

INTRODUCCIÓN



Arantza Burgos
María Luz Álvarez
Isabel Sarachaga
Joseba Sainz de Murieta



eman ta zabal zazu

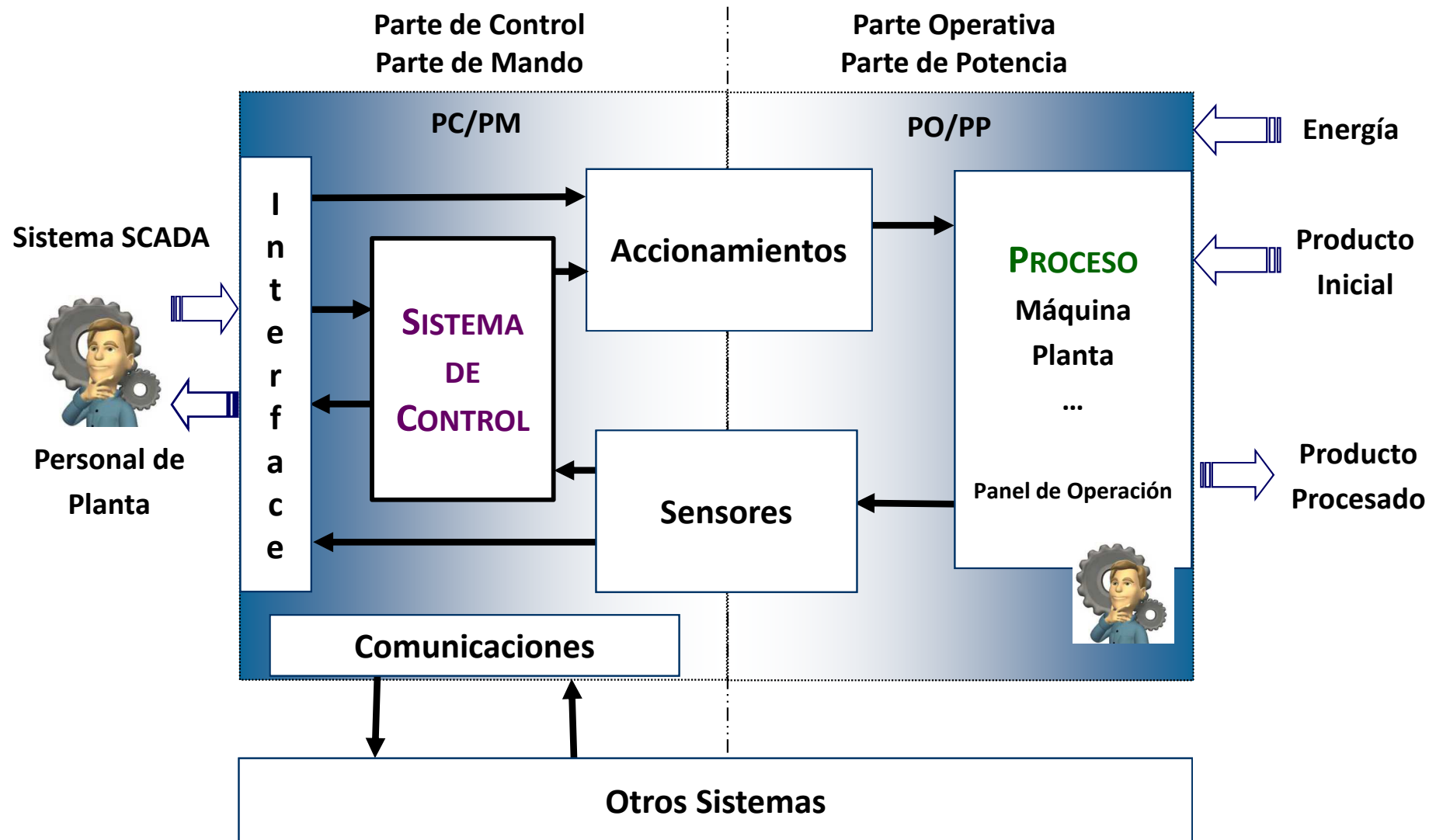


UPV EHU

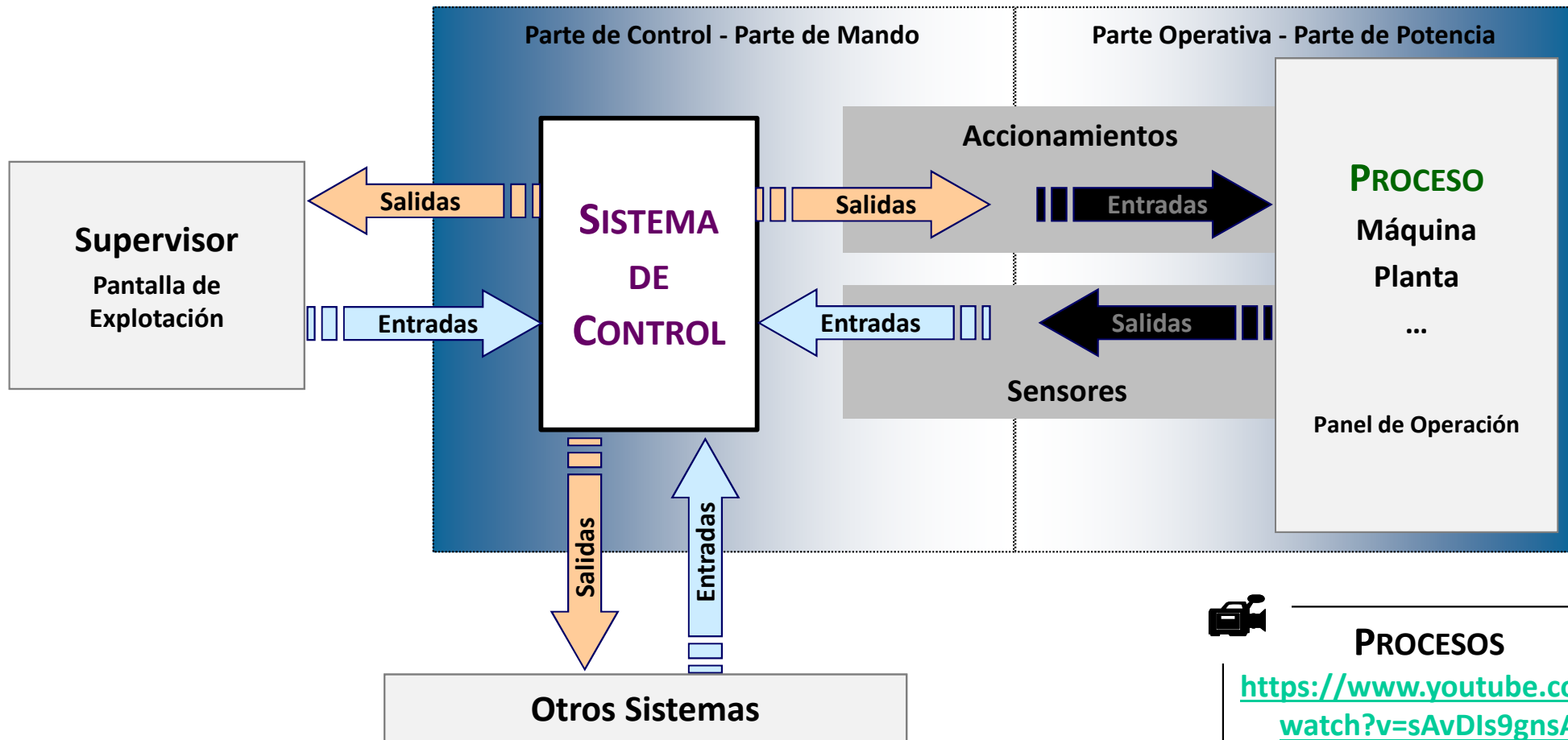
- 1. Contexto**
- 2. Lenguaje de Modelado GRAFCET**
- 3. Taladro**
 - **Enunciado**
 - **Entradas y Salidas**
 - **Análisis del Enunciado y Primera Aproximación**
 - **Acciones de Efecto Mantenido**
 - **Relación entre la Parte de Control y la Parte Operativa**
 - **Situación Inicial**
 - **Acciones Condicionales**
 - **Implementación**

CONTEXTO

Dentro de un sistema automatizado el **SISTEMA DE CONTROL** se encuentra situado en la **Parte de Mando o Parte de Control** y el **PROCESO** a Controlar en la **Parte Operativa o Parte de Potencia**.



