

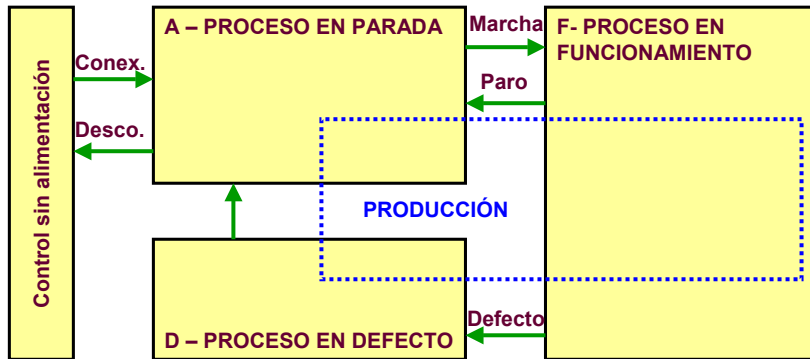
## Guía GEMMA

### Introducción a GEMMA

- **En la automatización de una máquina o de un proceso industrial es necesario prever todos los estados posibles:**
  - Funcionamiento manual
  - Funcionamiento semiautomático
  - Situaciones de fallo
  - Paradas de emergencia
  - Puestas en marcha
- **Prioridad máxima de una automatización: SEGURIDAD**
  - Ante una situación de fallo o una parada de emergencia, el sistema debe evolucionar hacia un estado seguro
- **Guía GEMMA:**
  - Guía para un estudio sistemático de todos los modos o estados en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado.
  - Cubre también el estudio de los saltos o transiciones entre modos.

## Modos fundamentales según GEMMA

- Proceso en Funcionamiento
- Proceso en Parada o Puesta en Marcha
- Proceso en Defecto



## Proceso en funcionamiento (estados posibles) I

- Puesta en servicio y funcionamiento normal
- **F1: Producción normal**
  - Estado en que la máquina produce normalmente. En él se realizan las tareas para las cuales ha sido construida la máquina.
  - Estado más importante
- **F2: Marcha de preparación**
  - Son las acciones necesarias para que la máquina entre en producción.
  - Ejemplo: precalentamiento, preparación de componentes, etc.
- **F3: Marcha de cierre**
  - Acciones a realizar antes de la parada.
  - Ejemplo: vaciado o limpieza antes de parar la máquina (planta) o de cambio de las características del producto a fabricar.

## Proceso en funcionamiento (estados posibles)

- **Ensayos y verificaciones**
- **F4: Marchas de verificación sin orden**
  - La máquina bajo control del operario realiza cualquier movimiento o determinados movimientos preestablecidos.
  - Se suele asimilar al control manual.
  - Ejemplo: funciones de mantenimiento y verificación.
- **F5: Marchas de verificación con orden**
  - La máquina (planta o sistema) realiza un ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador.
  - Se asimila al llamado control semiautomático.
  - Ejemplo: labores de mantenimiento y verificación.
- **F6: Marchas de test**
  - Realizar operaciones de ajuste y mantenimiento predictivo
  - Ejemplo: comprobar la activación de los sensores en un tiempo máximo, curvas de comportamiento de algunos actuadores, comprobación de las comunicaciones, etc.

## Proceso en parada o puesta en marcha (I)

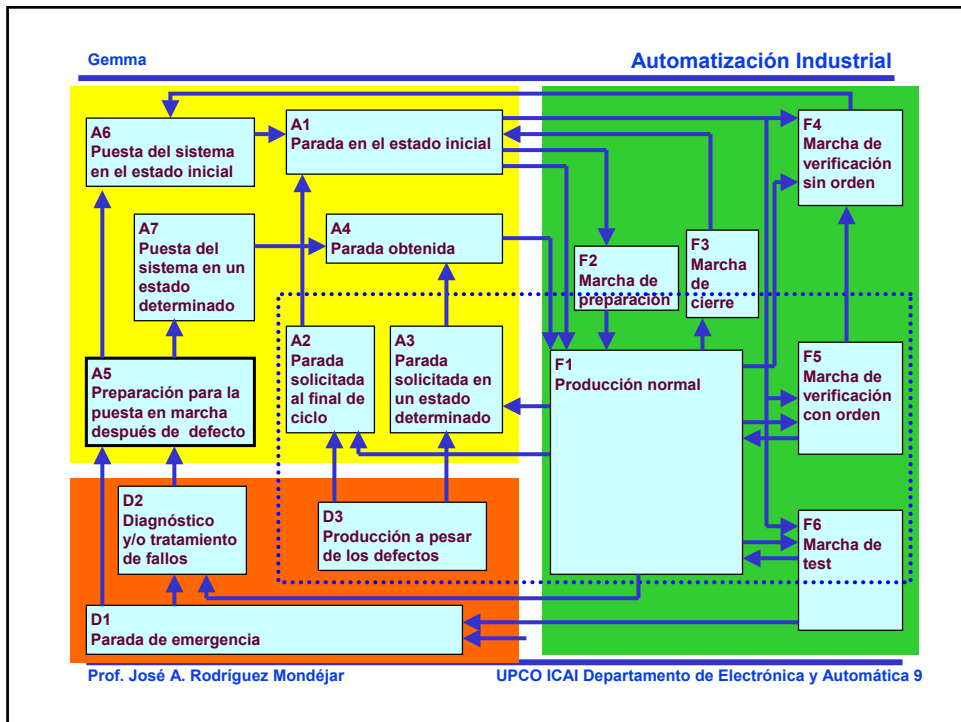
- **A1: Parada en el estado inicial**
  - Estado de reposo de la máquina.
  - La máquina normalmente se representa en este estado en los planos de construcción y en los esquemas eléctricos.
- **A2: Parada solicitada al final de ciclo**
  - Es un estado transitorio en que la máquina, que estaba produciendo normalmente hasta el momento, termina el ciclo y pasa a estar parada en el estado inicial.
- **A3: Parada solicitada en un estado determinado**
  - Estado transitorio hasta que la máquina para en un determinado estado que no coincide con el final de ciclo.
  - Es un estado transitorio de evolución al A4.
- **A4: Parada obtenida**
  - Es un estado de reposo de la máquina distinto al estado inicial.

