

UNIDAD **IX**



Grafcet

Índice

MÓDULO 4: GRAFCET

Unidad IX: GRAFCET

1.	Programación en Carta de Funciones Secuenciales (GRAFCET).....	1
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Contenido	2
1.3.1	Tratamiento del programa Grafcet	4
1.3.2	Representación de los elementos Grafcet.....	6
1.3.3	Criterios técnicos para seleccionar un PLC	9
1.3.4	Grafcet con secuencia lineal	11
1.3.5	Grafcet con secuencia exclusiva	12
1.3.6	Grafcet con secuencias simultáneas	14
1.3.7	Criterios técnicos para seleccionar un PLC.....	16
1.3.8	Soporte técnico.....	21
1.4	Resumen	22
1.5	Preguntas de auto comprobación	23
1.6	Respuestas a las preguntas de auto comprobación	24



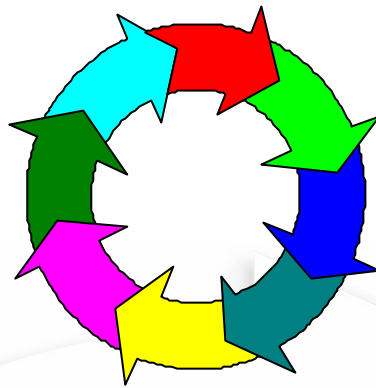
1. PROGRAMACIÓN EN CARTA DE FUNCIONES SECUENCIALES (GRAFSET)

1.1 INTRODUCCIÓN

Hasta el módulo anterior, aprendió a programar mediante :

- Diagrama de contactos y
- Plano de funciones.

Estas formas de programación son, actualmente, las más difundidas. Adicionalmente existe otra alternativa cuyo principio de funcionamiento es diferente, pero con más ventajas y potencialidades porque utiliza menos tiempo en la solución de aplicaciones; especialmente en los proyectos secuenciales.



Otro de los aspectos en lo que estamos comprometidos, cuando una empresa comienza a tomar decisiones de implementación de PLCs, es seleccionar dicho equipo.

En el presente módulo trataremos también sobre los principales criterios de selección, que se basan en datos técnicos de hardware y software del PLC, y que en algunos casos son suficientes para cubrir una gran cantidad de aplicaciones del tipo general.

1.2 OBJETIVOS

- Identificar al Grafset como otra alternativa de programación.
- Diferenciar las partes y secuencias de la programación.
- Aplicar las reglas de programación, según el tipo de secuencia.
- Identificar los criterios para seleccionar al PLC de acuerdo a ciertos requerimientos.

1.3 CONTENIDOS

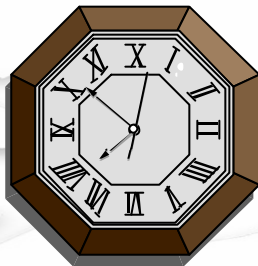
El Grafcet¹ denominado también Carta de Funciones Secuenciales (SFC), es un método gráfico de programación que permite describir, representar e interpretar fácilmente las funciones de los automatismos secuenciales.

El Grafcet, considerado como una excelente herramienta de representación, tiene las siguientes características:

- Utiliza una simbología sencilla y clara, sea ésta: eléctrica, electrónica, electroneumática, hidráulica o las combinaciones de las anteriores.
- Es comprensible por cualquier persona, aún con pocos recursos especializados.



- Es de fácil enfoque y emplea el menos tiempo en la solución de aplicaciones industriales que cualquier otra representación.



- Permite detectar las fallas en los sensores y los actuadores del modo más rápido, cómodo y fácil, sin requerir conocimientos avanzados ni práctica en informática.



- Es un excelente medio de documentación por su claridad para expresar el funcionamiento de los automatismos.

¹ Grafcet : Gráfico de mando Etapa - Transición



Todo mando secuencial se desarrolla en un conjunto de etapas, separadas unas de otras por transiciones. La relación **Etapas - Transición** es un conjunto indisoluble.

En la Figura 1 se presenta un diagrama funcional del Grafset, donde se puede interpretar fácilmente las funciones propias del automatismo.

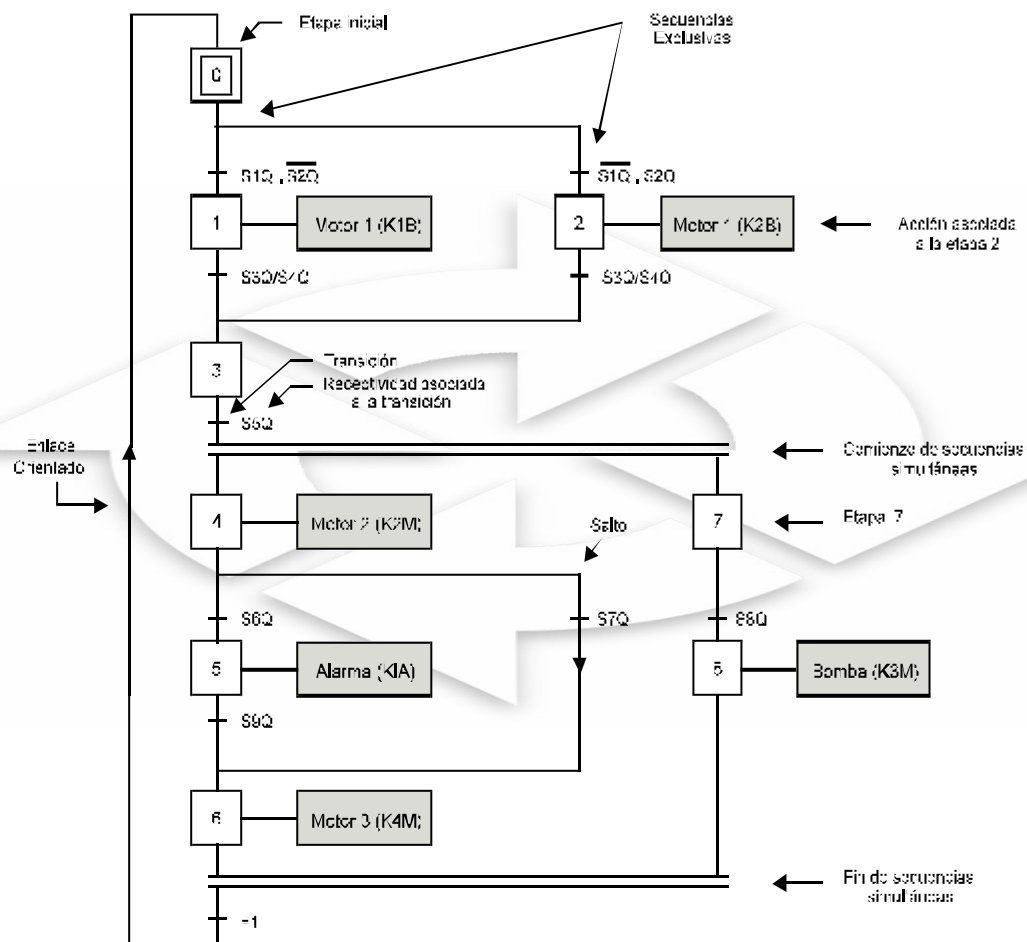


Figura 1. Diagrama funcional del Grafset.