CONTEXTO

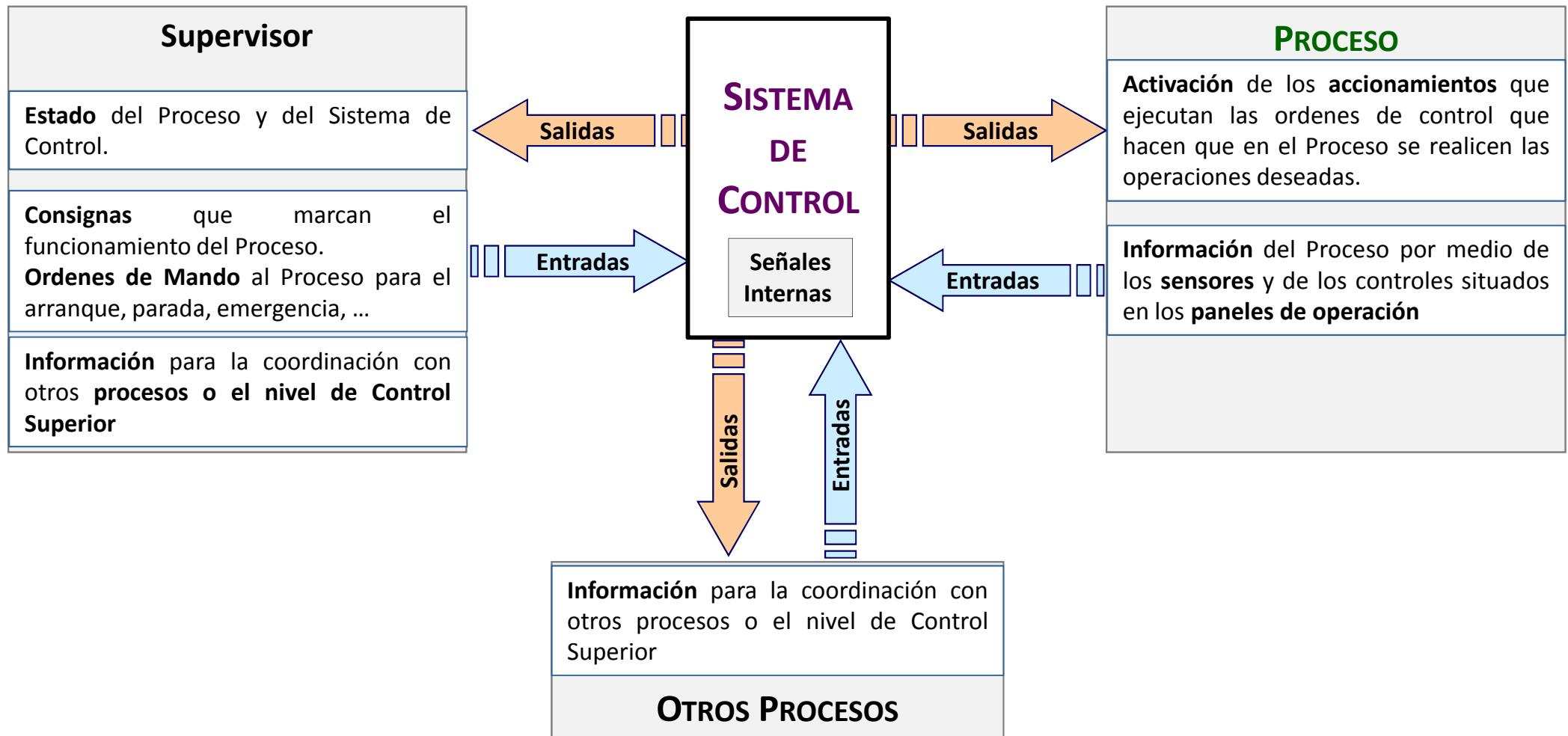


PROCESOS

<https://www.youtube.com/watch?v=sAvDIs9gnsA>



CONTEXTO



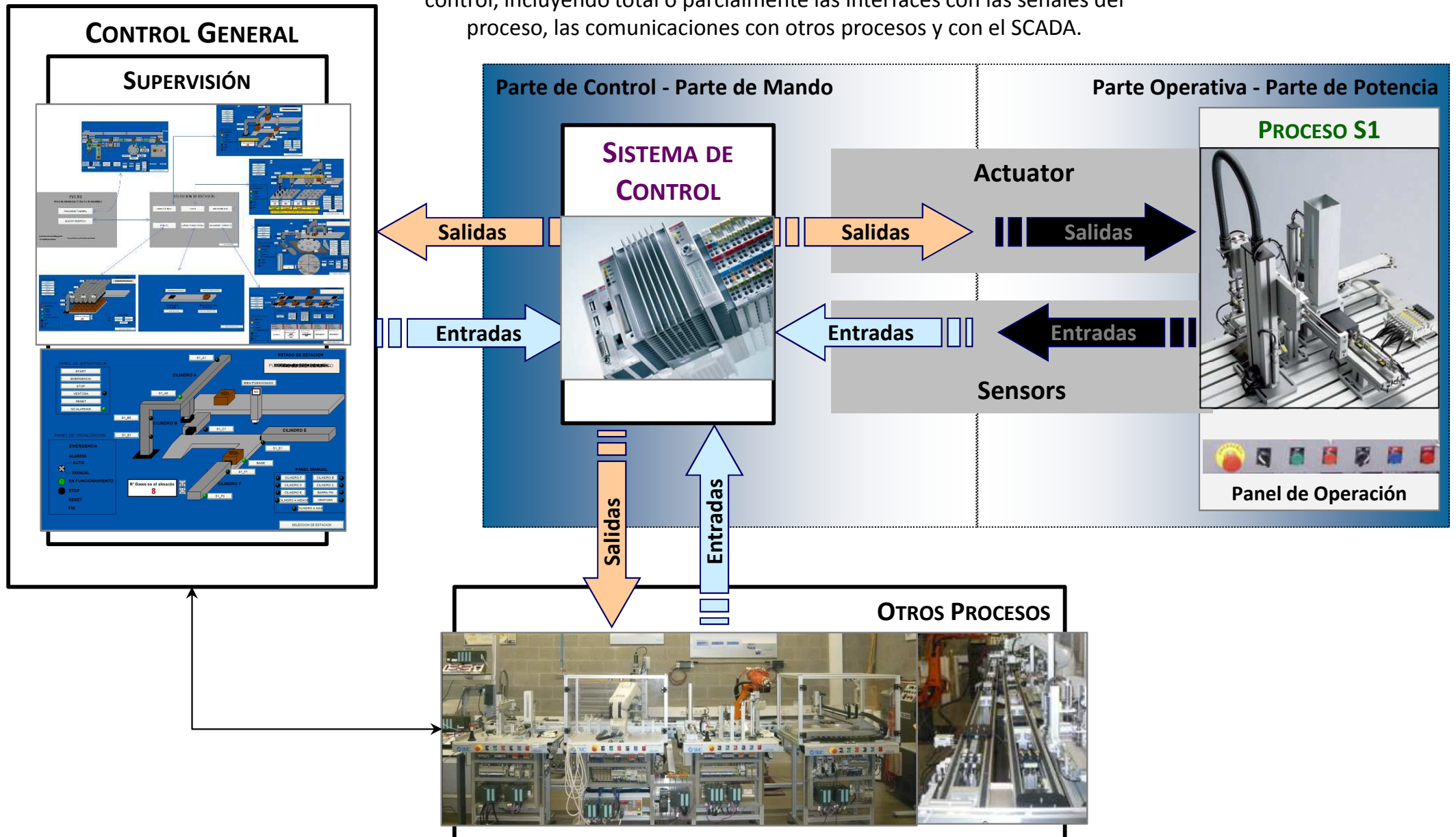
CONTEXTO

El **Sistema de Control**, en función de las entradas que recibe, genera las salidas necesarias para el correcto funcionamiento del Proceso.

- ⇒ **Proceso** (Maquina, Planta, Sistema de Producción...):
 - ⇒ **[Entrada]** El Sistema de Control recibe Información del Proceso por medio de los sensores (puerta abierta, mordaza cerrada, temperatura alcanzada, presión sobre la pieza correcta, tanque lleno, nivel de cubeta, barrera subida, pieza bien situada, ...) y de los controles situados en los paneles de operación (marcha, paro, emergencia, Automático/Manual...).
 - ⇒ **[Salida]** El Sistema de Control activa los accionamientos que ejecutan las ordenes de control que hacen que en el Proceso se realicen las operaciones deseadas (arrancar motor cinta, avanzar cilindro, calentar horno, subir elevador...). El sistema de Control activa también los elementos de visualización y de aviso que se encuentran en el panel operación (luces, mensajes, sirenas...).
- ⇒ **Supervisor** (Pantalla de explotación):
 - ⇒ **[Entrada]** El Sistema de Control recibe del SCADA Información de:
 - ⇒ Consignas que marcan el funcionamiento del Proceso (tipo de piezas a fabricar, límites de temperaturas, almacenes disponibles, equipos en mantenimiento, ...).
 - ⇒ Ordenes de mando al Proceso para el arranque, parada, emergencia, ...
 - ⇒ Información para la coordinación con otros procesos.
 - ⇒ **[Salida]** El Sistema de Control informa al SCADA del estado del Proceso y del Sistema de Control.
- ⇒ **Otros Procesos:**
 - ⇒ **[Salida] [Entrada]** Información para la coordinación con otros procesos.

CONTEXTO

Dentro del Sistema de Control, el **autómata programable** es la unidad de control, incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales del proceso, las comunicaciones con otros procesos y con el SCADA.



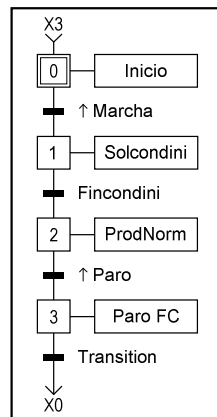
GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande, Etapes, Transitions)

- **GRAFCET** se define en el año **1977** por el grupo de trabajo de **AFCET** (*Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique*) (AFCET Commission, 1977).
- En el año **1982**, **ADEPA** (*Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée*) normalizó la definición de GRAFCET, le dio una nueva forma de representación gráfica y la propuso como estándar francés **UTE NF C 03-190**.
- Posteriormente, en **1988**, **IEC** (*International Electrotechnical Commission*) lo convirtió en el estándar internacional **IEC-848** (IEC, 1988). Además, GRAFCET ha servido de base para el desarrollo de un nuevo lenguaje para la descripción y programación de automatismos secuenciales, denominado **SFC** (*Sequential Function Chart*), publicado en 1993 como parte del estándar internacional **IEC 61131-3** (IEC, 2003).

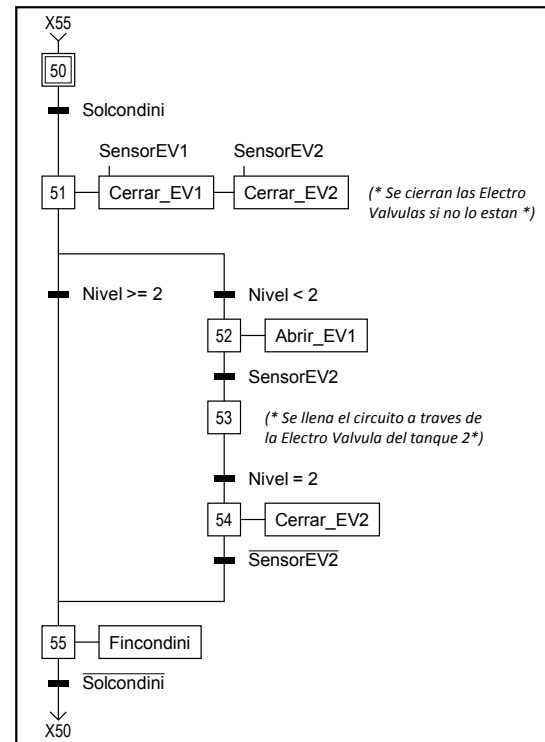
- **GRAFCET es un método gráfico para describir el comportamiento de los sistemas secuenciales.** Al igual que las *Redes de Petri*, organiza el lenguaje en torno a dos tipos de elementos: *etapas* y *transiciones*. Estos elementos están conectados de forma alterna (etapa-transición, transición-etapa) mediante *líneas orientadas de evolución*. Además de los elementos de representación, GRAFCET define *reglas de evolución* entre etapas y *reglas para la interpretación* de los diagramas.
- En un diagrama de GRAFCET, las ***etapas*** representan los estados del sistema, las ***transiciones*** indican la posibilidad de evolución entre las etapas y ***las líneas orientadas*** establecen la secuencia de evolución conectando las etapas y las transiciones. Para evolucionar, todas las etapas previas a una transición deben estar activas y se debe cumplir la condición (***receptividad***) asociada a la transición correspondiente. Como consecuencia de una transición, las etapas posteriores a la transición se activan y se desactivan todas las anteriores. Las etapas tienen asociadas ***acciones*** que se ejecutan únicamente cuando la etapa está activa.

LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

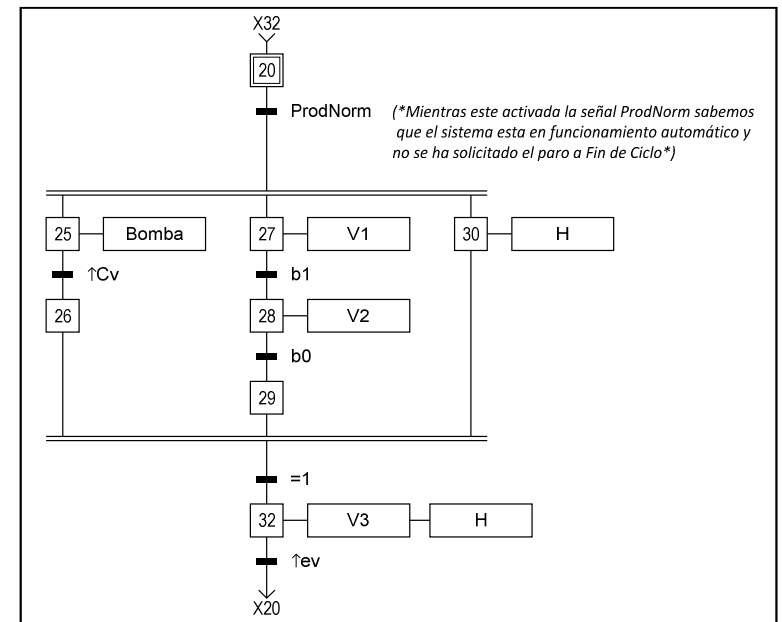
- Las secuencias se pueden combinar usando otras estructuras para representar comportamientos más complejos; por ejemplo, las tareas alternativas se representan utilizando **divergencias en "O"** y **convergencias en "O"**, mientras que las tareas concurrentes se representan por medio de **divergencias en "Y"** y **convergencias en "Y"**. También se pueden representar **bucles** y **saltos condicionales**.