## Proceso en parada o puesta en marcha (II)

- **A5: Preparación para la puesta en marcha después de un defecto**
  - Se realizan las operaciones necesarias para la puesta en funcionamiento de la máquina después de un defecto.
  - Ejemplo: operaciones de vaciado, limpieza, reposición de un determinado producto, etc.
- **A6: Puesta del sistema en el estado inicial**
  - Operaciones necesarias para llevar al sistema al estado inicial desde situaciones diferentes a la de producción: control manual o semiautomático, parada de emergencia, etc.
  - El resultado final es el estado A1.
- **A7: Puesta del sistema en un estado determinado**
  - Operaciones necesarias para llevar al sistema, que no está en producción, a un estado distinto del inicial para su puesta en marcha.
  - Resultado final: estado A4.

## Proceso en defecto (estados posibles)

- **D1: Parada de emergencia**
  - Estado al que evoluciona un sistema después de una parada de emergencia.
  - Deben de tenerse en cuenta tanto las paradas como los procedimientos y precauciones necesarias para evitar o limitar las consecuencias debidas a defectos.
  - Legislación sobre seguridad.
- **D2: Diagnóstico y/o tratamiento de fallos**
  - Estado que permite el examen de una máquina después de un defecto para determinar los motivos del fallo.
  - Puede operar con o sin ayuda del operador.
- **D3: Producción a pesar de los defectos**
  - Estado correspondiente a casos donde se debe continuar produciendo a pesar de los defectos.
  - Ejemplo: cadenas de producción, sustituir transitoriamente parte del trabajo de la cadena por el de un operario.



Gemma Automatización Industrial

### Guía para aplicar GEMMA a una automatización (I)

- **Paso 1: Determinar los aspectos generales del proceso y generar el Grafcet de producción normal.**
  - Grafcet funcional del estado de producción normal.
- **Paso 2: Determinar los captadores (sensores) y actuadores (accionamientos) adecuados.**
- **Paso 3: Grafcet tecnológico del estado de producción normal.**
- **Paso 4: Estudiar qué estados de Gemma son necesarios en la automatización**
  - Estados típicos que aparecen en cualquier sistema: Parada, Parada de emergencia, Producción o funcionamiento normal, etc.
- **Paso 5: Definir las condiciones de evolución entre los diferentes estados**

---

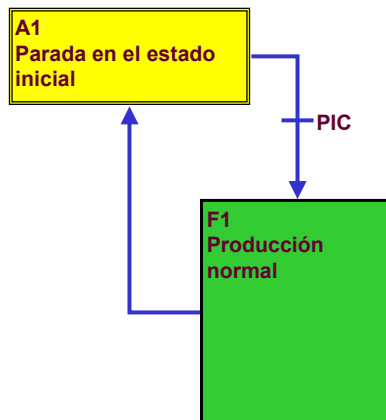
Prof. José A. Rodríguez Mondéjar UPCO ICAI Departamento de Electrónica y Automática 10

## Guía para aplicar GEMMA a una automatización (II)

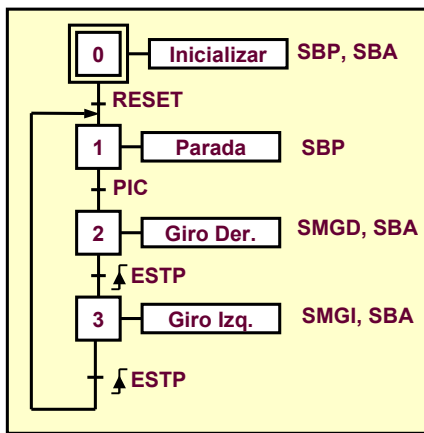
- **Paso 6: Definir el pupitre de control (operador)**
  - Pulsadores con el rótulo de las acciones asociadas, pilotos.
- **Paso 7: Preparar el graficet final (o graficets)**
  - Enriquecimiento del graficet inicial: casos sencillos
  - Organización en varios graficets coordinados entre sí, donde tarea es recogida en un graficet independiente.
- **Paso 8: Escoger la tecnología de control: número de autómatas programables, tipo de entrada y salidas, reguladores industriales, bus de comunicación.**
- **Paso 9: Programación**
- **Paso 10: Pruebas antes de la instalación**
- **Paso 11: Instalación, puesta a punto y pruebas**

## Caso funcionamiento semiautomático simple

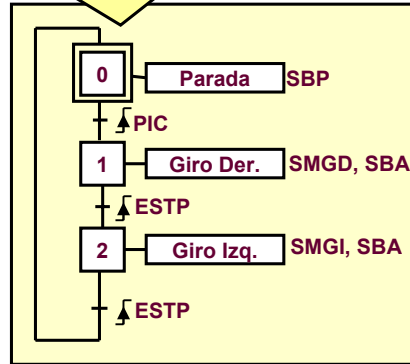
- A demanda del operador la máquina sólo realiza un ciclo (ejemplo: producir una pieza)
- En el pupitre de control hay un pulsador con la leyenda INICIO CICLO