En el diagrama anterior se observan diferentes términos, los que a continuación se definen:

Las **ETAPAS** corresponden a sucesos concretos de todo proceso de automatización y está asociado a las acciones.

Las **ACCIONES** son los resultados de las órdenes de ejecución correspondiente a la(s) etapa(s), así por ejemplo pueden ser: el arranque de un motor, el accionamiento de una electroválvula, el encendido de una alarma, etc. Gráficamente se representa por un cuadrado numerado interiormente.

Una etapa en un Grafcet puede permanecer en uno de dos estados : Activa o Inactiva. Si una etapa está activa, entonces su respectiva acción se ejecuta, en caso contrario, la acción no se ejecuta.

Las **TRANSICIONES** indican las posibilidades de evolución entre etapas. Cada transición está asociada a una condición lógica denominada receptividad.

La **RECEPTIVIDAD** se define como la condición lógica, la cual puede depender de una o más variables de entrada, salida o memorias internas, pudiendo ser discretas o analógicas.

Gráficamente se representa mediante un corto trazo horizontal cortando la línea que une a dos etapas.

Las etapas logran su actividad a través de las transiciones y para ello es necesario que se cumplan las siguientes condiciones :

- La etapa anterior esta activada.
- La receptividad de la transición asociada a dicha etapa está en 1.

Cumplidas estas condiciones se dice que la transición esta flanqueada, es decir, la etapa anterior quedará inactiva al mismo tiempo que la etapa posterior se activa y su acción asociada se ejecuta.

Los **ENLACES ORIENTADOS** son líneas horizontales y verticales que indican las vías de evolución del estado del Grafcet a través de la unión de las etapas con las transiciones.

Es recomendable evitar los cruces continuos para no incurrir en ambigüedades en la secuencia.

1.3.1 TRATAMIENTO DEL PROGRAMA GRAFCET

Un programa escrito en lenguaje Grafcet comprende tres módulos de procesamiento consecutivos, éstos son :

- Módulo de pre-procesamiento.
- Módulo de procesamiento secuencial y
- Módulo de post-procesamiento.

El ciclo de escrutinio es tal como se muestra en la Figura 2, donde cada etapa realiza un trabajo específico de administración y procesamiento, así tenemos:

Diálogo con el programador

Al comienzo de cada ciclo el sistema procesa las solicitudes del programador, así como el *envío o recepción de mensajes*.

Lectura del estado de las entradas

Lee el estado físico de las entradas conectadas al PLC y las memoriza.

Módulo de pre-procesamiento

El módulo de pre-procesamiento es ejecutado en su totalidad y antes que los módulos secuencial y post-procesamiento. Se usa para programar todos los eventos que tienen una influencia en el desarrollo del programa, éstos pueden ser:

- Procesamiento ante un retorno de energía y reinicialización.
- Diferentes modos de operación.
- Reseteo o preposicionamiento de etapas.

Módulo de procesamiento secuencial

El módulo de procesamiento secuencial define la estructura secuencial de la aplicación y también su interpretación, es decir, la definición de las acciones asociados con las etapas y las condiciones asociadas con las transiciones.

Módulo de post-procesamiento

El módulo de post-procesamiento es el último módulo ejecutado antes de la actualización de las salidas y es usado para programar las salidas lógicas, incluyendo también:

- Acciones asociadas o no con las etapas.
- Administración de las funciones estándares de automatización tales como:
temporización, conteo, etc.

Actualización de las salidas

Es la etapa final del escrutinio y comprende la actualización del estado físico de las salidas "congeladas" durante el procesamiento.