Secuencia



Divergencia en "O" y convergencia en "O"



Divergencia en "Y" y convergencias en "Y"

LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

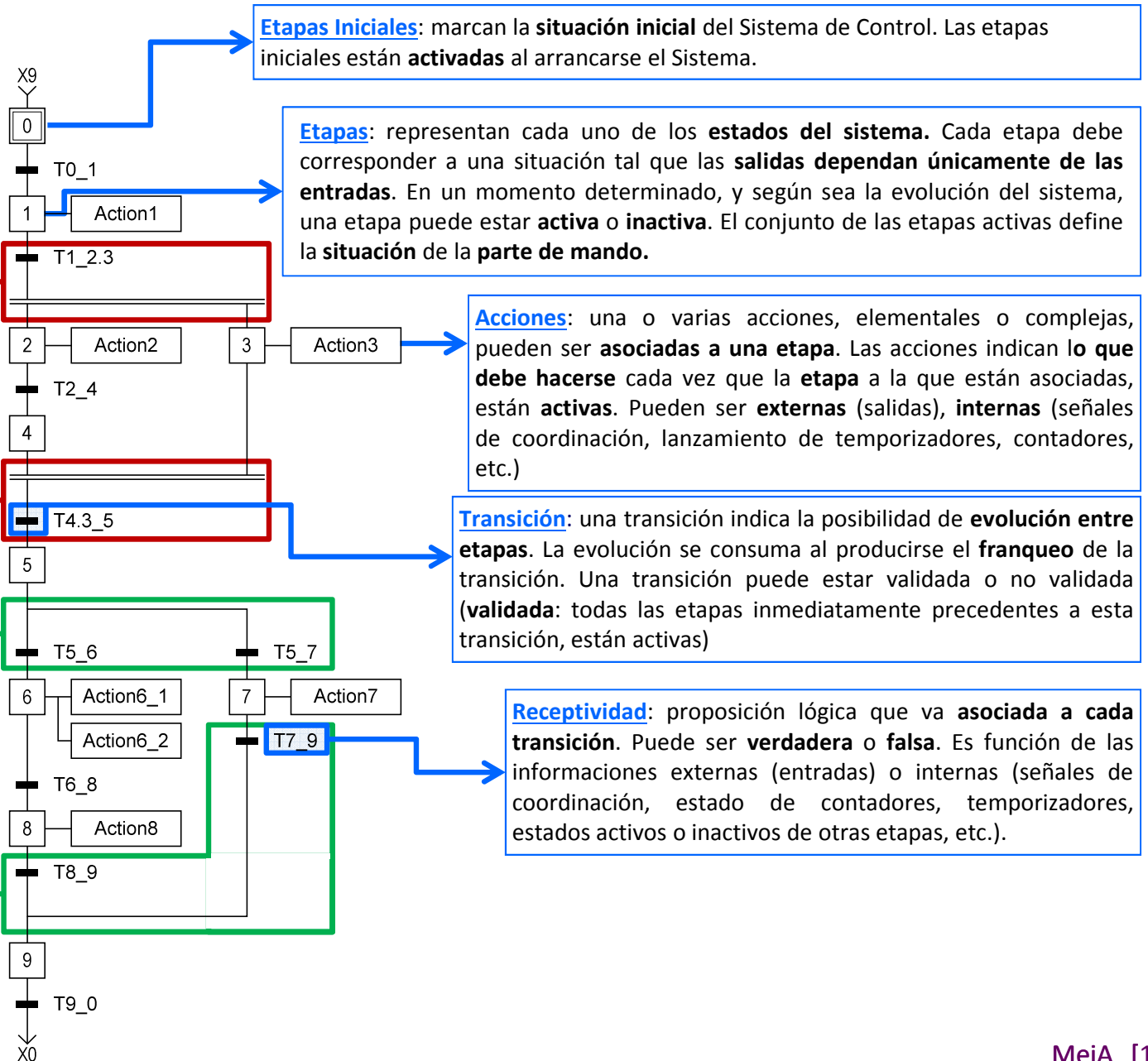
Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones

Divergencia en «Y»: se inician varios caminos o subprocesos que deben iniciarse **simultáneamente** cuando se cumpla la condición de transición común T1_2.3.

Convergencia en «Y»: convergencia simultanea de varios caminos. La etapa 5 no se activará hasta que nos estén activadas las etapas 4 y 3 y se cumpla la receptividad T4.3_5

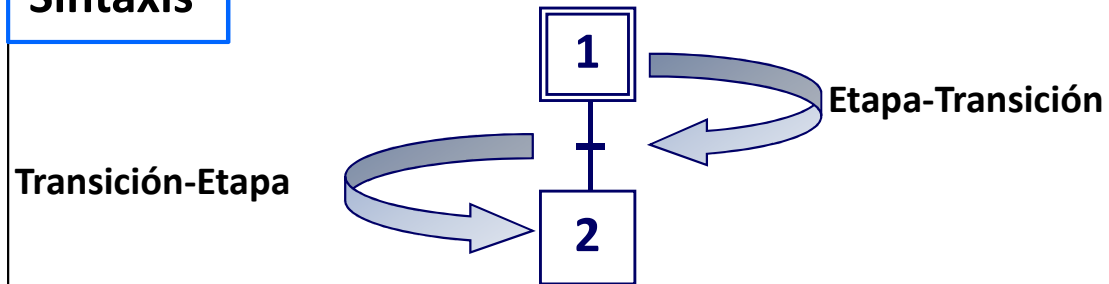
Divergencia en «O»: se inician varios caminos o subprocesos **alternativos** (secuencias **exclusivas**). Las **condiciones de transición** de los caminos de la divergencia han de ser **excluyentes entre sí** (intersección nula), de forma que el proceso sólo podrá, **progresar** en cada caso **por uno de ellos**.

Convergencia en «O»: confluencia de caminos alternativos.



LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

Sintaxis



La alternancia **Etapa-Transición** y **Transición-Etapa** debe ser respetada siempre, sea cual sea la secuencia recorrida.

La **Transición**, puede ser expresada por una función lógica combinacional todo lo compleja que sea necesario, siempre que dé como resultado un bit (verdadera (1), falsa (0)).

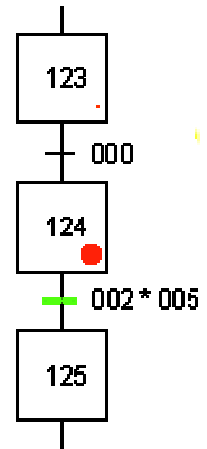
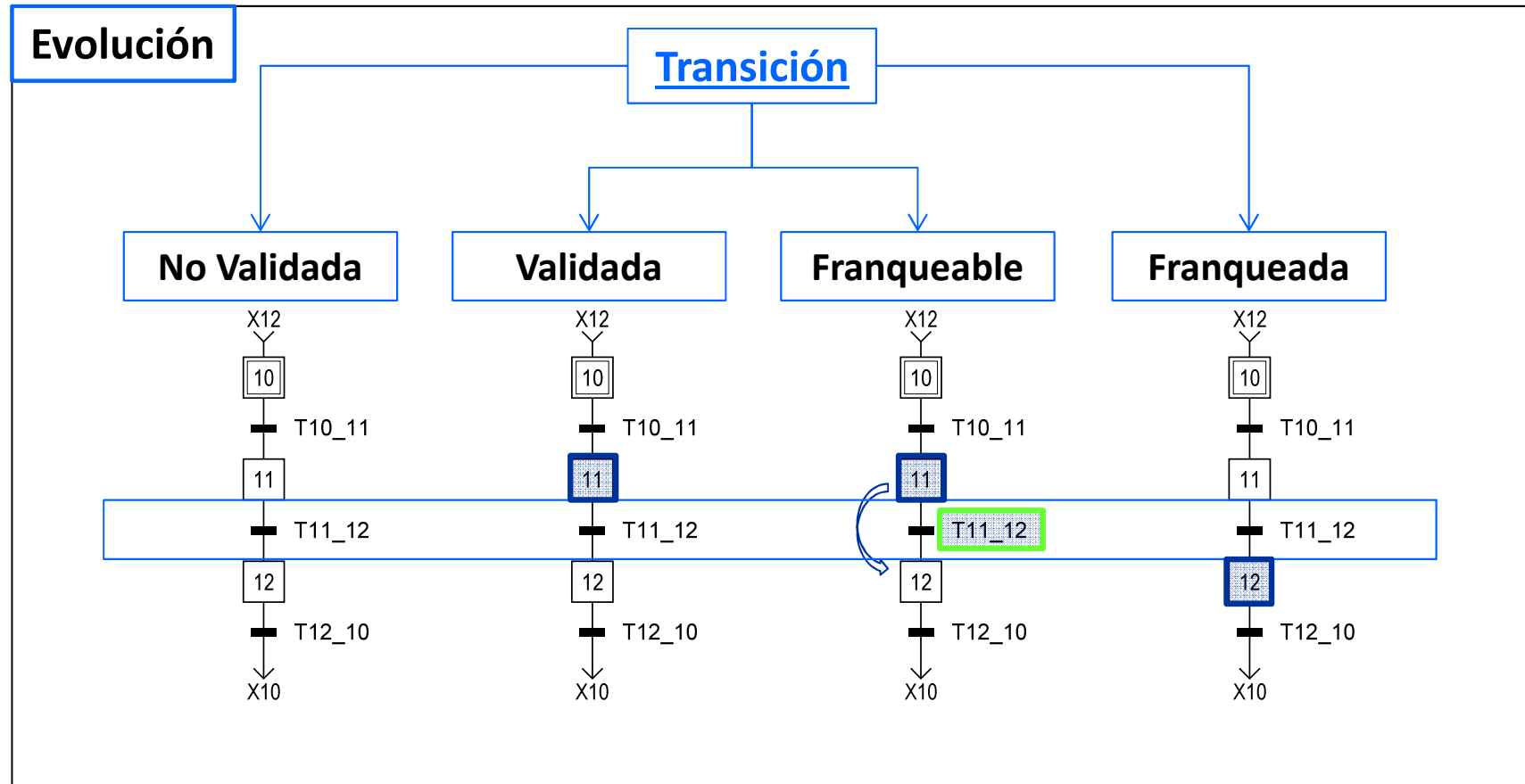
Evolución

Etapa \Rightarrow Variable de estado booleana tipo bit **X_i**

(1) Activa \Rightarrow se activa cuando esté activada la etapa anterior (o etapas en <<divergencia en y>>) y se cumpla la condición de la transición entre ambas.

(0) Inactiva \Rightarrow se desactiva cuando se cumplan las condiciones de transición a la siguiente o siguientes y dicha transición se haya efectuado.

LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

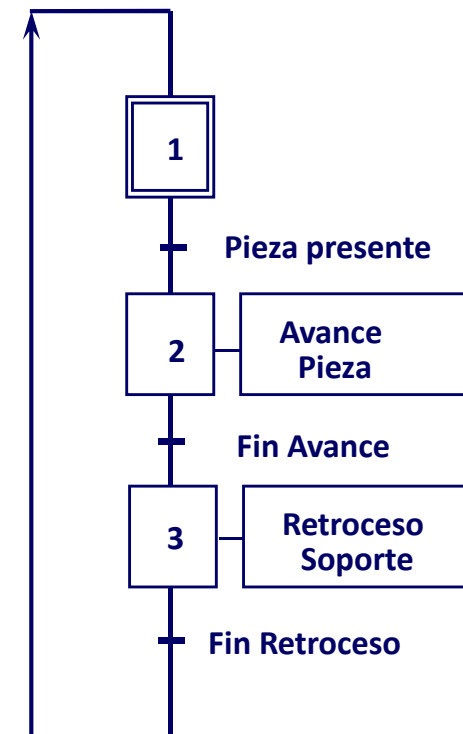


El GRAFCET puede utilizarse para describir los tres niveles de especificaciones de un automatismo. Estos tres niveles son los que habitualmente se utilizan para diseñar y para describir un automatismo.