## Aplicado a la lavadora o similar



Eliminada la operación de RESET. Por hardware o por software se debe ir a la etapa de parada (inicial) en la conexión a alimentación



## Significado de los colores: Pulsadores

- **Pulsador BLANCO:**
  - Puesta en marcha/puesta en tensión.
  - En el caso de máquinas antiguas es aceptable el color VERDE.
- **Pulsador NEGRO:**
  - Parada/puesta fuera de tensión:
  - En el caso de máquinas antiguas es aceptable el color ROJO.
- **Pulsador ROJO sobre fondo AMARILLO:**
  - Parada de emergencia o iniciación de una función de emergencia
- **Pulsador AMARILLO:**
  - Supresión de condiciones anormales o restablecimiento de un ciclo automático interrumpido:
- **Pulsador AZUL.**
  - Rearme

## Significado de los colores: Pilotos

- **Piloto ROJO**
  - Emergencia: condición peligrosa que requiere una acción inmediata (presión fuera de los límites de seguridad, sobrerrecorrido, rotura de acoplamiento...)
  - Demanda intervención urgente por parte del operador.
- **Piloto AMARILLO:**
  - Anomalía – condición anormal que puede llevar a una situación peligrosa (presión fuera de los límites normales, activación de un dispositivo de protección...)
  - Demanda intervención por parte del operador
- **Piloto BLANCO:**
  - Neutro – información general (presencia de tensión de red...)
- **Piloto VERDE:**
  - Máquina preparada para entrar en servicio.
  - Máquina en funcionamiento normal.

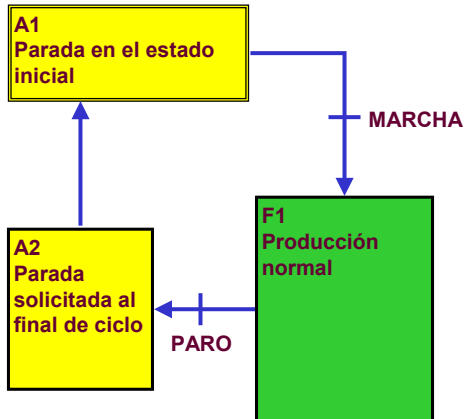
## Rótulo típicos

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| • ENGANCHE          | • SUBIDA        |
| • ABRIR             | • IZQUIERDA     |
| • PARADA            | • ENERGIZADO    |
| • PARADA GENERAL    | • START         |
| • CIERRE            | • STOP          |
| • DERECHA           | • STOP-RESET    |
| • BAJADA            | • DEPRISA       |
| • DESCONECTADO      | • AUTO-MAN      |
| • EMERGENCIA        | • MAN-O-AUTO    |
| • FUERA DE SERVICIO | • OFF-ON        |
| • ATRÁS             | • AUTO-O-MAN    |
| • EN SERVICIO       | • PARADA-MARCHA |
| • MARCHA            | • STOP-START    |
| • RESET             |                 |



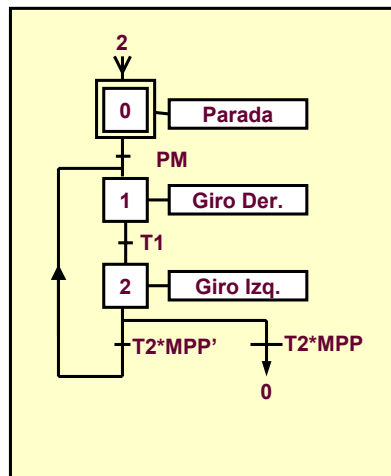
## Caso funcionamiento automático simple

- Al pulsar **MARCHA** la máquina se pone en marcha
- Cuando se pulsa **PARO** la máquina acaba el ciclo y a continuación se para.
  - Piloto parada intermitente



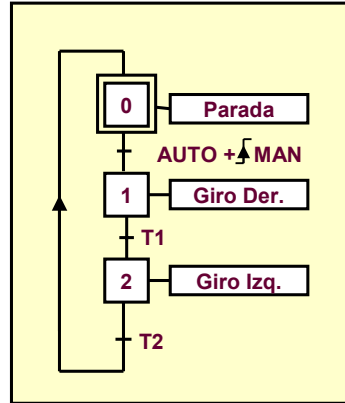
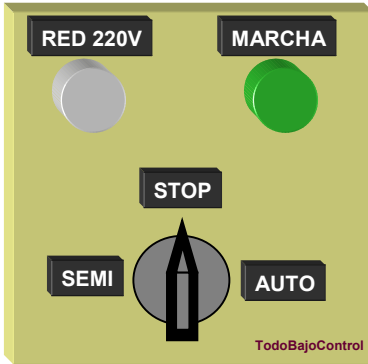
## Ejemplo de funcionamiento automático simple

- Se memoriza la parada en una marca o posición de memoria.
  - PM: Pulsador marcha
  - PP: Pulsador de paro
  - T1, T2 temporizadores
  - MPP posición de memoria que registra la orden de parada
  - Con MPP se genera también el piloto intermitente.