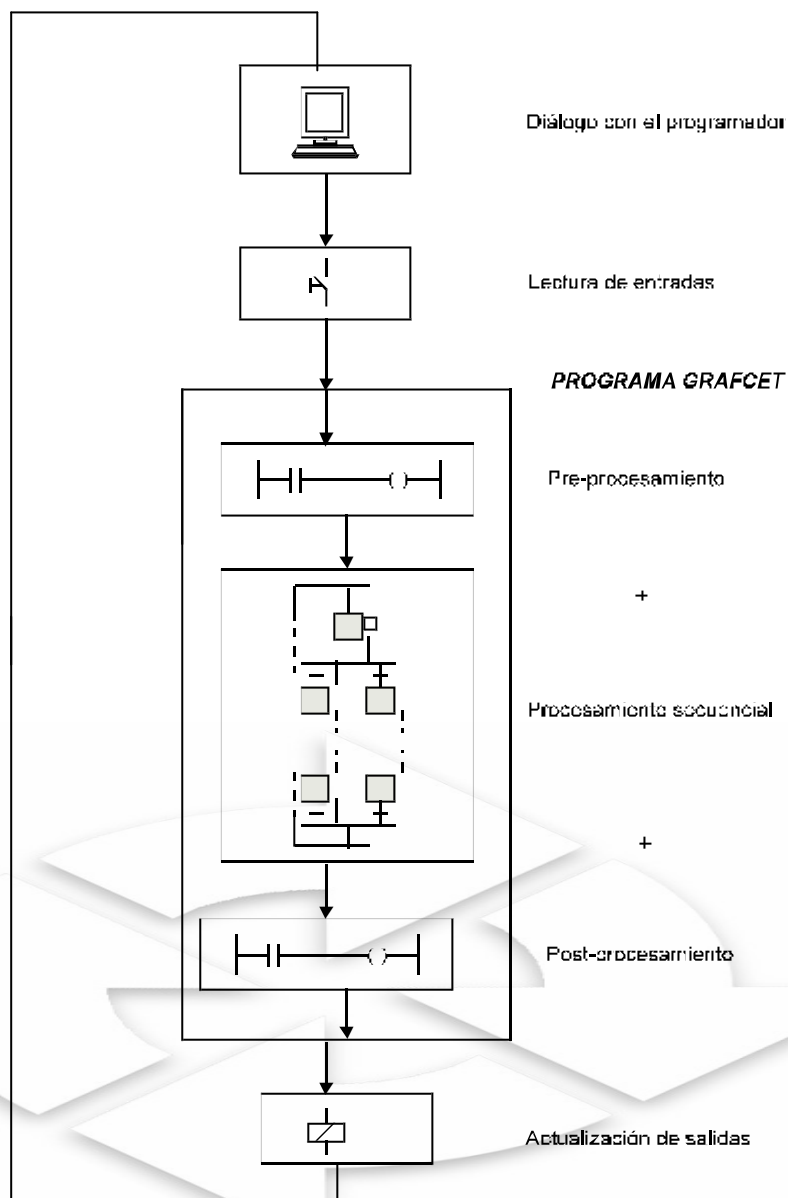
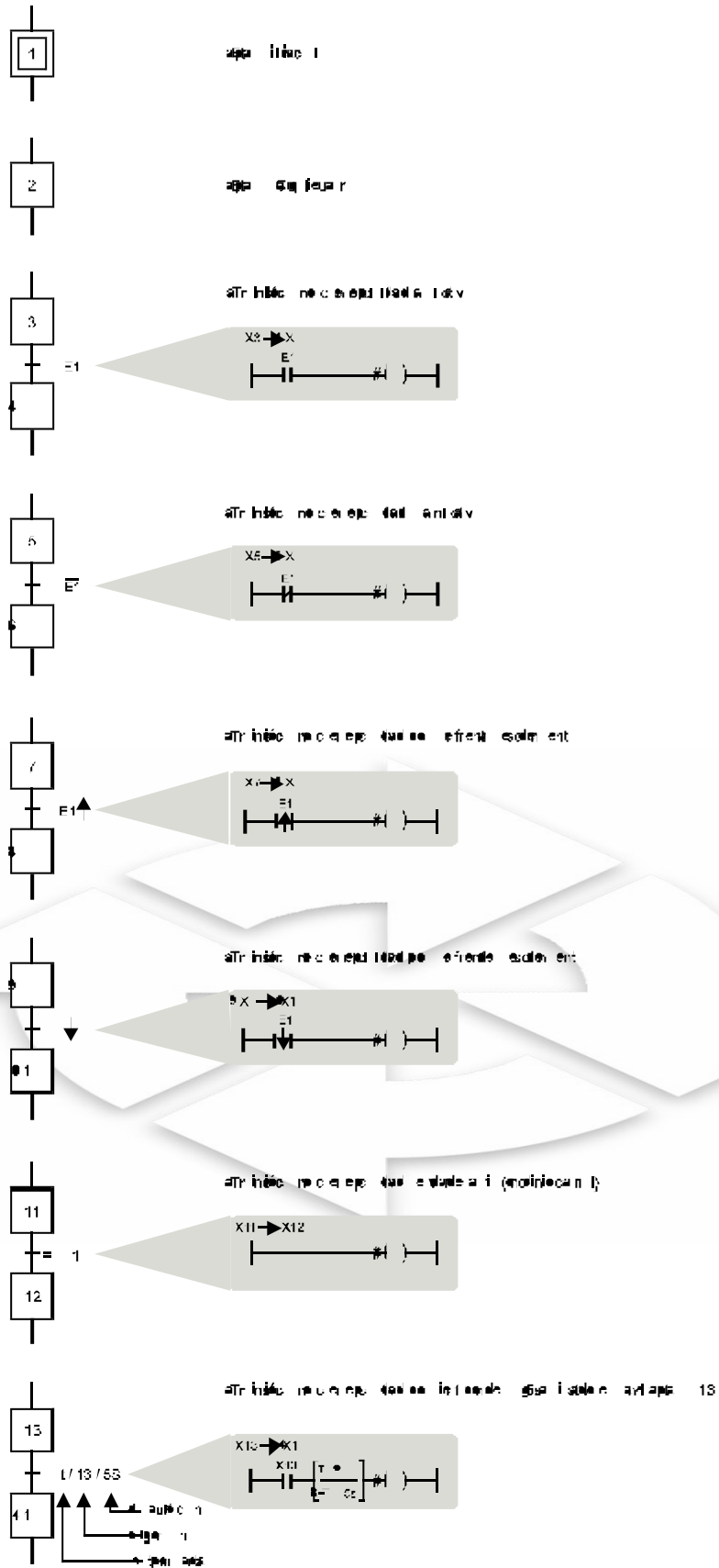


Figura 2. Ciclo de funcionamiento de un programa Grafcet.

1.3.2 REPRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL GRAFCET

A continuación se representan los elementos constituyentes del diagrama funcional del Grafcet, así como las diversas posibilidades de tipos de receptividades y acciones asociadas a las etapas.



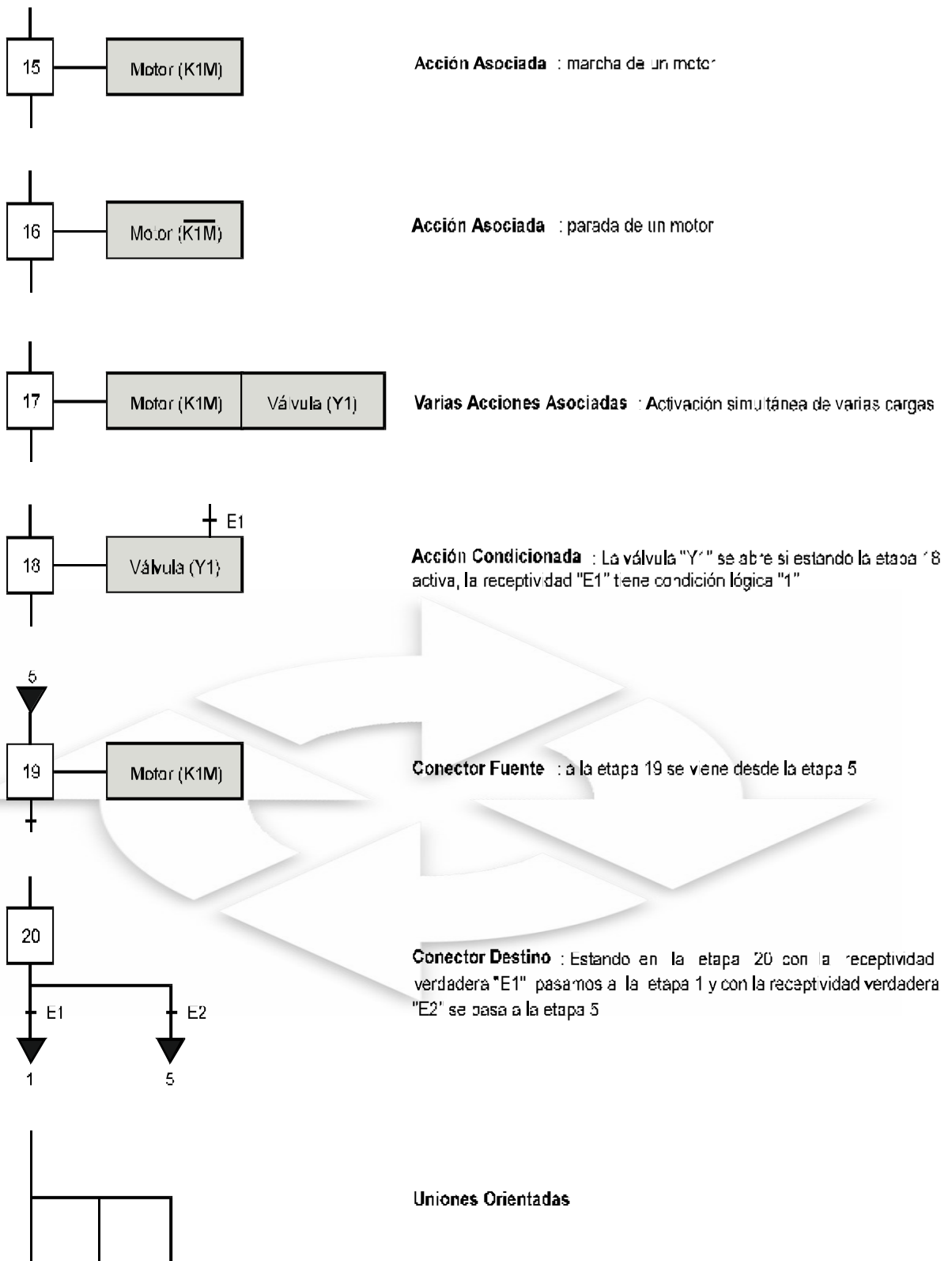


Figura 3. Representación de los elementos del Grafset.