GRAFCET de nivel 1: Descripción funcional

En el primer nivel interesa una descripción global (normalmente poco detallada) del automatismo que permita comprender rápidamente su función. Es el tipo de descripción que haríamos para explicar lo que queremos que haga la máquina a la persona que la ha de diseñar o el que utilizaríamos para justificar, a las personas con poder de decisión en la empresa, la necesidad de esta máquina.

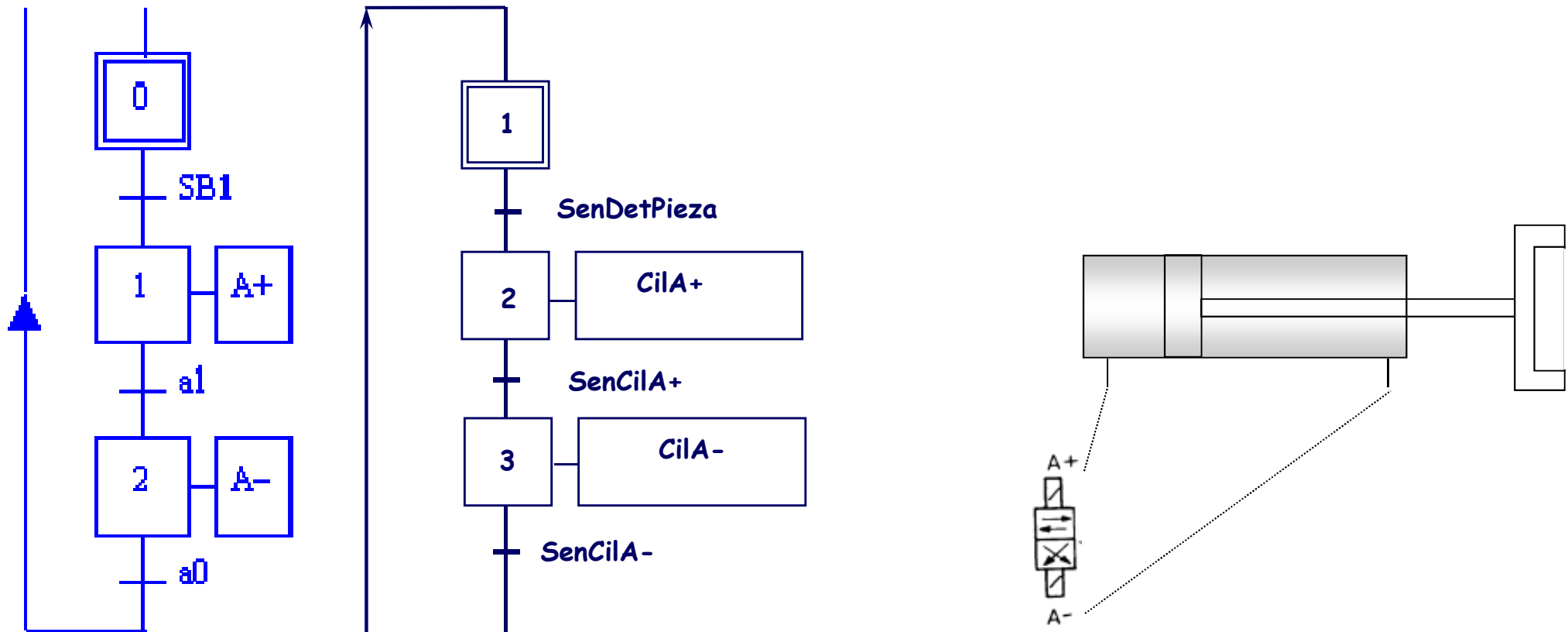
Este GRAFCET **no debe contener ninguna referencia a las tecnologías utilizadas**; es decir, no se especifica cómo hacemos avanzar la pieza (cilindro neumático, motor y cadena, cinta transportadora, etc.), ni cómo detectamos su posición (fin de carrera, detector capacitivo, detector fotoeléctrico, etc.), ni tan solo el tipo de automatismo utilizado (autómata programable, neumática, ordenador industrial, etc.).



LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

GRAFCET de nivel 2: Descripción tecnológica

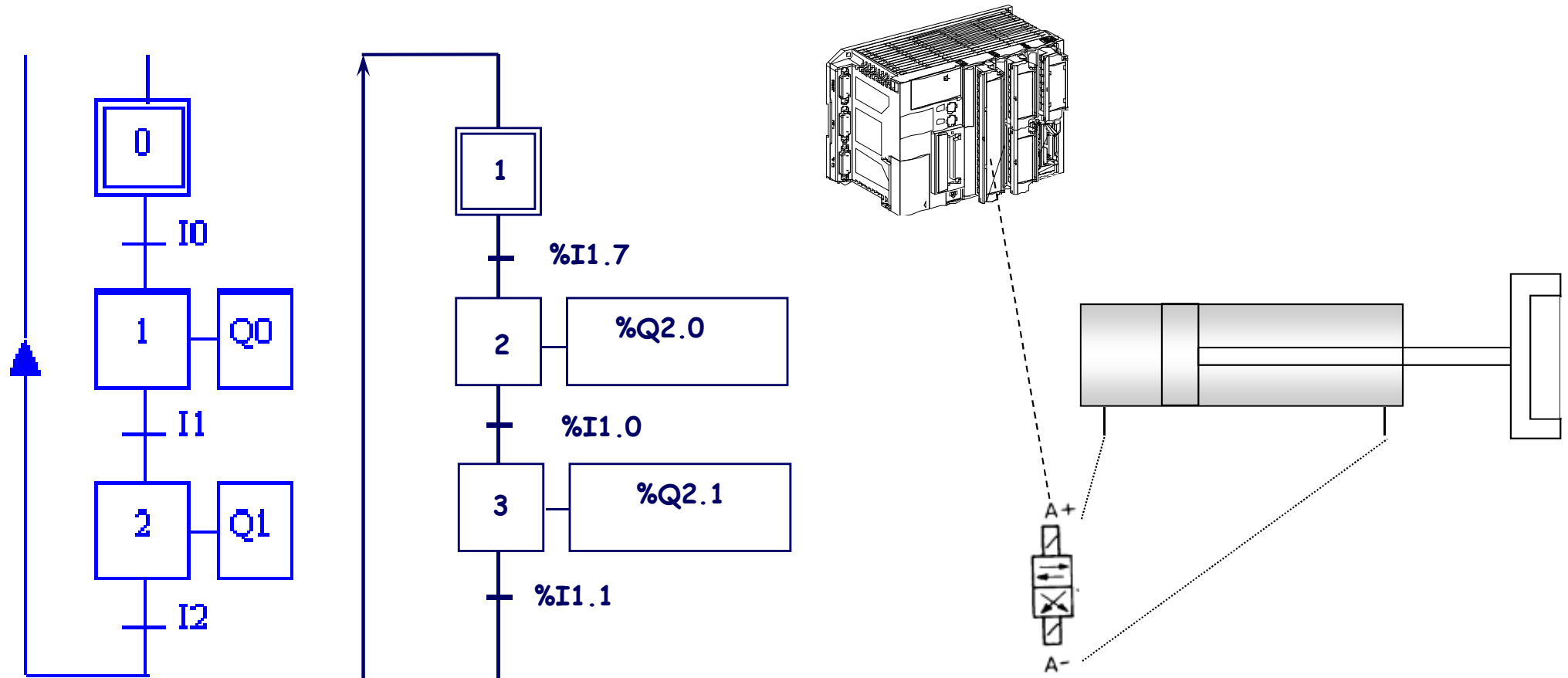
En este nivel se hace una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Quedan perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El GRAFCET describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la máquina y nos falta el automatismo que la controla.



LENGUAJE DE MODELADO GRAFCET

GRAFCET de nivel 3: Descripción operativa

En este nivel se implementa el automatismo. El GRAFCET definirá la secuencia de actuaciones que realizará este automatismo. En el caso de que se trate, por ejemplo, de un autómatas programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas.





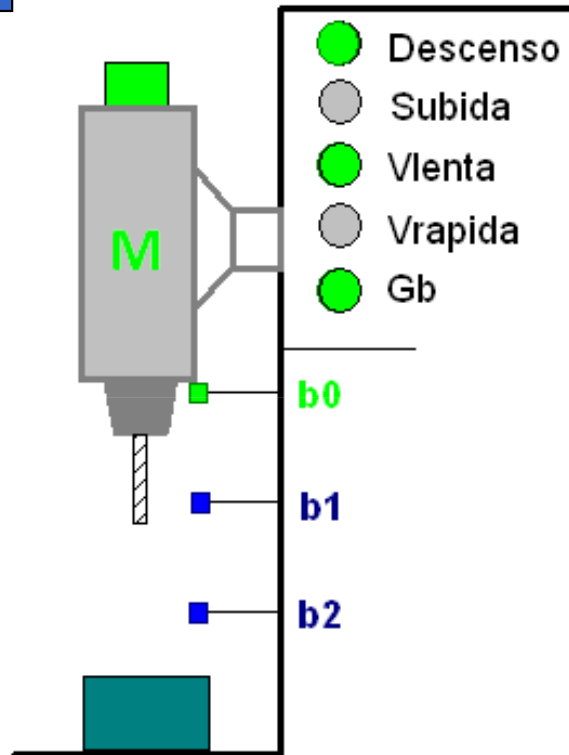
- Curso de GRAFCET y GEMMA :
<http://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/>
<https://secuenciabinaria.wikispaces.com/file/view/Curso+de+GRAFCET+y+GEMMA.pdf>
- Resumen de Grafcet: http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/grafcet_resumen.pdf
- Curso Multimedia de Grafcet: http://personales.upv.es/jldiez/curso_grafcet/
- Enlace Estándar: International Electrotechnical Commission - GRAFCET specification language for sequential function charts. Retrieved from IEC 60848, 2013:
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/047598!opendocument>

TALADRO

<http://www.epsic.ch/pagesperso/maccaudo/Schema/Exercices/AnimationsFlash/Grafcet.swf>



Animación



Sea un taladro tal como el de la figura en el que la broca gira durante todo el ciclo de funcionamiento. El control de los movimientos se realiza mediante cinco contactores:

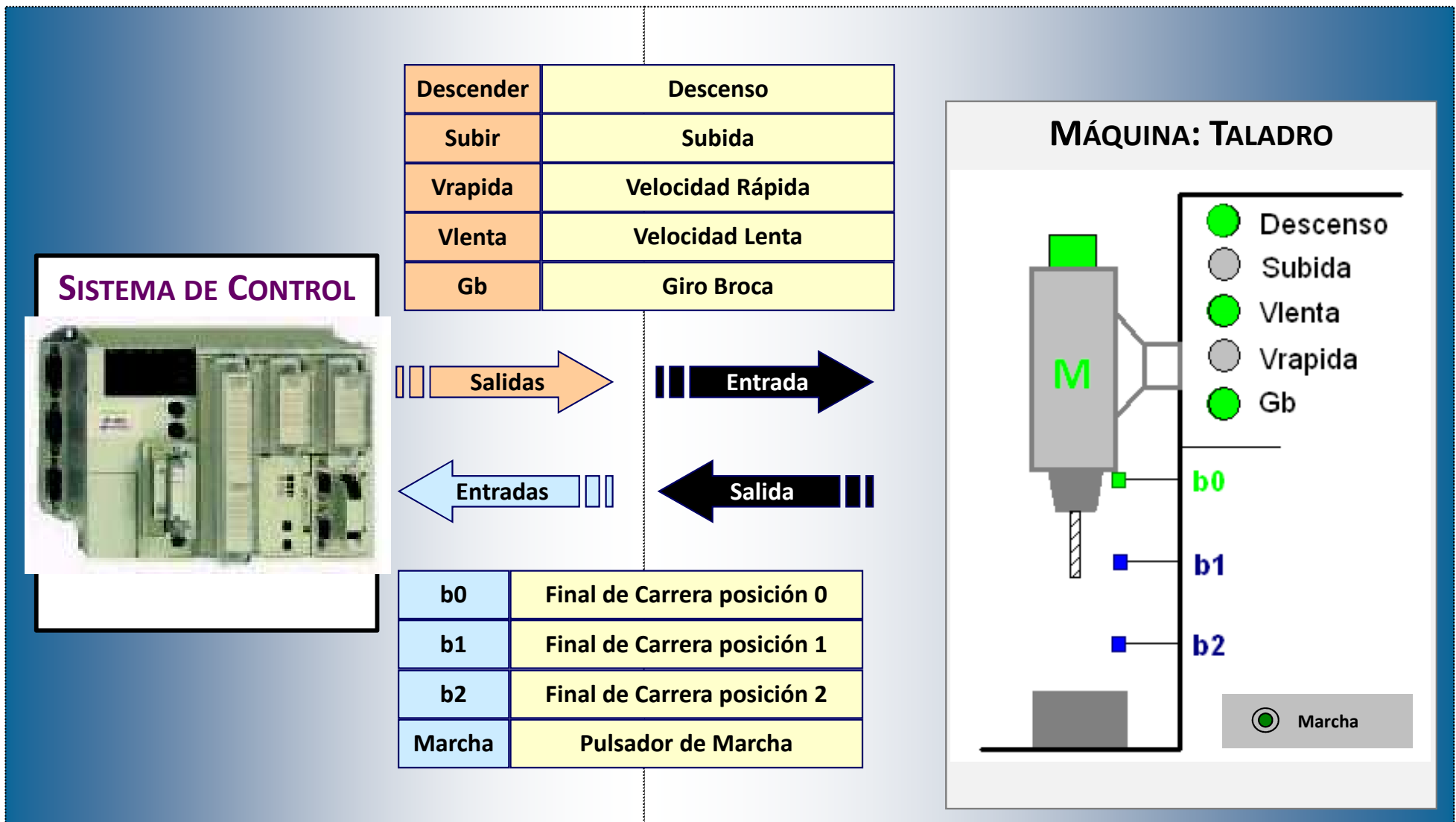
- Descenso
- Subida
- Velocidad lenta → Vlenta
- Velocidad rápida → Vrapida
- Giro de la broca → Gb

Los finales de carrera b0, b1 y b2 limitan el recorrido de la broca.

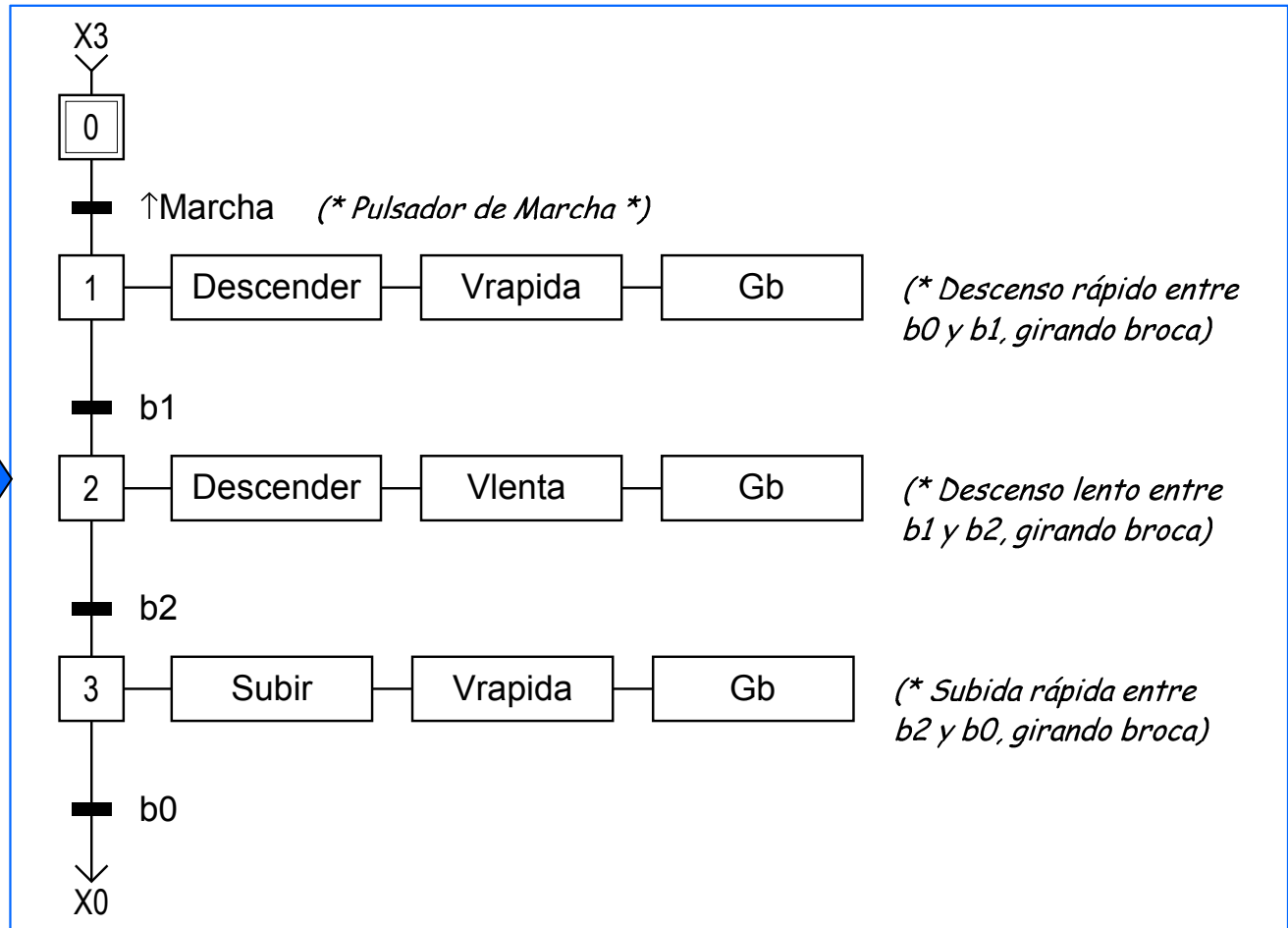
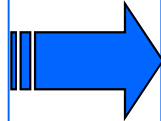
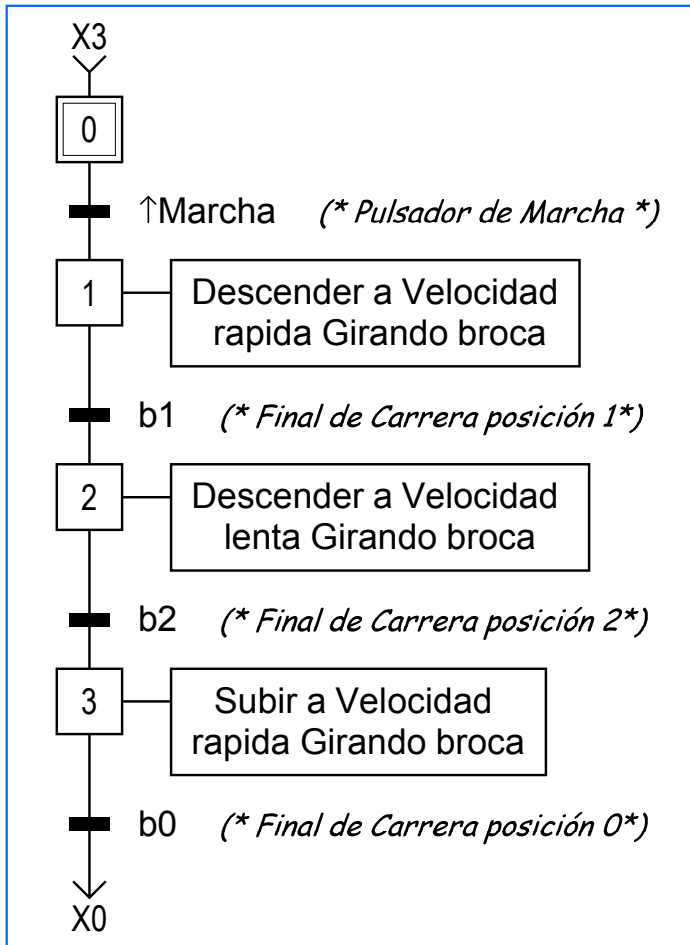
Se desea un descenso rápido entre b0 y b1, a continuación un descenso lento entre b1 y b2 y finalmente una subida rápida entre b2 y b0. El ciclo comenzará cuando se accione el pulsador de marcha “Marcha” y cuando finalice el taladro se detendrá a la espera de que se accione de nuevo el pulsador de marcha.

TALADRO - ENTRADAS Y SALIDAS

Identificación de las Entradas y Salidas entre el Sistema de Control y el Proceso: que información proporciona el Proceso “de que informa” y como se puede actuar sobre el Proceso “que se puede hacer”.



TALADRO - ANÁLISIS DEL ENUNCIADO Y PRIMERA APROXIMACIÓN



Secuencia Lineal: es la estructura más simple posible y consiste en una sucesión de etapas unidas consecutivamente. Dentro de un tramo de secuencia lineal **solamente una etapa** debe estar **activada** en un instante determinado.

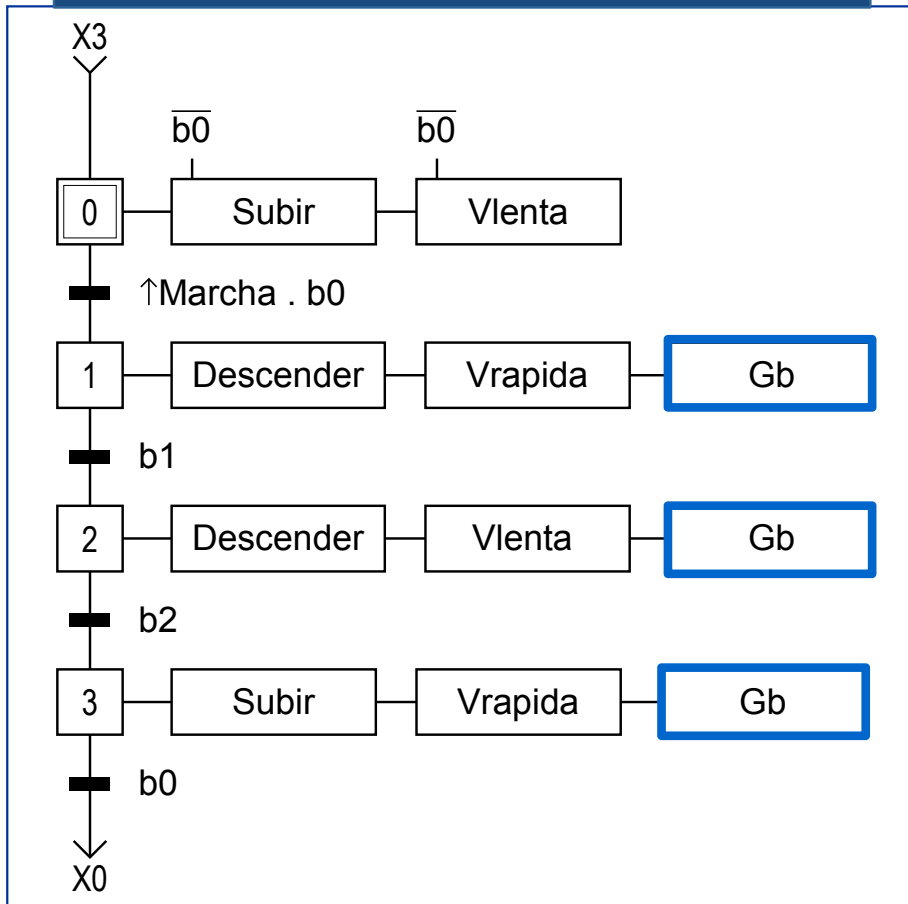
TALADRO - ACCIONES DE EFECTO MANTENIDO

Acciones de efecto mantenido: Una de las dificultades en el momento de construir el GRAFCET es la representación de acciones que deben permanecer durante un cierto número de etapas consecutivas. Hay dos tipos de descripciones según que la acción sea memorizada o no.