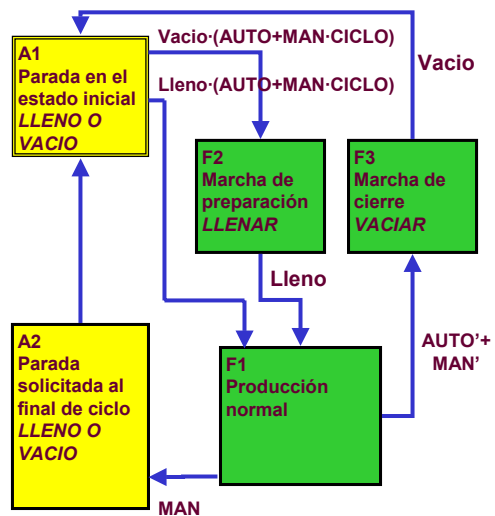
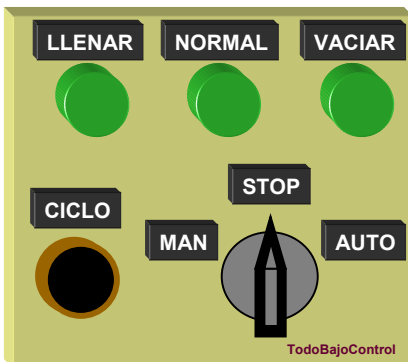
## Sustituir pulsadores por conmutador

- El conmutador hace de memoria.
- El ejemplo incluye la marcha de verificación con orden (F5)



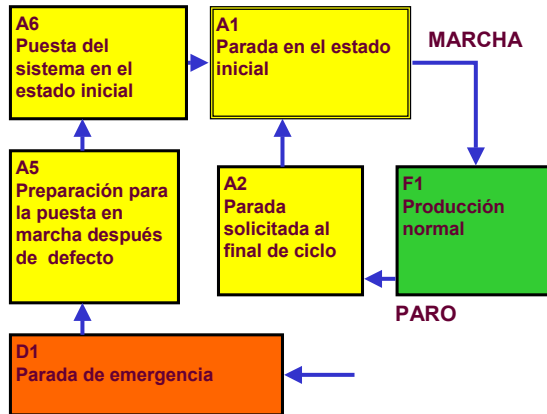
## Caso funcionamiento con marcha de arranque

- En automático se cubre la etapa de llenado cuando es necesario y la de vaciado cuando se pasa a STOP



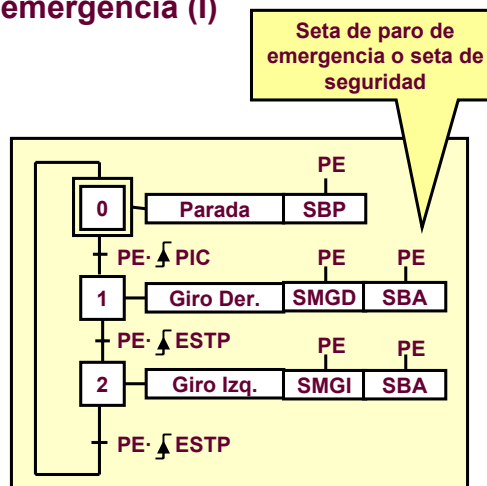
## Caso parada de emergencia

- Parada de emergencia obligatoria
- Primer nivel: Cableada
- Segundo nivel: Programada (Rearme)

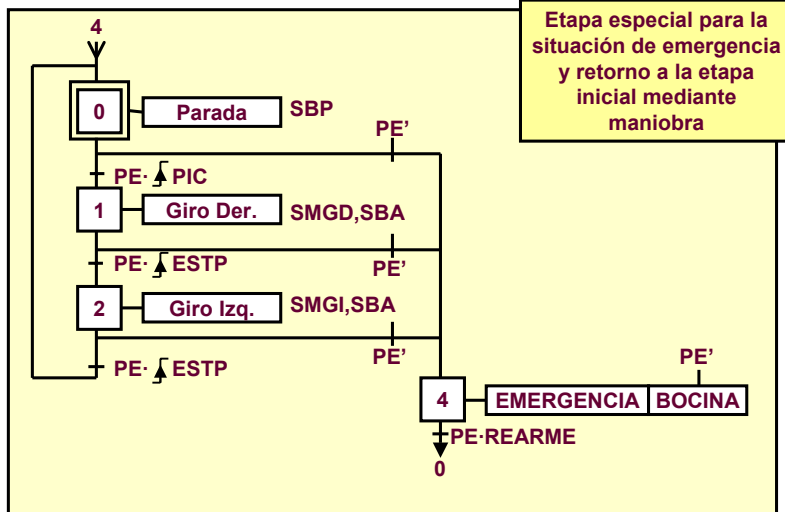


## Ejemplo de parada de emergencia (I)

- Con inhibición e inmovilización
  - Redundante con tener en serie la seta de seguridad con los contactores correspondientes.
- En el rearme se vuelve al mismo punto donde se generó la alarma.
  - No es muy correcto
- La seta de seguridad se debe pulsar cuando hay una emergencia y no simplemente para parar en un determinado ciclo.
  - Pulsador de PAUSA con pulsador de CONTINUAR