1.3.3 REGLAS DE EVOLUCIÓN

Para programar en Grafcet es necesario, además de conocer las funciones que cumplen las etapas, transiciones y uniones orientadas, respetar las reglas básicas de evolución que rigen para el funcionamiento de todo Grafcet, de modo tal que el programador siempre deberá tener presente estas reglas para la ejecución de los programas.

A continuación se describen algunas de estas reglas :

Regla 1

Para la inicialización del Grafcet se precisa de una etapa que se active incondicionalmente, ésta es la etapa inicial. Por consiguiente, todo programa desarrollado en Grafcet deberá empezar con una etapa inicial. La etapa inicial se representa duplicando los lados del símbolo de una etapa cualquiera

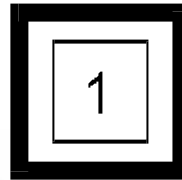


Figura 4. Etapa inicial.

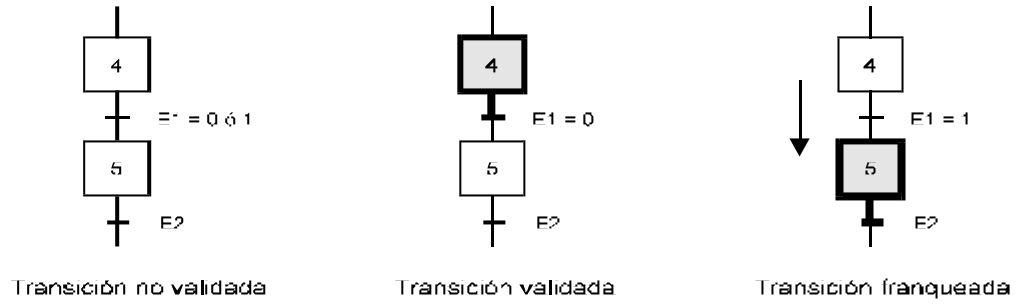
Regla 2

Se dice que una transición está validada, cuando la etapa o todas las etapas precedentes está(n) activa(s).

Se dice que una transición está franqueada, cuando:

- La transición está validada y
- La receptividad asociada a la transición es verdadera.

Caso de una Etapa



Caso de varias Etapas

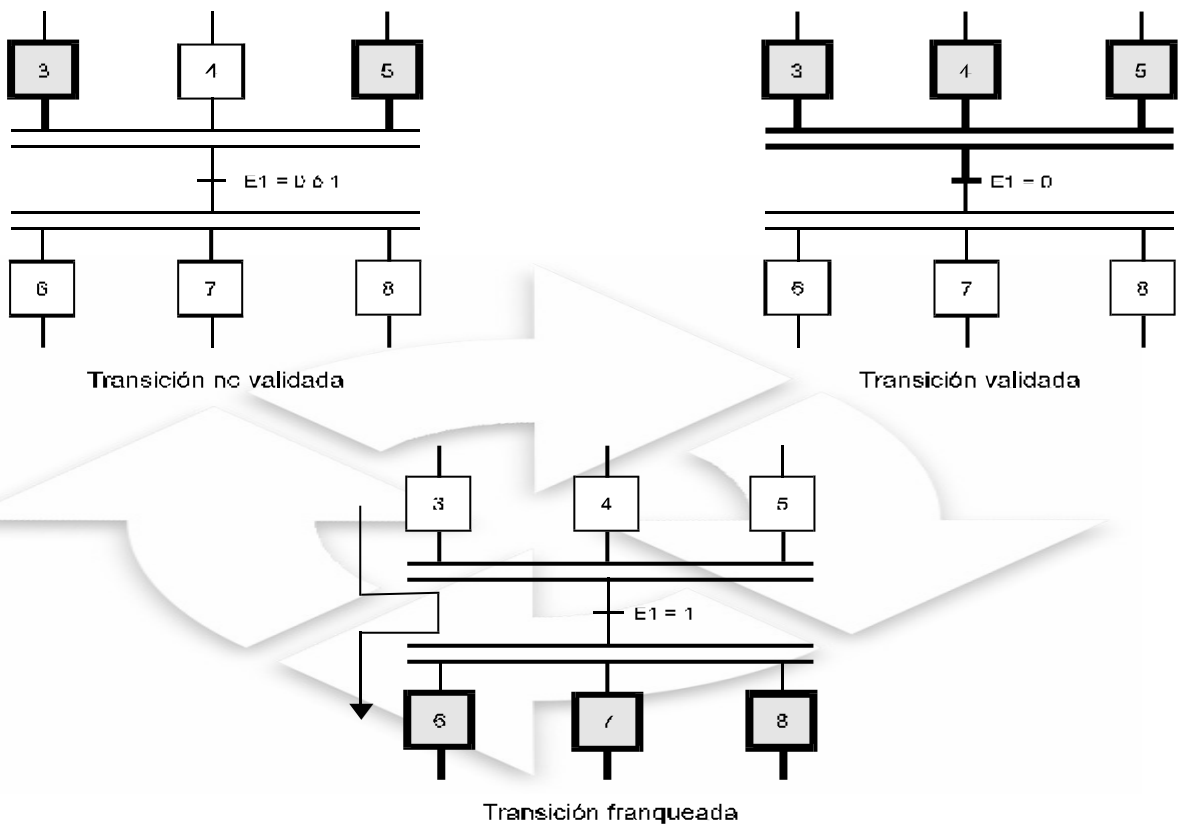


Figura 5. Estados de transición.

Regla 3

Cuando se produce el franqueado en una transición, inmediatamente se produce la activación de todas las etapas siguientes y la desactivación de todas las etapas precedentes.

Regla 4

Si las condiciones de una etapa ordenan que ésta sea desactivada y activada al mismo tiempo, el resultado final es la activación.

1.3.4 GRAFCET CON SECUENCIA LINEAL

Se denomina Grafcet con secuencia lineal, a las etapas que evolucionan unas a continuación de otras en la dirección en que se encuentran programadas pudiendo en cualquier transición realizar saltos de etapas o repeticiones de secuencias. Además, no existe la posibilidad de evolución por otra dirección formada por etapas diferentes al proceso anterior, sea ésta con direccionamiento exclusivo o direccionamiento simultáneo. La Figura 6 muestra la forma como van dispuestas las etapas en cadena y no existe la posibilidad de que dos etapas se encuentren activas en forma simultánea.

