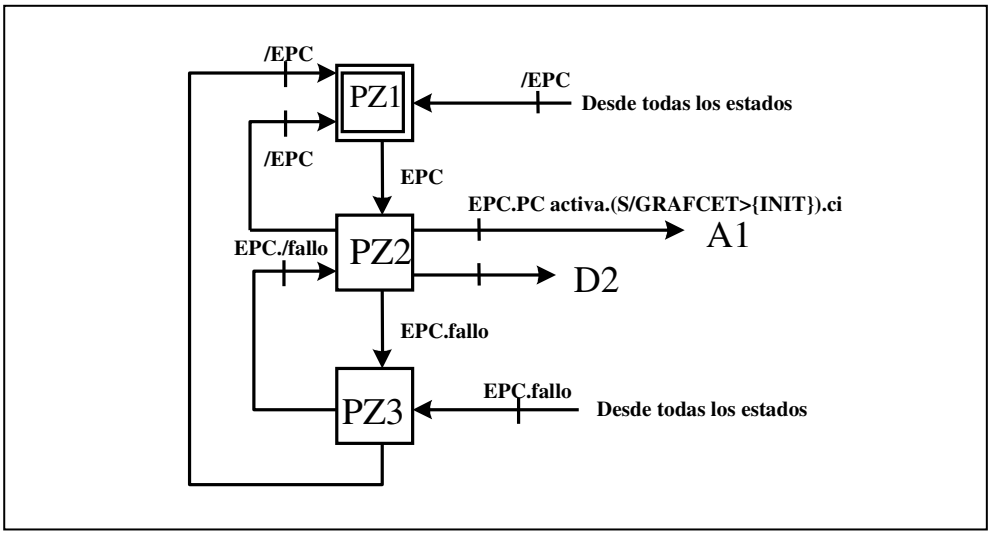


Figura 3. Bucles pérdida de energía en estado de marcha de la P.C.

4 Gestión de la energía en la P.C.: Aplicación en los TSX37/57.

La gestión de la pérdida de energía, está contemplada en el desarrollo de este documento dentro del apartado dedicado a método GEMMA: 'Estados de la familia PZ', el cual trata de un manera sistemática las diferentes posibilidades que se pueden presentar al gestionar los modos de marcha y parada.

En este apartado se va describir los procedimientos que ya vienen implementados en los equipos TSX-37, basados en el GDMMA creado para describir los procedimientos relacionados con la parte de control. Para gestionar determinados modos de funcionamiento relacionados con la P.C., los equipos reconocen dos posibles situaciones:

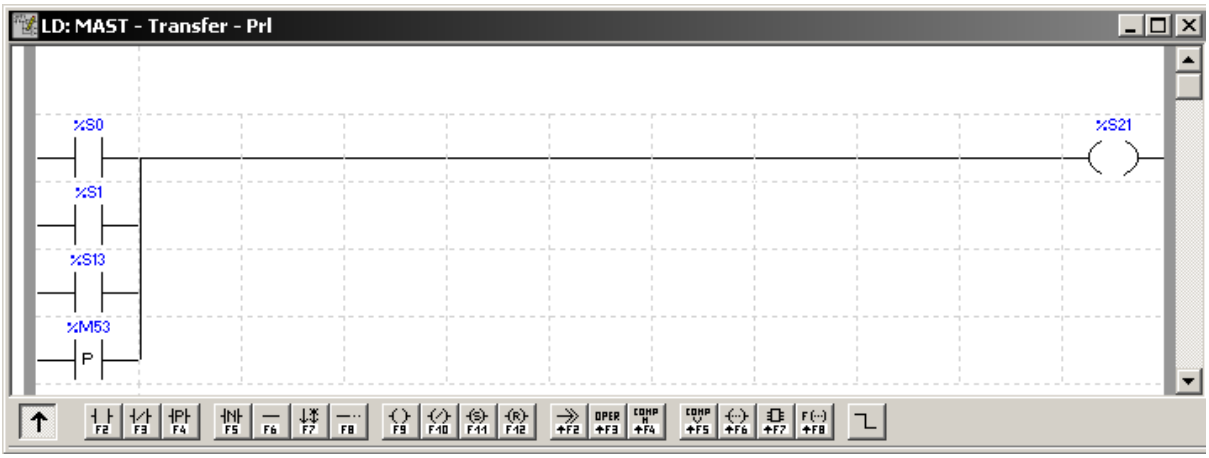
- Arranque en frío (Tiempo de corte > 7ms).
- Arranque en caliente (Tiempo de corte < 7ms).

En una nueva aplicación, o si se pierde el contexto sistema, el sistema efectúa un arranque en frío (PZ1→PZ2→PZ3→PZ2). El sistema pone el bit %S21 a 1 antes de la llamada del tratamiento preliminar y el GRAFCET se posiciona en las etapas iniciales. Si el usuario desea un tratamiento particular respecto a la aplicación en caso del arranque en frío, tiene la posibilidad de consultar %S0 que permanece a 1 durante el primer ciclo de la tarea maestra (MAST).