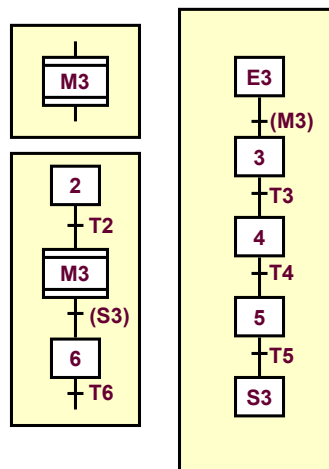


## Ejemplo de parada de emergencia (II)



## Diseño estructurado: Macroetapas

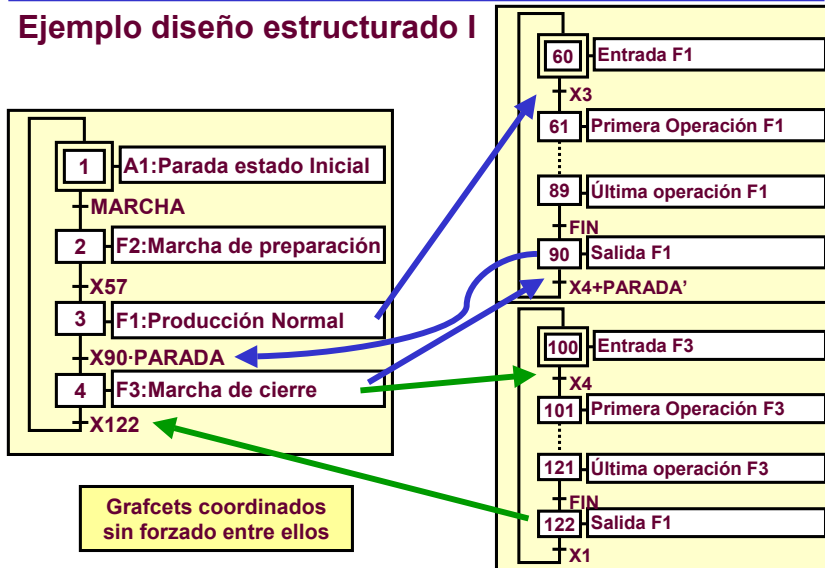
- Las macroetapas sustituyen secuencias de etapas.
- El objetivo es mayor simplicidad y legibilidad de los diagramas Grafcet.
- Reglas:
  - La expansión de una macroetapa siempre tendrá una sola etapa de entrada y una sola etapa de salida.
  - La etapa de entrada (E) se activará cuando se active la macroetapa.
  - La activación de la etapa de salida (S) implicará la validación de las transiciones inmediatamente posteriores a la macroetapa.
  - Las macroetapas pueden anidarse.



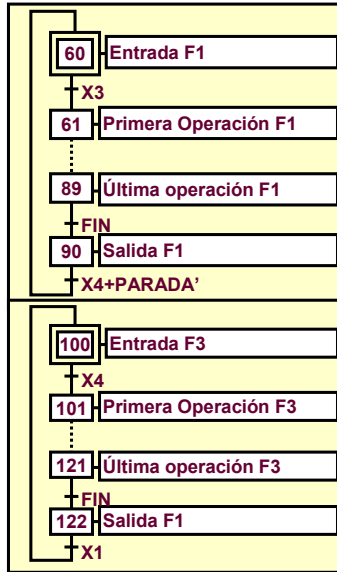
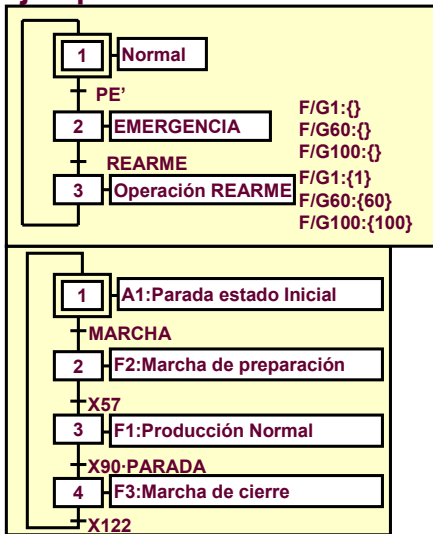
## Diseño estructurado: Grafcet jerarquizados

- **Diagramas Grafcet jerarquizados**
  - El control se organiza como un conjunto de grafcet parciales jerarquizados.
  - Los grafcets de orden superior pueden forzar a los de orden inferior
    - Muy útil para el tratamiento de la parada de emergencia.
- **La jerarquización debe respetar una serie de reglas:**
  - Si un grafcet tiene la posibilidad de forzar otro, éste no tendrá ninguna posibilidad de forzar al anterior.
  - En todo instante un grafcet sólo podrá ser forzado por un único grafcet.
- **Sintaxis del forzado**
  - F/G2:{0}
    - Forzar el grafcet G2 a ir a su etapa 0
  - F/G2:{}
    - Desactivar todas las etapas del grafcet G2