La secuencia de funcionamiento consiste en lo siguiente : cuando la etapa "1" está activa, ejecuta la acción "1" hasta que se presente la información de la receptividad " t_{1-2} ", en ese momento la etapa "2" se activa desactivándose a su vez la etapa "1". Del mismo modo se ejecutará la acción "2" hasta que se presente la información de la receptividad " t_{2-3} ", desactivándose la etapa "2" y activándose la etapa "3". Así sucesivamente irá progresando el avance de la secuencia hasta llegar nuevamente a la etapa "0" donde estará listo para reiniciar todo el proceso.

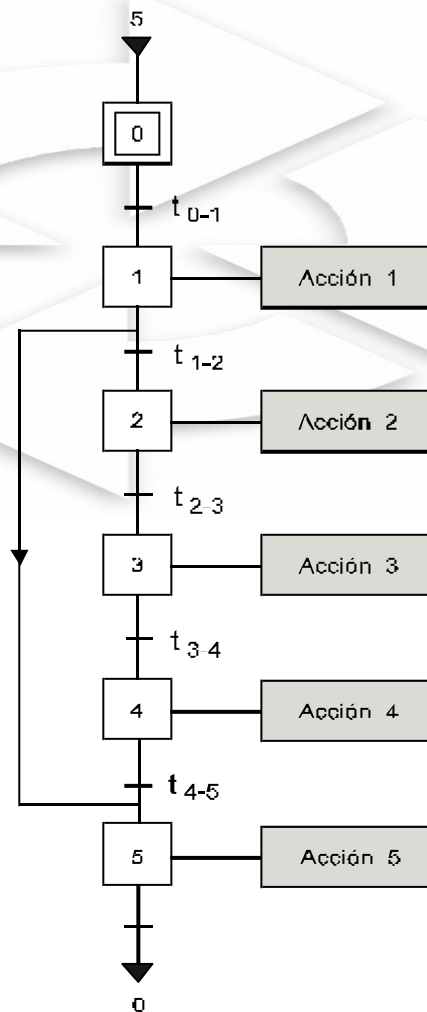


Figura 6. Grafcet con secuencia lineal.

Salto de etapas y repetición de secuencias

Existe la posibilidad de saltar una o varias etapas cuando las acciones a realizar resultan innecesarias. Por el contrario, repetir la secuencia de una o varias etapas también es permitido cuando se cumple en cualquiera de los casos ciertas condiciones preestablecidas.

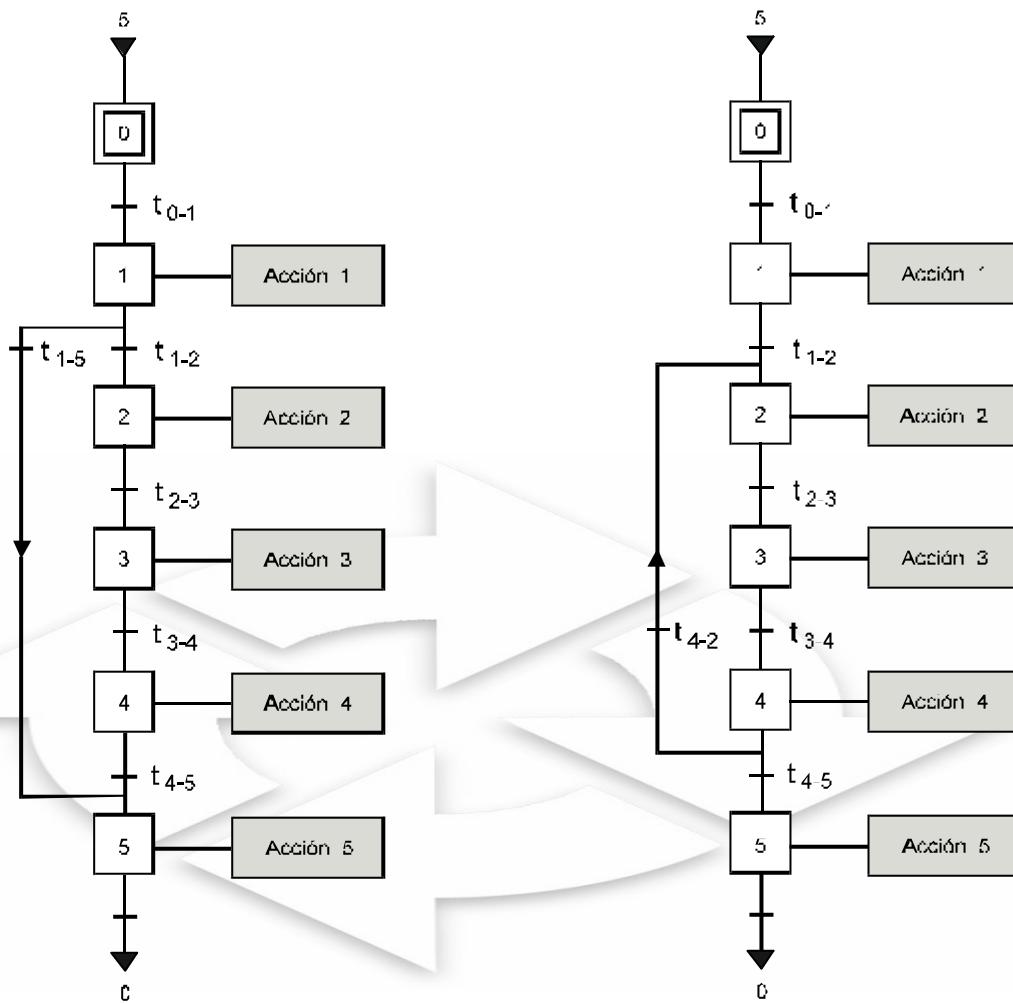


Figura 7. Salto de etapas (Izquierda) y repetición de secuencias (Derecha).

1.3.5 GRAFCET CON SECUENCIA EXCLUSIVA

Denominado también Grafcet con direccionamiento condicional.

Se refiere a los casos cuando existen situaciones dentro del proceso en la que hay que elegir una entre varias opciones de secuencias; es decir, la ejecución de procesos diferentes de acuerdo a las condiciones del sistema o decisiones del operador.

Así por ejemplo, en la Figura 8 se tienen 3 posibles secuencias de evolución, es decir, si la etapa "4" está activa y :

- Si la receptividad " t_{4-5} " es verdadera, se ejecutará la secuencia (4 – 5 – 6 – 7 – 13).
- Si la receptividad " t_{4-8} " es verdadera, se ejecutará la secuencia (4 – 8 – 9 – 13).
- Si la receptividad " t_{4-10} " es verdadera, se ejecutará la secuencia (4 – 10 – 11 – 12 – 13).