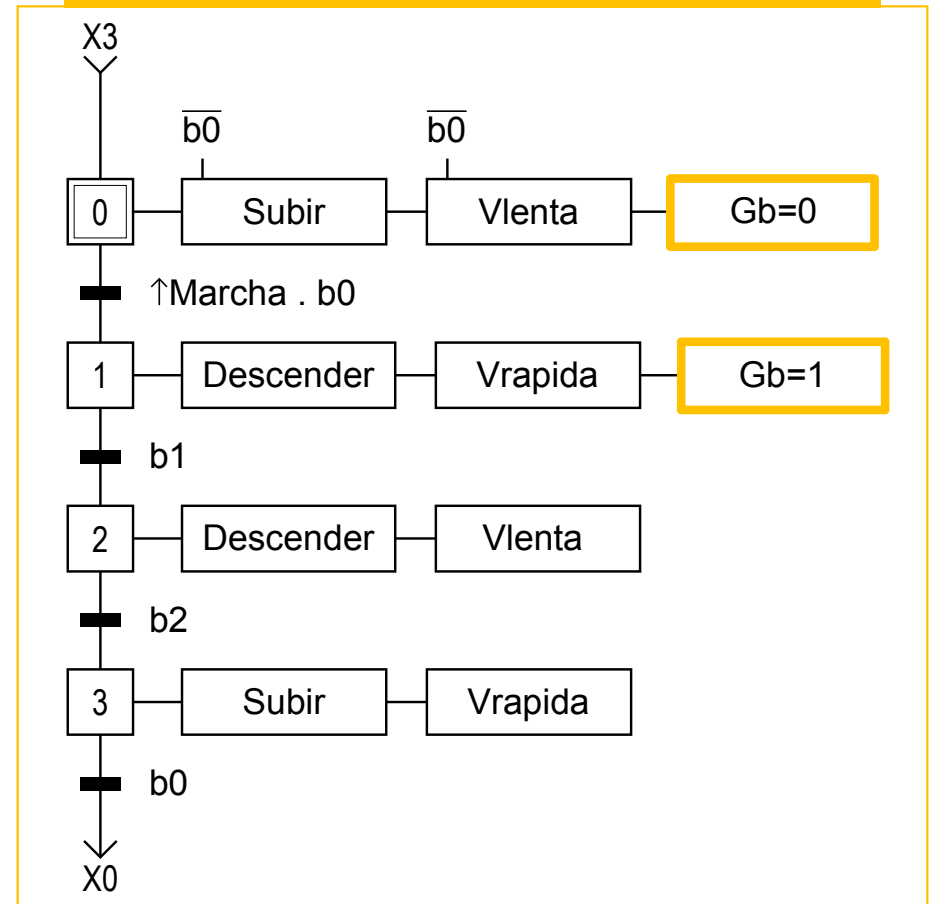
- **Efecto mantenido por acciones continuas no memorizadas:** Consiste en la repetición de la acción asegurando de esta manera la continuidad del efecto. La acción o la orden tiene que ser precisada en cada etapa en la que el efecto debe ser mantenido. El efecto de la acción se interrumpe con la desactivación de la última etapa a la que esté asociado.
- **Efecto mantenido por acciones memorizadas:** Las acciones se activan (puesta a 1) en una etapa y se mantienen cuando la etapa se desactiva. Será necesario que en una etapa posterior se desactiven las acciones (puesta a 0).

TALADRO - ACCIONES DE EFECTO MANTENIDO

Efecto mantenido por acciones continuas no memorizadas



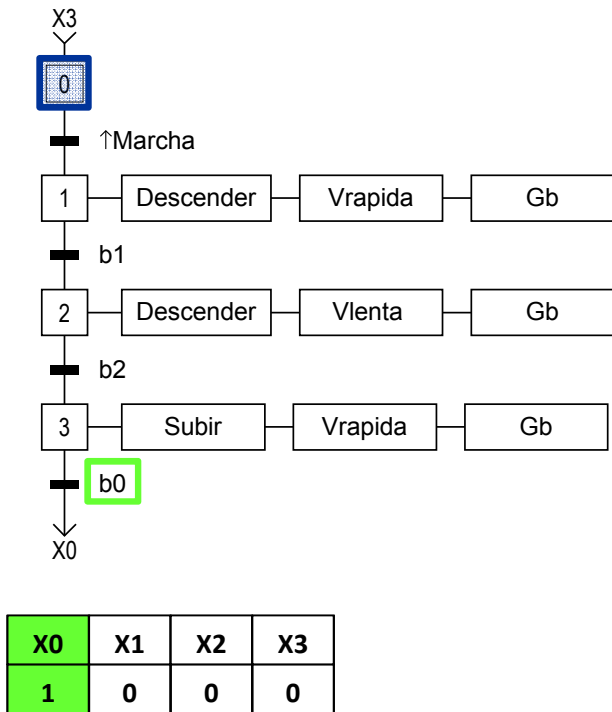
Efecto mantenido por acciones memorizadas



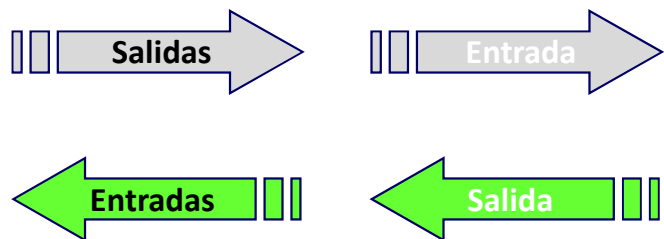
Para la realización de los diseños se evitará el uso de las acciones mantenidas. Las razones por las que se usaran las acciones continuadas es que estas por un parte documentan los diseños, en cada etapa esta toda la información de las acciones asociadas, y por otra la existencia de un solo punto en el programa para cada acción facilita la depuración, puesta en marcha, mantenimiento y la realización de modificaciones o de ampliaciones del sistema de control.

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

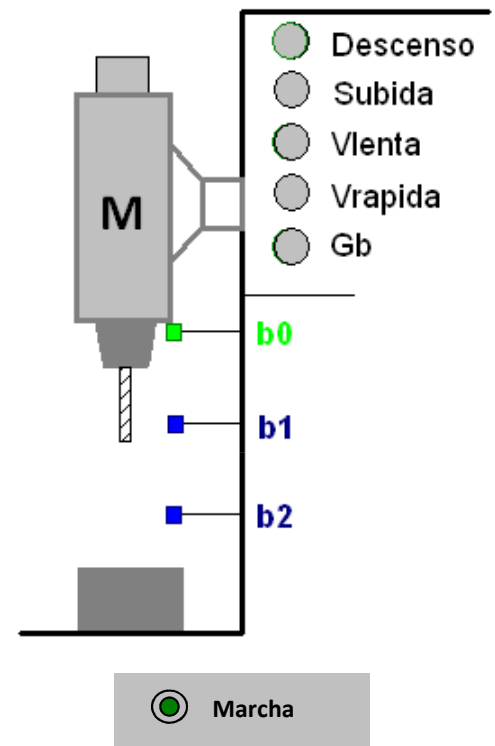
Inicio: Pieza colocada y taladro situado arriba (final de carrera b0 activado).



Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

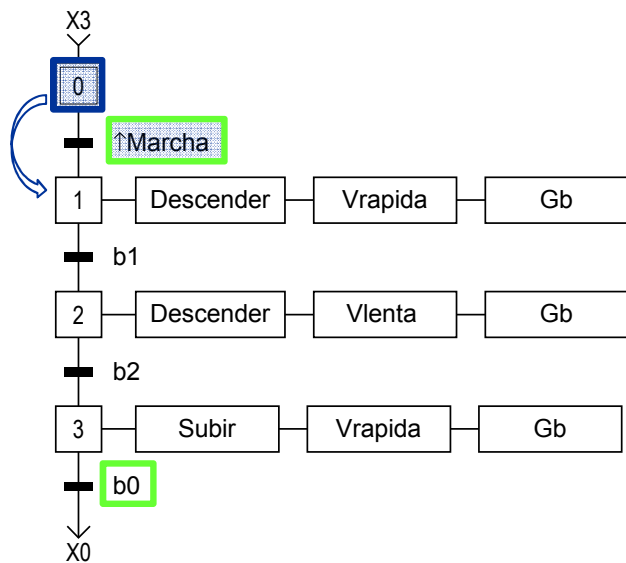


Al arrancar el sistema de control se **activa la etapa inicial**, la etapa 0, lo que implica que el bit asociado a dicha etapa vale 1, es decir X0 vale 1.

El final de carrera b0, a pesar de estar activado, no produce ningún efecto en el sistema de control.

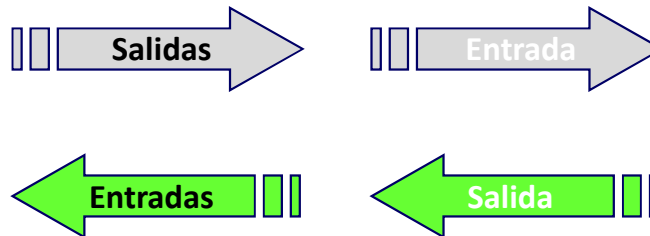
TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

Marcha: se activa el pulsador de marcha.

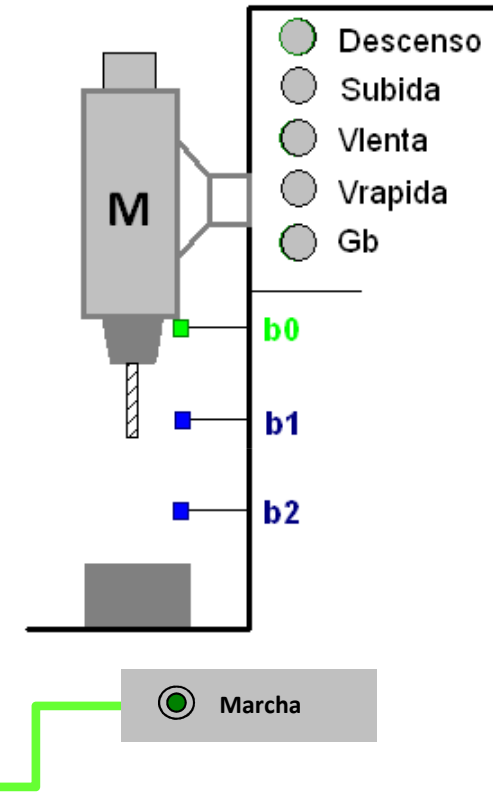


X0	X1	X2	X3
1	0	0	0

Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

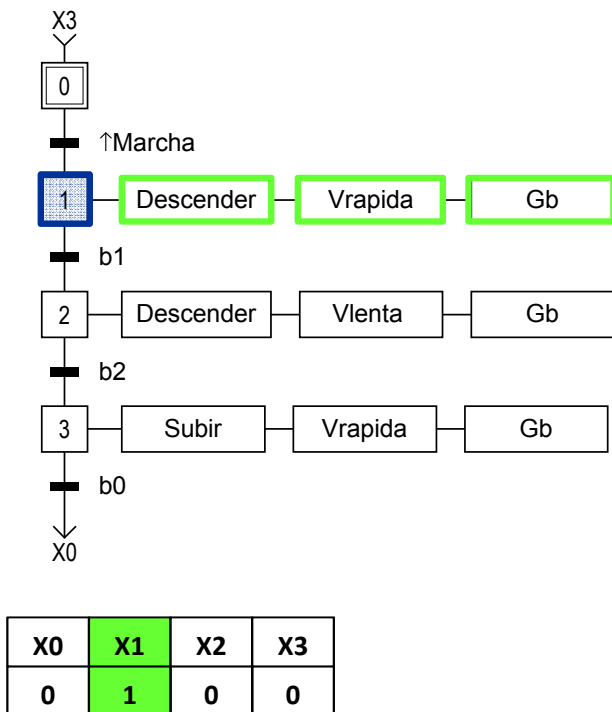


Estando activada la etapa 0, la transición T0_1 esta validada y tras presionar el **pulsador de Marcha** la receptividad asociada a la transición (**Marcha**) se cumple, por lo que la transición se franquea.