## Ejemplo diseño estructurado I



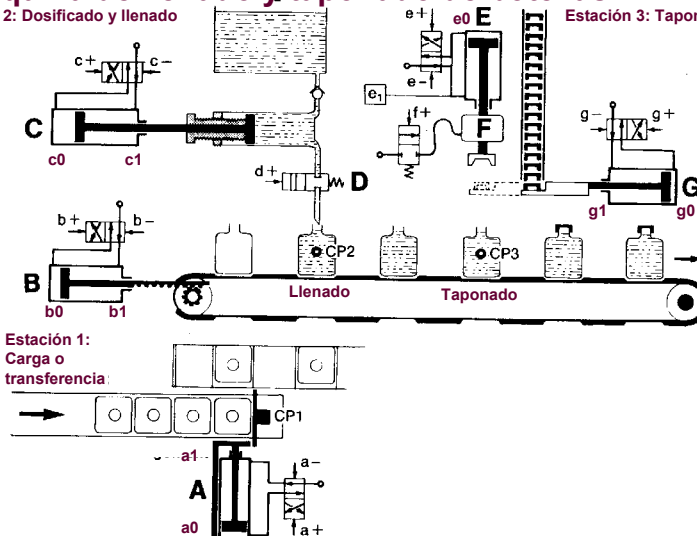
### Ejemplo diseño estructurado II



### Máquina de llenado y taponado de botellas

Estación 2: Dosificado y llenado

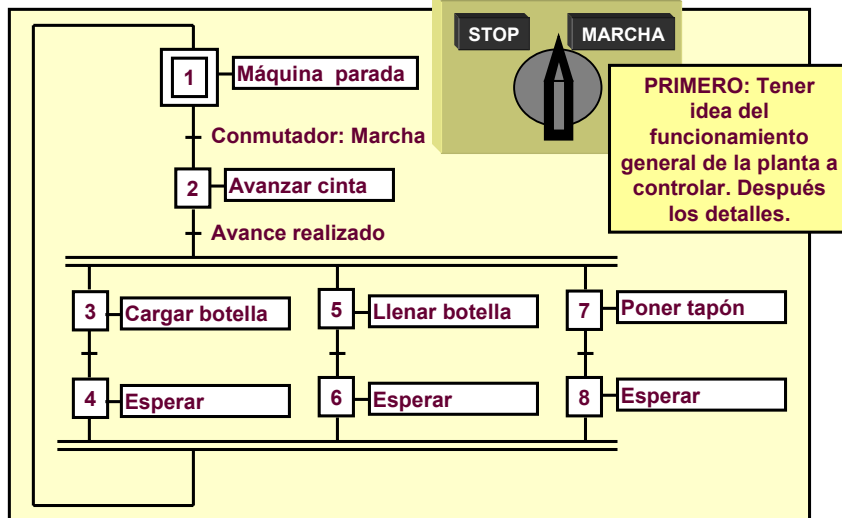
Estación 3: Taponado



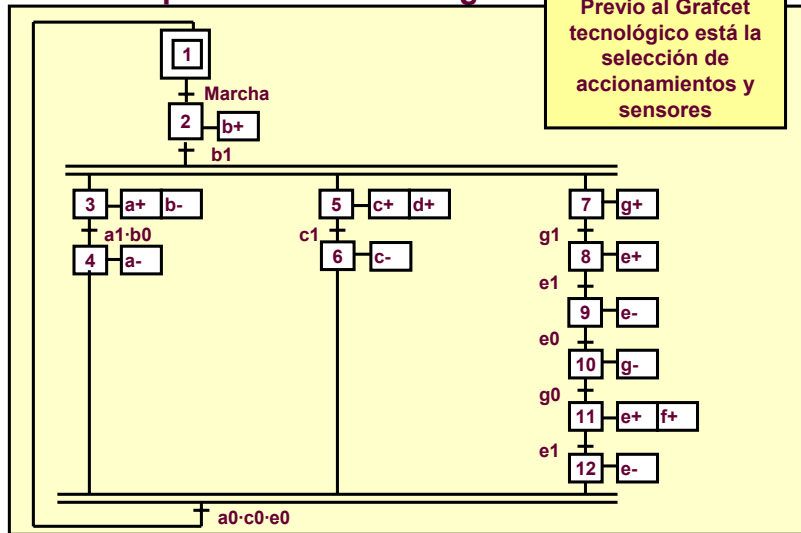
## Funcionamiento

- **Estación de carga (1)**
  - Las botellas llegan por una cinta y se transfieren a la cinta de embotellado mediante el cilindro neumático A. Los finales de carrera a0 y a1 controlan el avance y el retroceso.
- **Cinta de embotellado**
  - Avanza un paso con el avance del cilindro B. No retrocede al retroceder el cilindro B. b0 y b1 controlan el recorrido de B.
- **Estación de dosificación y llenado (2)**
  - El cilindro C carga la dosis en el depósito intermedio y a través de la válvula controlada por D se descarga sobre la botella, siempre que hay botella. c0 y c1 controlan el recorrido de C
- **Estación de taponado (3)**
  - El cilindro G presenta un tapón al receptáculo del cilindro E. El cilindro E coloca el tapón sobre la botella, roscándolo a través del motor neumático F. El final de carrera e0 controla el retroceso de E y la válvula de sobrepresión e1 controla el avance de E. Al avanzar el cilindro E, si choca con un obstáculo aumenta la presión interna en el cilindro. El efecto es detectado por e0.

## Graficet de producción funcional



## Grafcet de producción tecnológico



## Defectos del grafcet de producción

- **¿Qué ocurre si no hay botellas?**
  - Se desparrama el líquido
  - Falta una secuencia de arranque.
  - Y una secuencia de parada para que la cinta quede vacía.
  - Cuando los sensores CP1, CP2 y CP3 estén activados se puede poner la máquina a pleno rendimiento (F1)
- **¿Dónde está la parada de emergencia?**
  - En caso de parada de emergencia (rotura de una botella, avería de una estación) el sistema debería ir a una situación segura (cerrar la válvula D).
  - El sistema debería permitir la solución del defecto y reiniciar.
  - O permitir el trabajo bajo defecto: un operador cubre manualmente el defecto de una de las estaciones (taponar).
- **¿¿Qué ocurre si queremos parar de forma momentánea la producción?**
  - Si en el arranque y en la parada se gastan 5 minutos, y no hay otra posibilidad, la parada sería de 10 minutos mínimo.