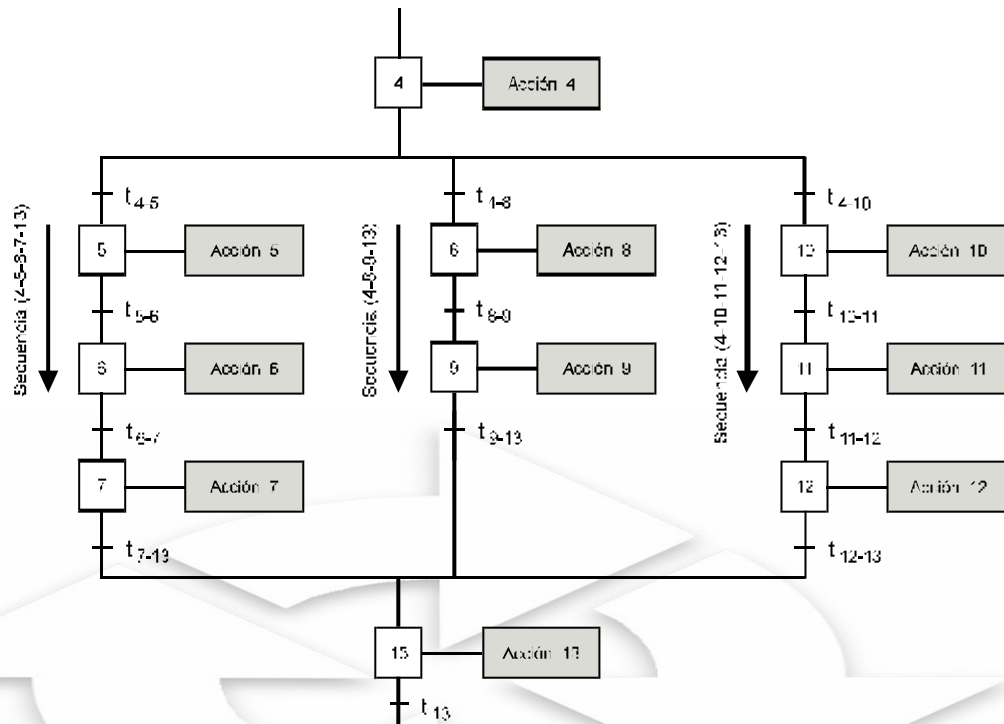


Figura 8. Grafet con direccionamiento exclusivo.

Es importante indicar, que una de estas 3 secuencias deberá ejecutarse, para ello será necesario que solamente una de las 3 receptividades " t_{4-5} ", " t_{4-8} " o " t_{4-10} " sea verdadera. Si por el contrario, dos o las tres receptividades son verdaderas simultáneamente, las dos o tres secuencias evolucionarán independientemente.

Cuando se desea receptividad exclusiva o prioritaria, es necesario modificar la receptividad a funciones lógicas tal como se muestra en la Figura 9. En el caso de receptividad exclusiva, no evolucionará ninguna secuencia cuando se presentan las receptividades " t_{4-5} " y " t_{4-7} " simultáneamente, mientras que, para la receptividad prioritaria, evolucionará la secuencia (4-5) cuando sean verdaderas las receptividades " t_{4-5} " y " t_{4-7} " simultáneamente.

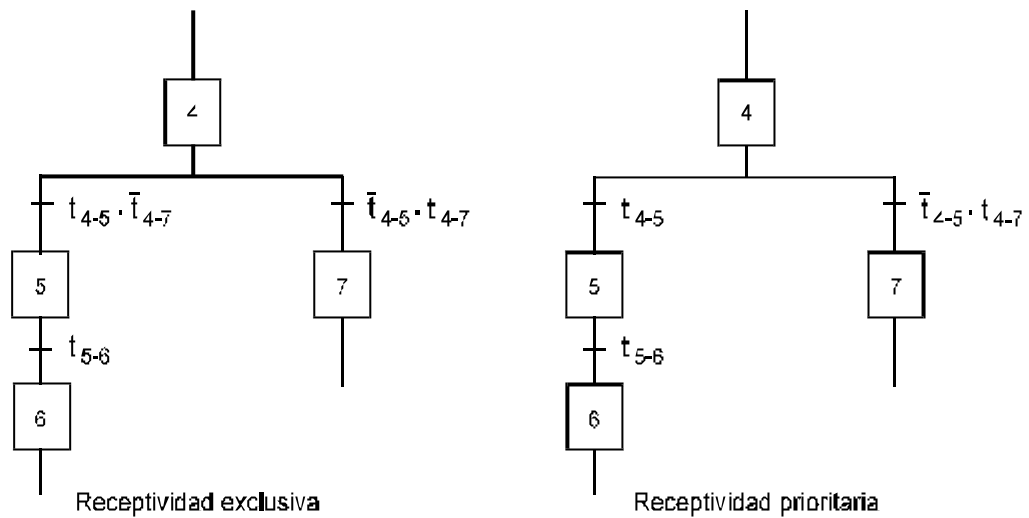


Figura 9. Receptividad exclusiva y prioritaria.

1.3.6 GRAFCET CON SECUENCIAS SIMULTÁNEAS

Este es el caso cuando se desea ejecutar secuencias en forma simultánea e independientes unas de otras. Para ello se representará el inicio y su final con dos trazos paralelos, así también una receptividad común que dará inicio a las secuencias simultáneas.

En la Figura 10 se presenta un Grafset con dos secuencias simultáneas, donde una vez que la receptividad " t_i " es verdadera, automáticamente se activarán las etapas "5" y "9", habilitando a las dos secuencias para su proceso de evolución de modo independiente.

Por otro lado, para que la transición hacia la etapa "12" sea franqueada, será necesario que se cumplan dos condiciones :

- Las etapas de fin de secuencia "8" y "11" deberán estar activas, y
- La receptividad " t_r " deberá ser verdadera (condición lógica 1)