Después de un corte de corriente sin cambio de aplicación, el sistema efectúa un rearranque en caliente (PZ1→PZ2). Reanuda el funcionamiento en el estado anterior al corte de corriente. Si el usuario desea un tratamiento particular respecto a la aplicación en caso de rearranque en caliente, tiene la posibilidad de consultar %S1 en el tratamiento preliminar y acceder al programa correspondiente.

Ante cualquier problema que obligue a un bloqueo de la P.C. sin que conlleve una pérdida de energía (PZ3), por ejemplo fallo en una tarjeta, desbordamiento de "Perro guardián", fallo en la CPU, provoca una situación anómala (CPU en modo STOP) en la ejecución del programa de control que debe de tratarse. Con la información que nos proporciona el bit interno de sistema %S13 se puede realizar un tratamiento particular (PZ3→PZ2) cuando se retoma el modo RUN. (%S13, normalmente en estado 0. El sistema lo pone a 1 durante el primer ciclo después de la puesta a RUN del autómata).

Como ejemplo de lo anteriormente se muestra en la figura 4 el modo de implementar la gestión de la inicialización del programa cando se produce un arranque en frío (bit %S0), arranque en caliente (bit %S1) o el paso de STOP a RUN (bit %S13). Como se puede ver el tratamiento consiste en inicializar todos los GRAFCET que componen el programa (bit %S21).



Una posibilidad que los equipos TSX 37/57, es la posibilidad de asignar la función RUN/STOP a una entrada TON (%i1.8): permite activar (RUN) o detener (STOP) la ejecución del programa. La puesta a STOP por la entrada física %i1.8 es prioritaria respecto a un comando de puesta a RUN que venga de un terminal o desde la red, por tanto es importante tenerlo en cuenta una vez programado para evitar confusiones acerca del funcionamiento del autómata. La posibilidad comentada para la entrada %i1.8 es necesario programarla: se realizará en la pantalla de configuración, se hace un doble clic sobre la posición 0 y se configura la entrada como RUN/STOP.

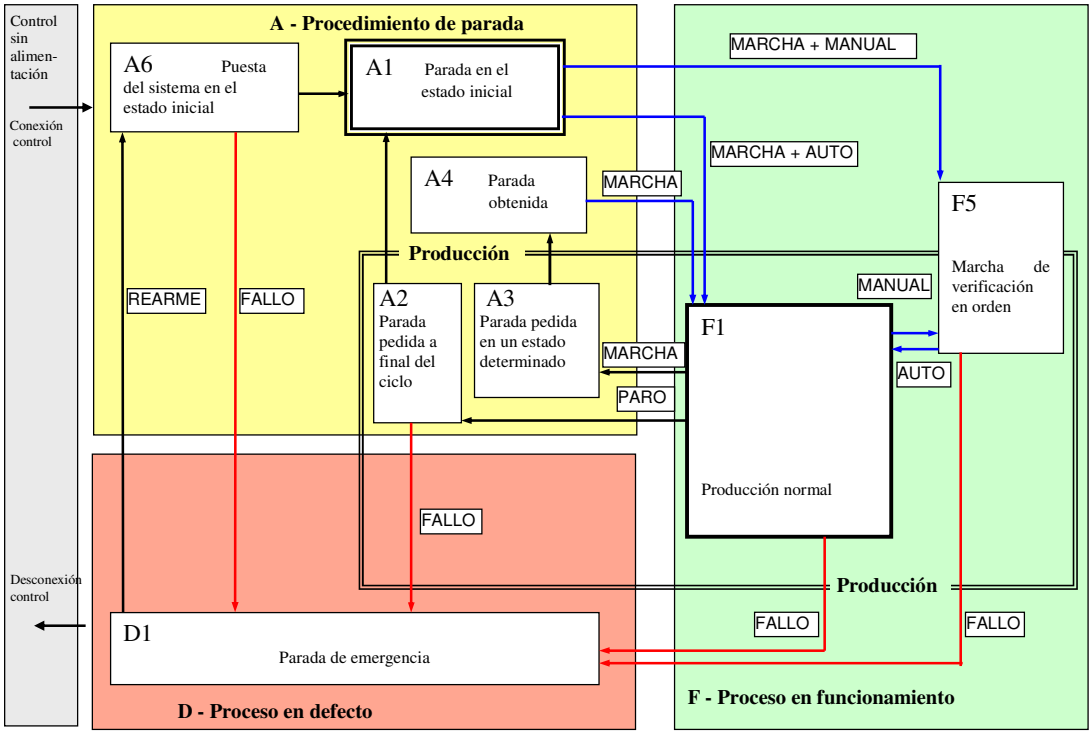


Figura 5: Ejemplo simplificado.