## Más necesidades

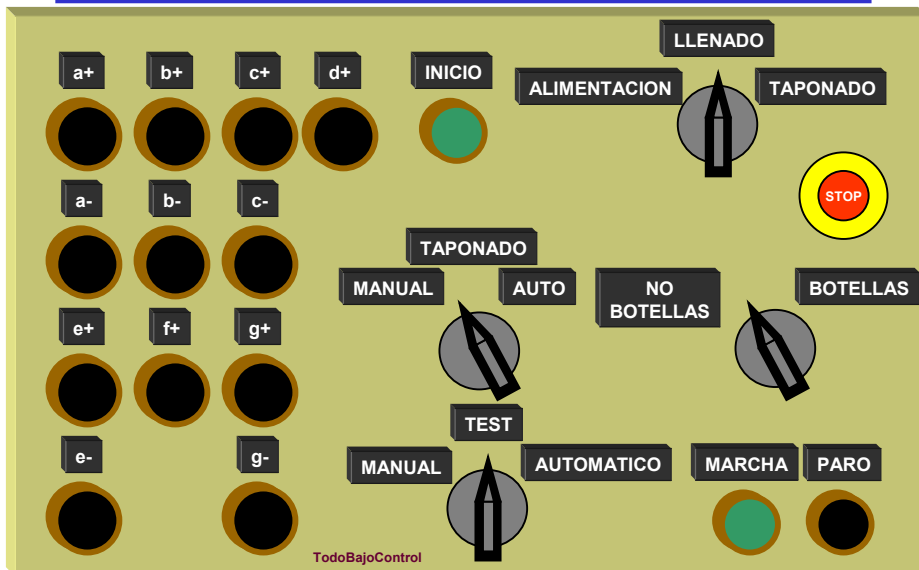
- **Modo manual**
  - Permitir comprobar el funcionamiento de cada uno de los elementos de la planta por separado: Pulsadores para cada elemento con señalización adecuada.
- **Modo de test**
  - Comprobar que la máquina realiza un ciclo completo o que cada estación es capaz de realizar un ciclo completo.
- **Comprobar el dosificador**
  - Cada cierto tiempo hay que colocar un botella de referencia para comprobar que la cantidad de líquido suministrado es la adecuada.

## Estados de GEMMA necesarios (I)

- **A1: Planta en condiciones iniciales**
  - Una botella sobre la cinta de embotellado
- **F2: Planta en condiciones de trabajar a pleno rendimiento**
  - En cada estación hay una botella
- **F1: Producción a pleno rendimiento**
  - Una botella por ciclo
- **F3: Parada de la producción**
  - No se admiten nuevas botellas y se consumen las que hay en la cinta.
- **F4: Modo manual**
  - Mover cada cilindro por separado: un pulsador con su indicador por cada movimiento.
- **F5: Modo test**
  - Realizar un ciclo completo de una estación de la embotelladora. Un selector para indicar qué estación.

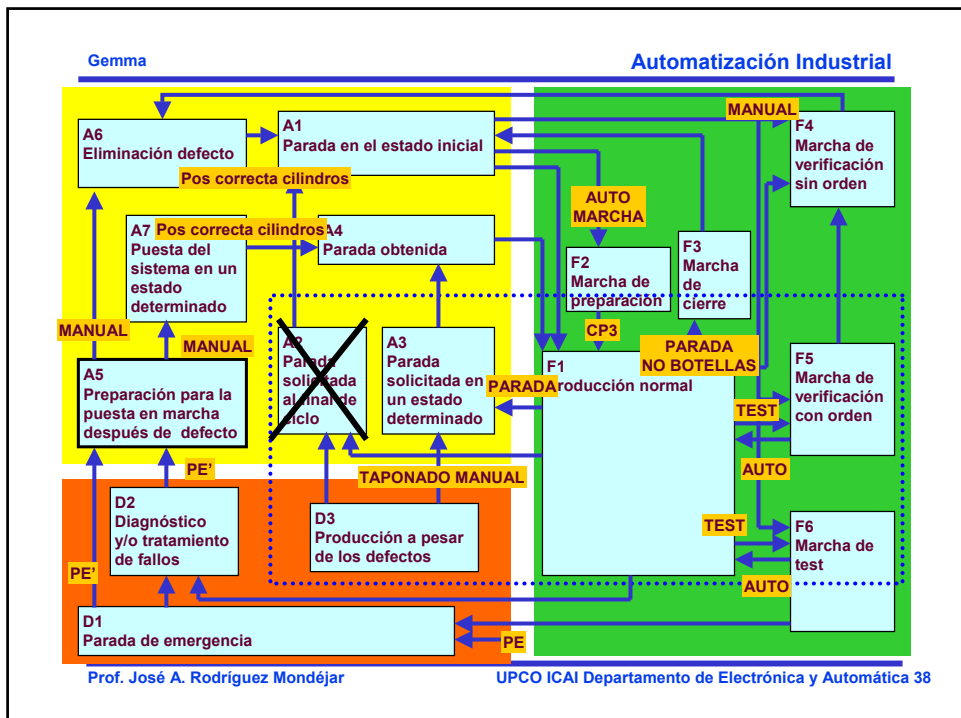
## Modos de Gemma necesarios (II)

- **F6: Calibrar el dosificador**
  - Sólo debe funcionar la estación correspondiente
- **D1: Parada emergencia**
  - Se cierra la válvula D y se para el automatismo
- **D2: Diagnóstico de la avería**
  - Se realiza una comprobación manual.
- **A5: Retirada y limpieza. Reparación.**
  - Se realiza de forma manual
- **A7: Poner manualmente los accionadores en sus posiciones iniciales.**
  - El modo manual nos puede servir para realizar esta operación.
- **A6: Alimentación con una botella si es necesario.**
  - A6 y A7 pueden ser el mismo.