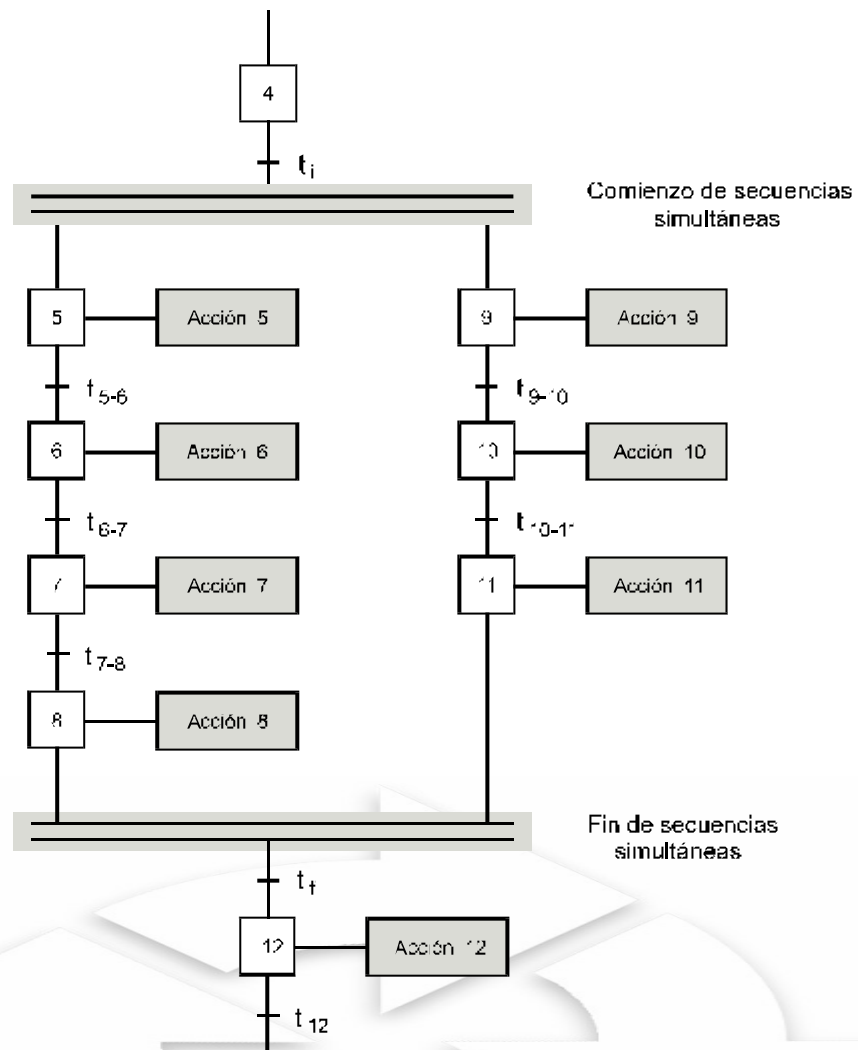



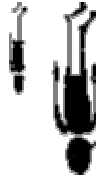


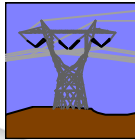

Figura 10. Grafcet con secuencias simultáneas.

1.3.7 CRITERIOS TÉCNICOS PARA SELECCIONAR UN PLC

A continuación, se especifica los diferentes criterios para seleccionar *un PLC*:

1.3.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para la fuente de alimentación es necesario tener presente los siguientes datos técnicos

- * *Tipo de corriente* _____ 
 - . AC / DC
- * *Nivel de tensión*
 - . *valor nominal* : (Vn)
 - . *margen admisible* : (0,85.....1.2) Vn
- * *Potencia admisible*
 - . *expresado en (W)*
- * *Frecuencia de la red*
 - . *valor nominal* : (50/60 Hz)
 - . *margen admisible* : $\pm 5\%$
- * *Capacidad de corriente*
 - . *de entrada a (...V)* : (A)
 - . *de salida (usuario) a (...V)* : (A)
- * *Condiciones ambientales*
 - . *temperatura* : (°C)
 - . *humedad (%)/sin condensación*
- * *Indice de protección*
 - . (IP...)

Quando se estima la potencia de la fuente, se debe considerar los consumos de las siguientes cargas.

- * CPU
- * módulos E/S (discreta/análoga)
- * módulos inteligentes
- * ampliaciones futuras
- * otros.

1.3.1.2 UNIDAD DE PROCESAMIENTO CENTRAL (C.P.U.)

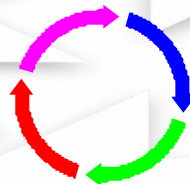
Del mismo modo, cuando se selecciona la CPU, debemos tener presente:

- * *La capacidad de memoria*
 - . *Total : (Kb)*
 - . *Interna RAM: (Kb) o (instrucciones)*
 - . *Módulos de memorias: EPROM/EEPROM*



- * *Tiempo de ejecución (SCAN TIME)*
 - . *de cada operación binaria : (ns)*
 - . *de cada operación tipo palabra : (ns)*
 - . *de una operación mixta:*
 - . *35% binarias + 65% palabras (ns)*

En cada caso éstos varían según el fabricante.



- * *Tiempo de vigilancia de ciclo*
 - . *perro guardián : (ms)*



- * *Cantidad de E/S discretas*
- * *Cantidad de E/S análogas*
- * *Cantidad de memorias internas*
 - . *Total*
 - . *remanentes*
 - . *no remanentes*

* Cantidad de temporizadores



* Cantidad de contadores

- Reloj-calendario
- Algoritmo de regulación PID
- Canales de comunicación
- Posibilidad de integración a red



Con estos datos la CPU debe satisfacer los requerimientos del sistema actual y a futuro.

1.3.1.3 ENTRADAS DISCRETAS

Al seleccionar los módulos de entrada, es conveniente tener presente:

- La cantidad de entradas discretas
- El tipo de corriente
 - . AC / DC
- El nivel de tensión nominal
 - . (V)
- La intensidad de corriente
 - . (mA)
- La temperatura ambiente admisible
 - . (°C)

Es recomendable usar entradas discretas en DC por razones de seguridad y económicas en lugar de entradas en AC.



1.3.1.4 SALIDAS DISCRETAS

Del mismo modo para las salidas discretas:

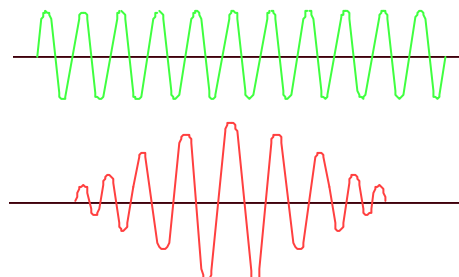
- La cantidad de salidas discretas
- El tipo de corriente
 - . AC / DC (Tipo: transistor, relé o triac)
- El nivel de tensión
 - . valor nominal: (V)
 - . margen admisible: (...@...)

Valores más usuales: 24 VDC, 110/115 VAC, 220/230 VAC.

- Capacidad admisible de
 - . corriente : (mA, A)
 - . potencia : (W)/DC, (VA)/AC
- Condiciones ambientales de temperatura
 - . (°C)

1.3.1.5 ENTRADAS / SALIDAS ANALÓGICAS

- Cantidad de entradas/salidas analógicas
- Tipo de señal
 - . en corriente : (mA) / (0-20)mA, (4-20)mA, etc.
 - . en tensión : (V) / (0-2) V, (0-5) V, (0-10) V, $\pm 10V$, etc.
- Resistencia de entrada
 - . (MW), (entradas análogas)
- Resistencia de carga
 - . (W), (salidas análogas)
- Resolución
 - . (Nº de bits + signo) / 8, 12, 16 bits



- *Tiempo de escrutinio*
 . (ms / 50Hz, ms / 60Hz)
- *Corriente/tensión de entrada admisible máxima*
 . (mA/V), (entradas análogas)
- *Corriente de cortocircuito*
 . (mA), (salidas análogas)

1.3.1.6 MÓDULOS INTELIGENTES

Se tienen de diferentes tipos tales como:

- *Módulo de temporizadores.*
- *Módulo de contadores.*
- *Módulo de regulación PID.*
- *Módulo de posicionamiento.*
- *Controlador de motores paso a paso.*
- *Módulos de comunicación, etc.*

1.3.1.7 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Cada fabricante tiene su propio lenguaje de programación, cuya representación varía de acuerdo a la marca, así tenemos :

- . *Lista de instrucciones.*
- . *Texto estructurado.*
- . *Plano de funciones y*
- . *Diagrama escalera o diagrama de contactos.*

Esta última representación es la más difundida en la mayoría de PLCs, pudiendo tener ciertas funciones que no están presentes en las otras o viceversa.