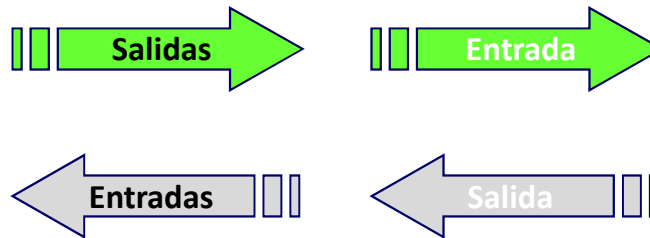
Al franquearse la transición T0_1, **se activa la etapa 1 y la etapa 0 dejara de estar activada.**

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

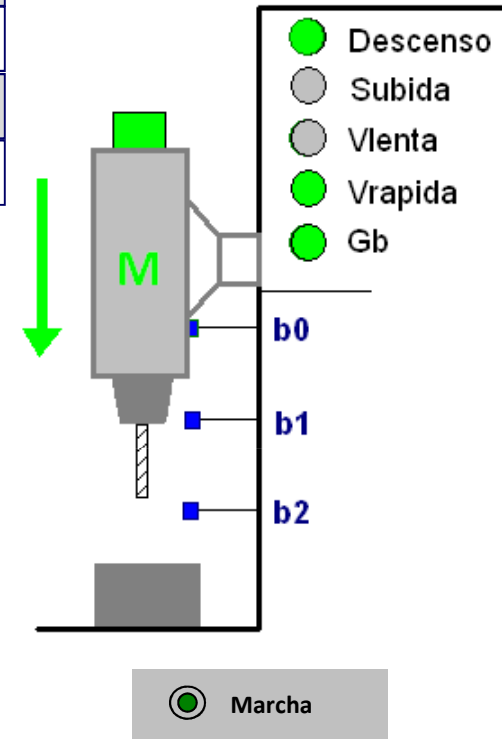
Descenso – Velocidad Rápida: el taladro comienza a descender a velocidad rápida



Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

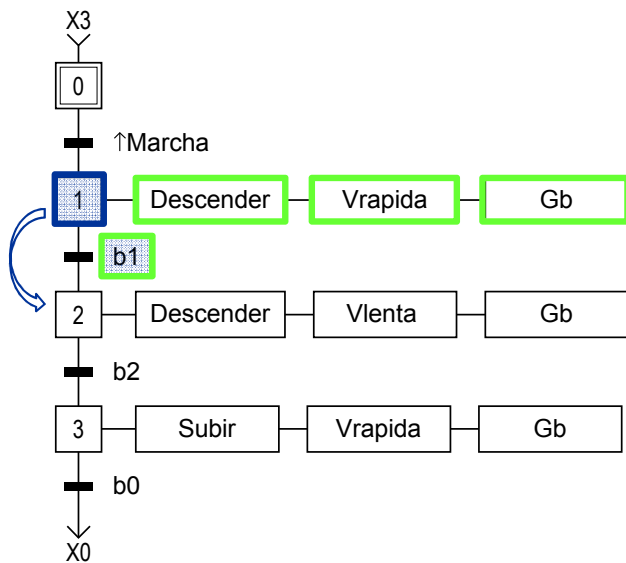


Al **activarse la etapa 1** las acciones asociadas a dicha etapa se activan. Las acciones asociadas son las salidas **Descender**, **Vrapida** y **Gb**, que provocan que el taladro empiece a descender a velocidad rápida y con la broca girando.

La etapa 1 seguirá activa hasta que se cumpla la receptividad asociada a la transición T1_2, es decir el taladro llegue al final de carrera b1.

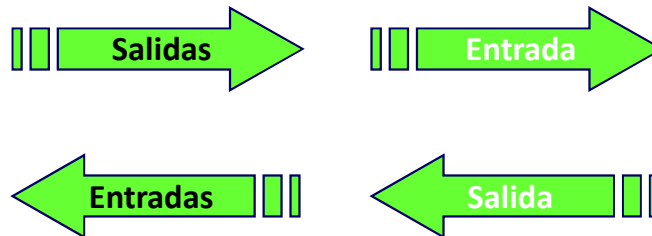
TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

Descenso – Velocidad Rápida: el taladro sigue descendiendo a velocidad rápida

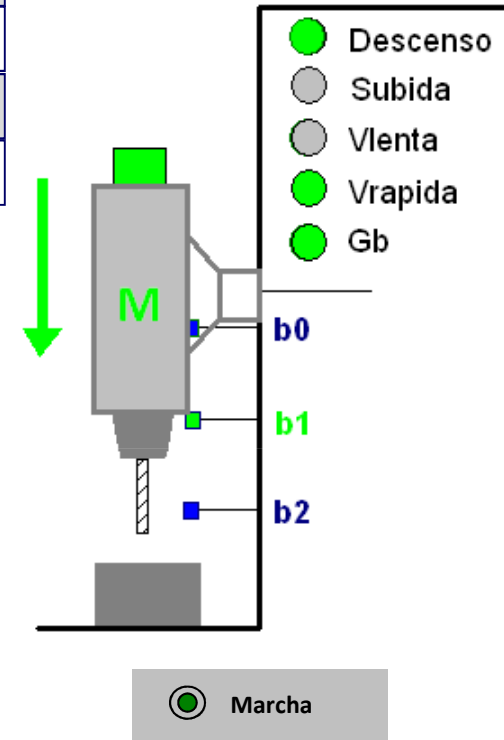


X0	X1	X2	X3
0	1	0	0

Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

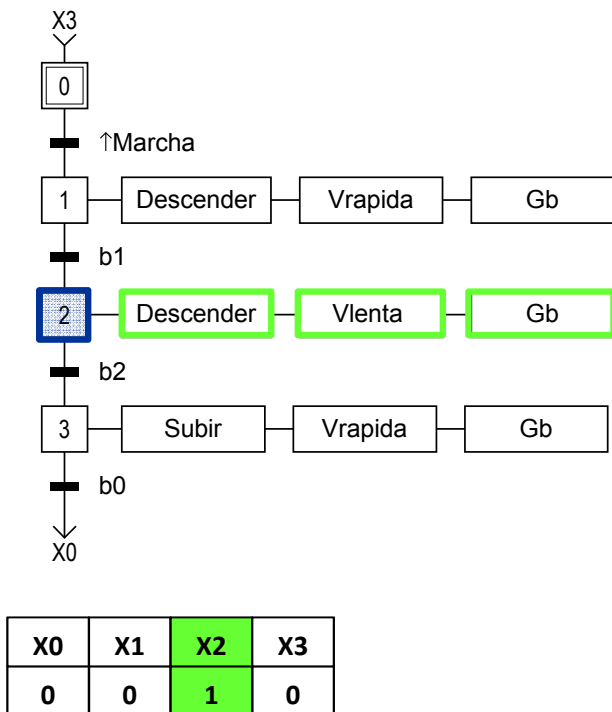


Cuando el taladro llega al **final de carrera b1** la receptividad asociada a la transición T1_2 (b1) se cumple, por lo que la transición se franquea.

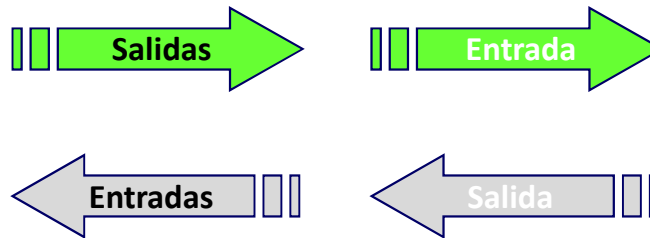
Al franquearse la transición T1_2, se activa la etapa 2 y la etapa 1 se desactiva.

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

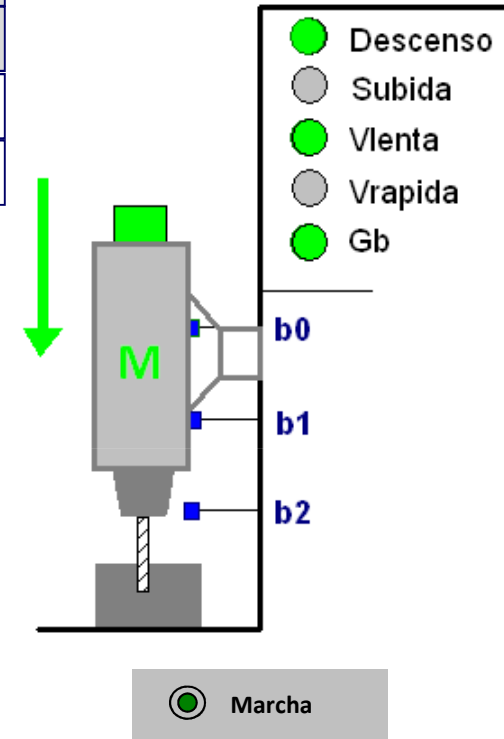
Descenso – Velocidad Lenta: el taladro comienza a descender a velocidad lenta.



Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

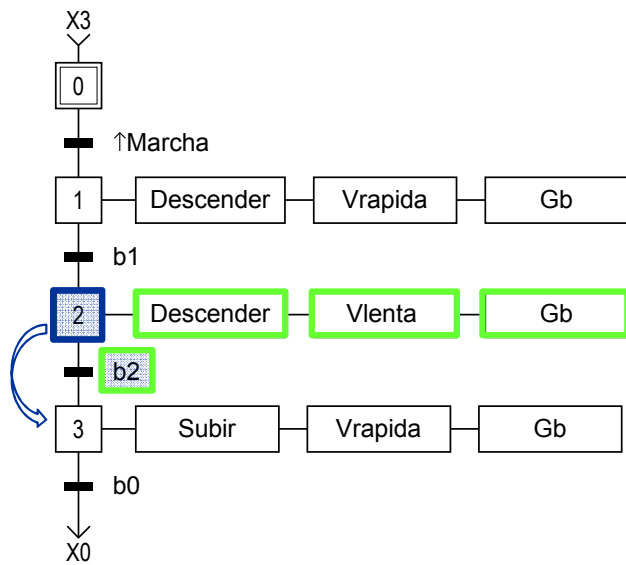


Al **activarse la etapa 2** las acciones asociadas a dicha etapa se activan. Las acciones asociadas son las salidas **Descender**, **Vlenta** y **Gb**, que provocan que el taladro siga descendiendo, ahora a velocidad lenta y con la broca girando.

La etapa 2 seguirá activa **hasta** que se cumpla la receptividad asociada a la transición T2_3, es decir el taladro llegue **al final de carrera b2**.

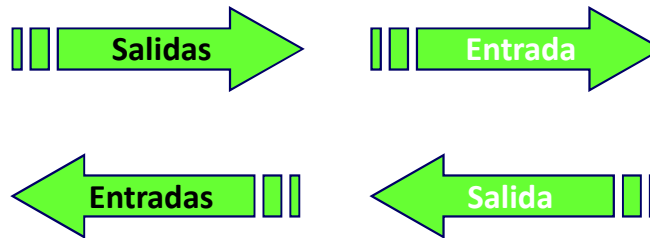
TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

Descenso – Velocidad Lenta: el taladro sigue descendiendo a velocidad lenta.