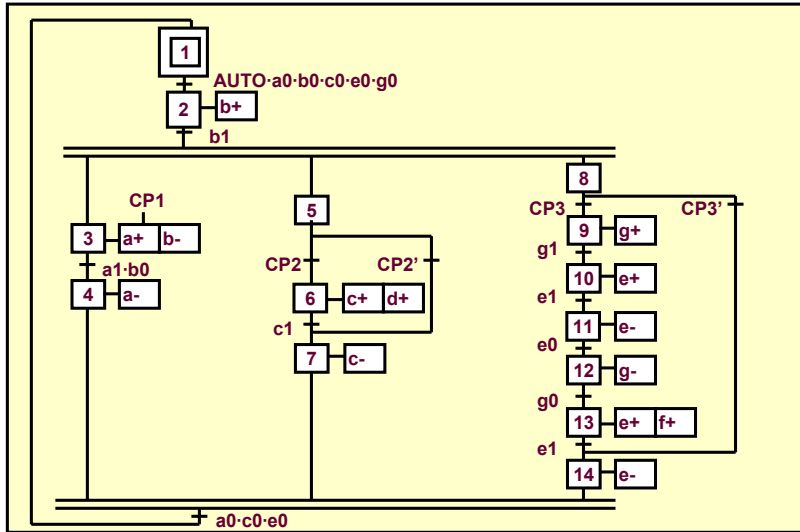


## Pupitre de control

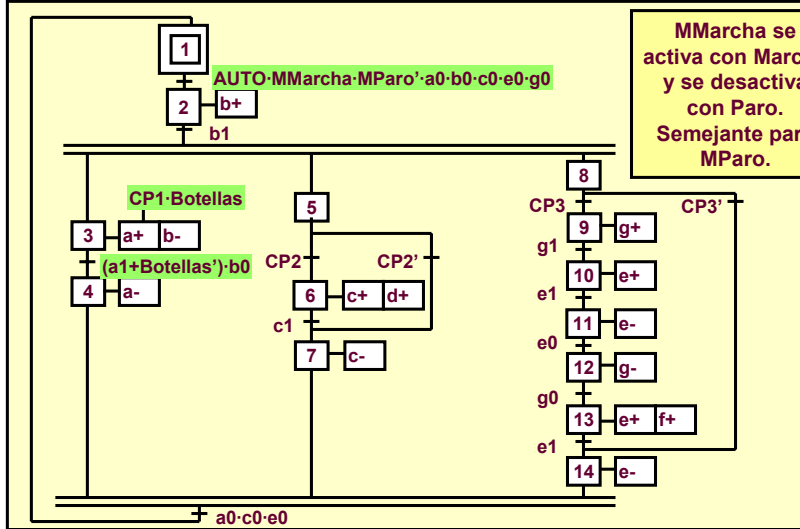
- **Conmutador entre modo Manual, Test y Automático.**
- **Pulsador de Marcha para el modo automático**
  - Pone el sistema en marcha aunque no tengan botella todas las estaciones.
- **Pulsador de Paro para el modo automático**
  - Parada del sistema con o sin botellas.
- **Conmutador de Botellas o No botellas.**
  - Cierra la alimentación de botellas para poder parar la máquina sin botellas (pulsador de Paro) en modo automático.
- **Conmutador Manual y Auto en Taponado**
  - Permite sustituir la etapa de taponado automática por manual.
- **Conmutador de Alimentación, Llenado y Taponado**
  - Permite verificar cada estación en modo test.
- **Pulsadores con indicación luminosa para gobierno de cilindros en modo manual.**
  - Cada pulsador lleva un piloto integrado para indicar que el final de carrera correspondiente se ha activado.



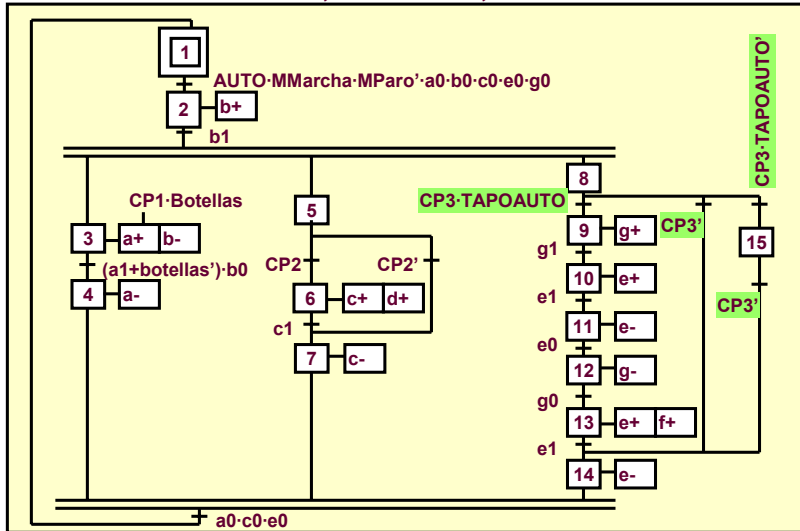
### Gemma con A1-F2-F1



### Gemma con A1-F2-F1, F1-A3-A4, F1-F3-A1



## Gemma con A1-F2-F1, F1-A3-A4, D3



## Emergencia y Manual

- En la parada de emergencia el cilindro D se cierra automáticamente al inhibir la señal d+.
- Desde la parada de emergencia hay que pasar siempre por control manual para posicionar los cilindros en el lugar adecuado.
- Falta por indicar cómo se trabaja en modo manual y en modo test.
  - Modo manual cubre A6 y F4
- Hay otras versiones:
  - El cliente tiene la palabra
  - Mejor dicho, la especificación tiene la palabra.