Se debe evaluar que el lenguaje de programación tenga capacidad para programar fundamentalmente lo requerido por el sistema, así por ejemplo:

- *E/S analógicas.*
- *Registrador de datos.*
- *Secuenciadores.*
- *Operaciones aritméticas: +, -, x, /, ∅*
- *Comparadores: >, <, ><, ∑, £,*
- *Salto.*
- *Algoritmos PID.*
- *etc.*



1.3.1.8 SISTEMA DE CONFIGURACIÓN

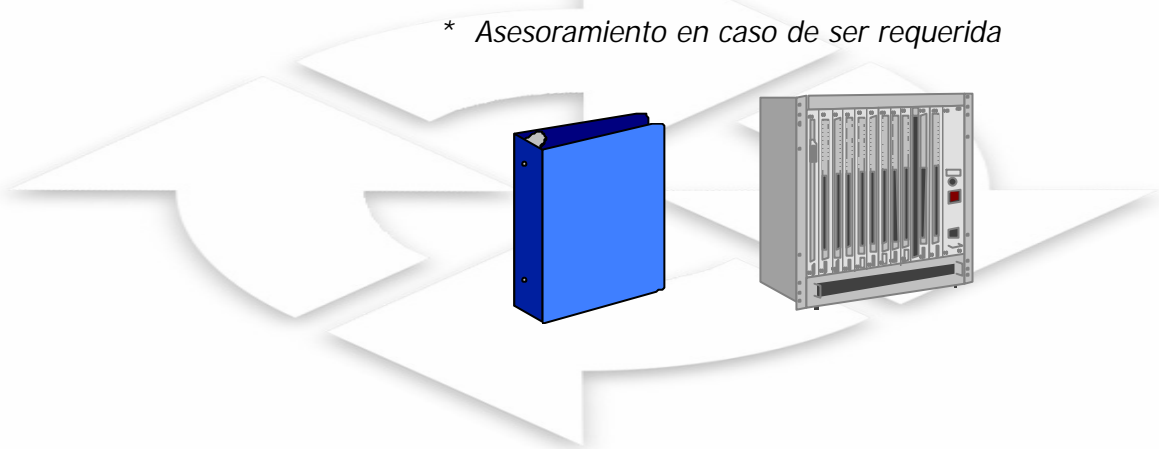
Es importante, también, tener presente los sistemas de configuración, tal como se estudio en el módulo 3:

- *Configuración compacta.*
- *Configuración modular.*
- *Configuración compacto-modular.*

1.3.8 SOPORTE TÉCNICO

Esta parte es de gran importancia, ya que el fabricante o distribuidor debe dar toda la garantía para una máxima disponibilidad del equipo y del servicio del futuro; para ello debe disponer:

- * *De repuestos: la totalidad de las partes y accesorios de preferencia.*
- * *De catálogos y manuales*
- * *Del servicio técnico de:*
 - . *mantenimiento*
 - . *programación*
- * *Asesoramiento en caso de ser requerida*



1.4 RESUMEN

1. La programación mediante la carta de funciones secuenciales (GRAFCET) es un método gráfico, que permite describir, representar e interpretar fácilmente las funciones de los automatismos secuenciales.
2. La relación etapa-transición es un conjunto indisoluble.
3. Las etapas son sucesos concretos y están asociadas a las acciones.
4. Las acciones son los resultados de las órdenes, por ejemplo la activación de un contactor.
5. Las transiciones indican las posibilidades de evolución entre etapas y está relacionada con una condición lógica , por ejemplo el estado de un pulsador.
6. Los enlaces orientados son líneas verticales y horizontales que indican las vías de evolución del estado del grafcet.
7. Los módulos de procesamiento de un lenguaje grafcet son:
 - Módulo de pre-procesamiento.
 - Módulo de procesamiento secuencial, y
 - Módulo de post-procesamiento.
8. Se denomina grafcet con secuencia lineal, a las etapas que evolucionan unas a continuación de otras.
9. Se denomina grafcet con secuencia exclusiva, cuando hay que elegir una entre varias opciones de secuencias.
10. Se denomina grafcet con secuencias simultáneas, cuando se ejecuta en forma simultánea varias secuencias.
11. *Los criterios técnicos para la selección del PLC son:*
 - ☞ *Fuente de alimentación*
 - ☞ *C.P.U.*
 - ☞ *Entradas y salidas discretas*
 - ☞ *Entradas y salidas analógicas*
 - ☞ *Módulos inteligentes*
 - ☞ *Lenguajes de programación*
 - ☞ *Sistemas de configuración*
 - *Además del criterio técnico es importante tener en cuenta el soporte técnico.*

1.5 PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. En el ciclo de funcionamiento de un programa grafcet, previo a la ejecución del pre-procesamiento se ejecutan dos acciones, ¿Cuáles son éstas acciones?
2. Para la inicialización del grafcet se precisa una etapa que se active incondicionalmente, ¿Cuál es ésta etapa?
3. Un grafcet con secuencia lineal, ¿Puede saltar o retroceder etapas?
4. ¿Cuándo se considera una receptividad exclusiva?
5. ¿Es importante tener presente la potencia admisible de la fuente de alimentación del PLC?
6. ¿Es indiferente que a un módulo de entrada diseñada para DC se le conecte una entrada en AC?
7. *¿En qué caso se puede elegir un PLC compacto?*



1.6 RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Según la figura 2 son:
 - Dialogo con el programador y
 - Lectura de entradas.
2. La etapa inicial.
3. Afirmativo y se denomina:
 - Salto de etapas y
 - Repetición de secuencias.
4. Cuando no se desea que evolucionen etapas en simultáneo, para un graficet con direccionamiento exclusivo, cuando se cumplen las condiciones de la transición en ambas secuencias.
5. Sí, porque no es lo mismo que la fuente alimente una tarjeta de entrada y otra de salida, que un PLC tenga una fuente para alimentar 20 tarjetas entre entradas y salidas.
6. No, Porque como se vio en el circuito equivalente de estos módulos en DC, necesitan la parte de rectificación para que puedan recibir tensión en AC.
7. Para aplicaciones pequeñas, donde se requiera gobernar unas cuantas entradas y salidas.