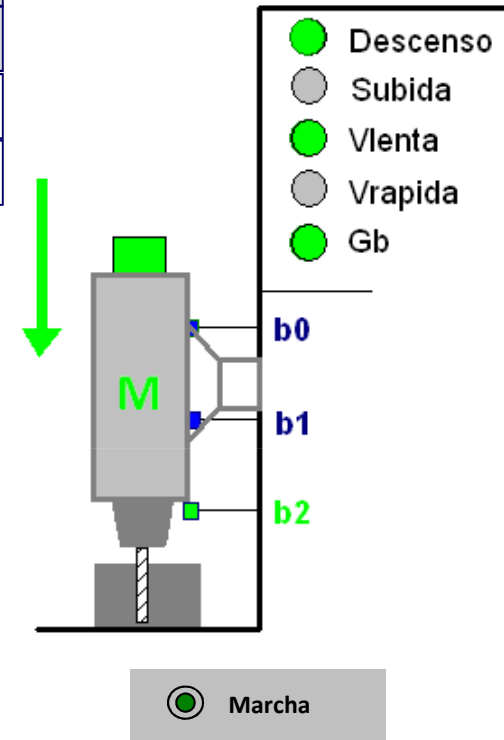


X0	X1	X2	X3
0	0	1	0

Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

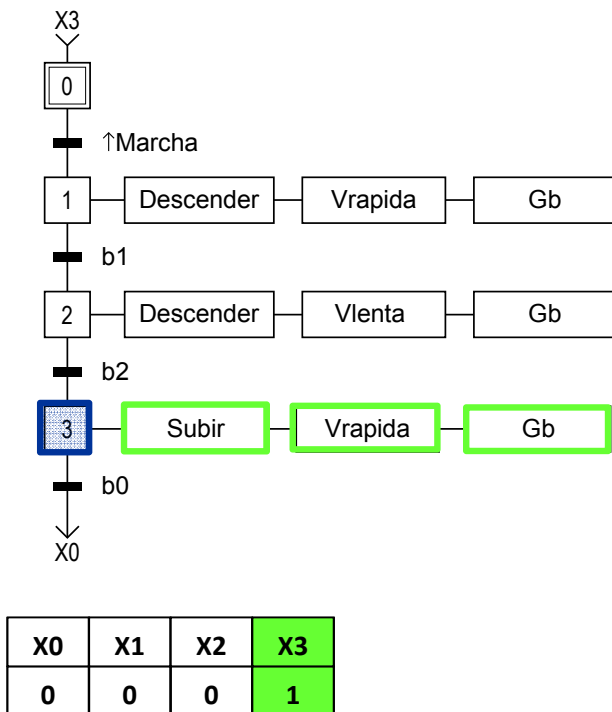


Cuando el taladro llega al **final de carrera b2** la receptividad asociada a la transición T2_3 (b2) se cumple, por lo que la transición se franquea.

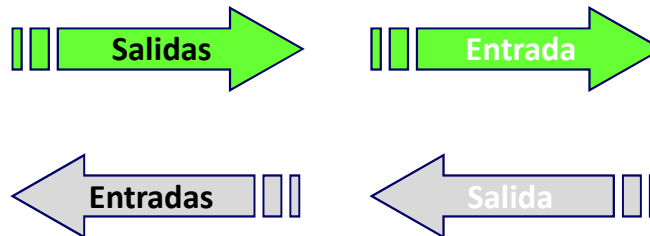
Al franquearse la transición T2_3, se activa la etapa 3 y la etapa 2 se desactiva.

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

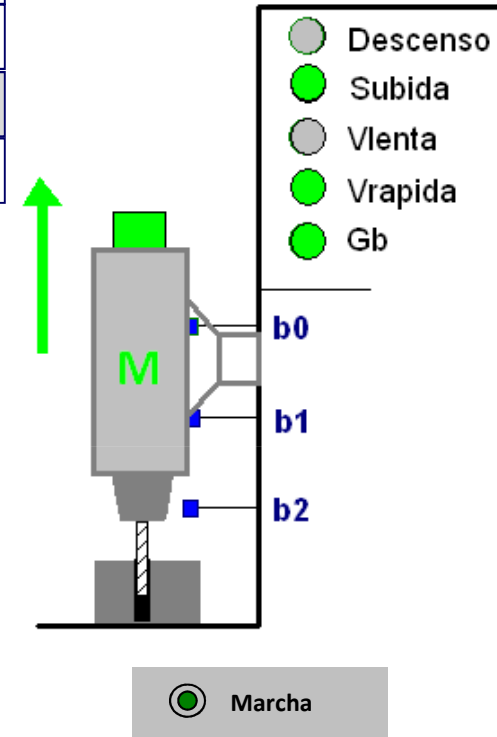
Subida – Velocidad Rápida: el taladro comienza la subida a velocidad rápida



Descender	Descenso
Subr	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha

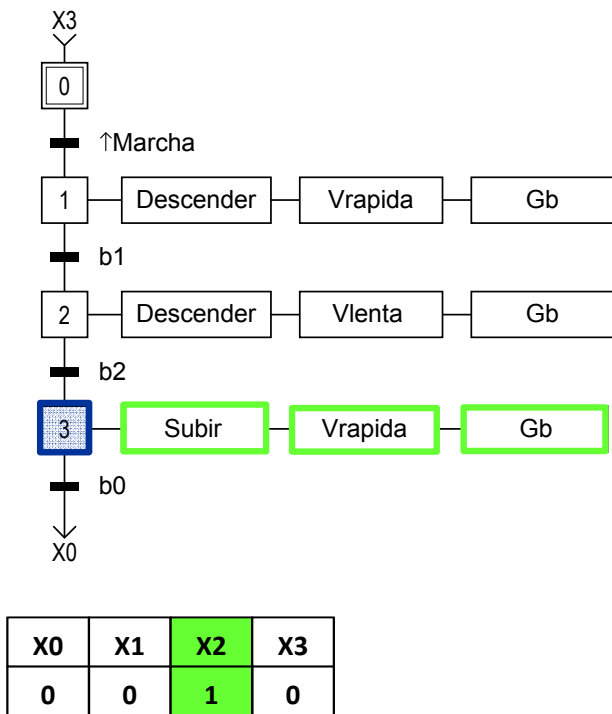


Al **activarse la etapa 3** las acciones asociadas a dicha etapa se activan. Las acciones asociadas son las salidas **Subir, Vrapida y Gb**, que provocan que el taladro comience a subir a velocidad rápida y con la broca girando.

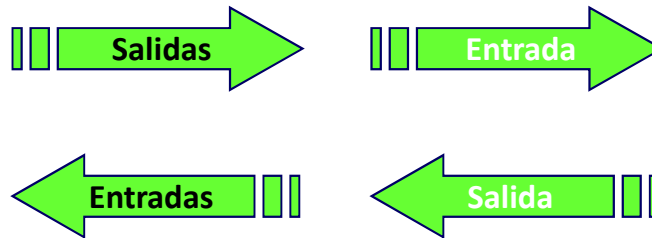
La etapa 2 seguirá activa hasta que se cumpla la receptividad asociada a la transición T3_0, es decir el taladro llegue al final de carrera b0.

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

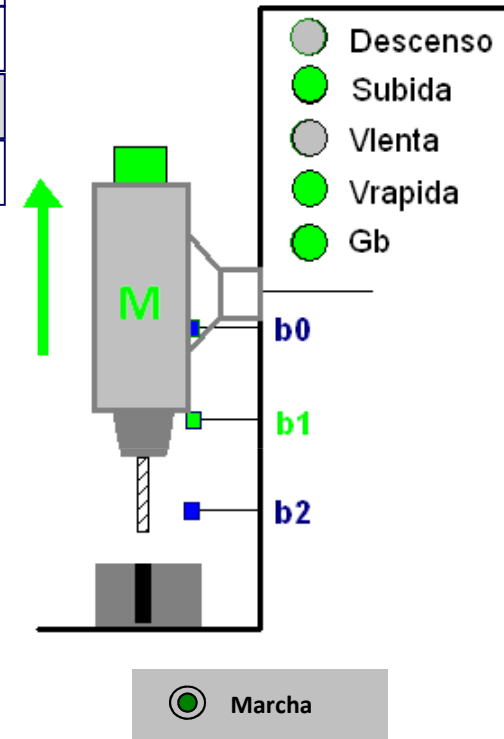
Subida – Velocidad Rápida: el taladro sigue subiendo a velocidad rápida



Descender	Descenso
Subr	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



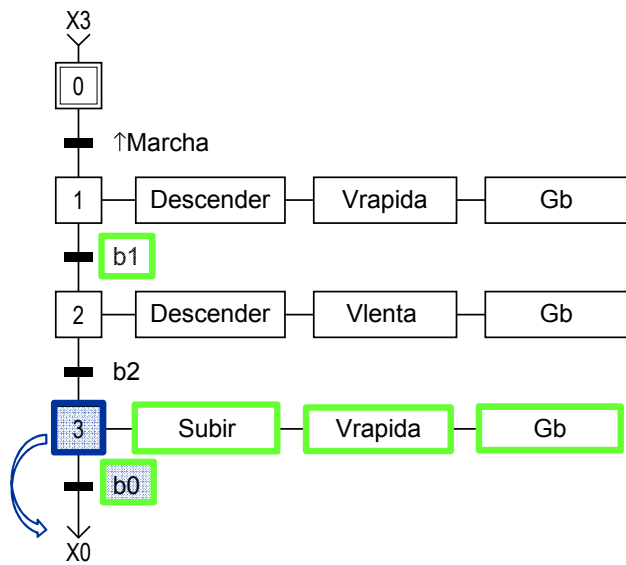
b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha



En el **recorrido de subida** del taladro tras desactivarse el final de carrera b2, se activa el final de carrera b1 que no provoca ningún cambio en el sistema de control

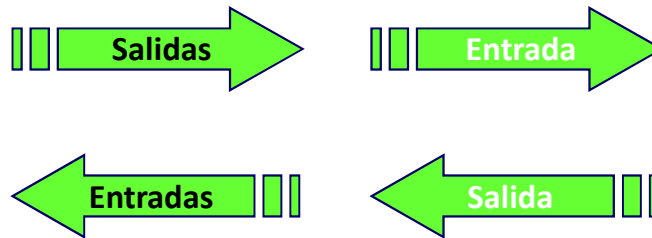
TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA

Subida – Velocidad Rápida: el taladro sigue subiendo a velocidad rápida

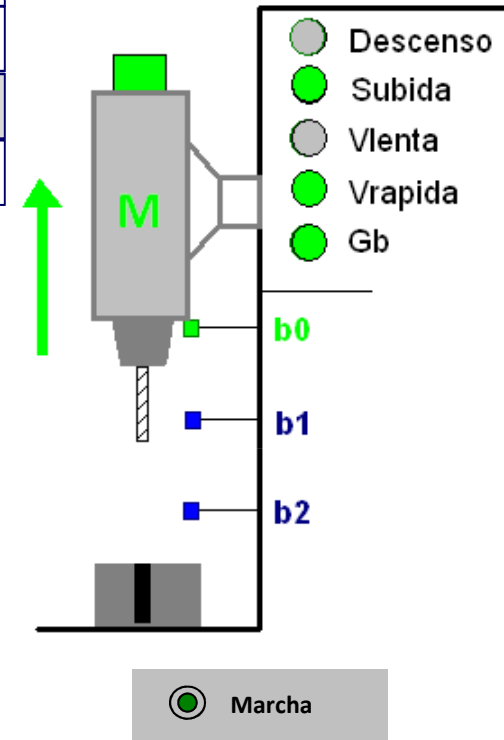


X0	X1	X2	X3
0	0	1	0

Descender	Descenso
Subr	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



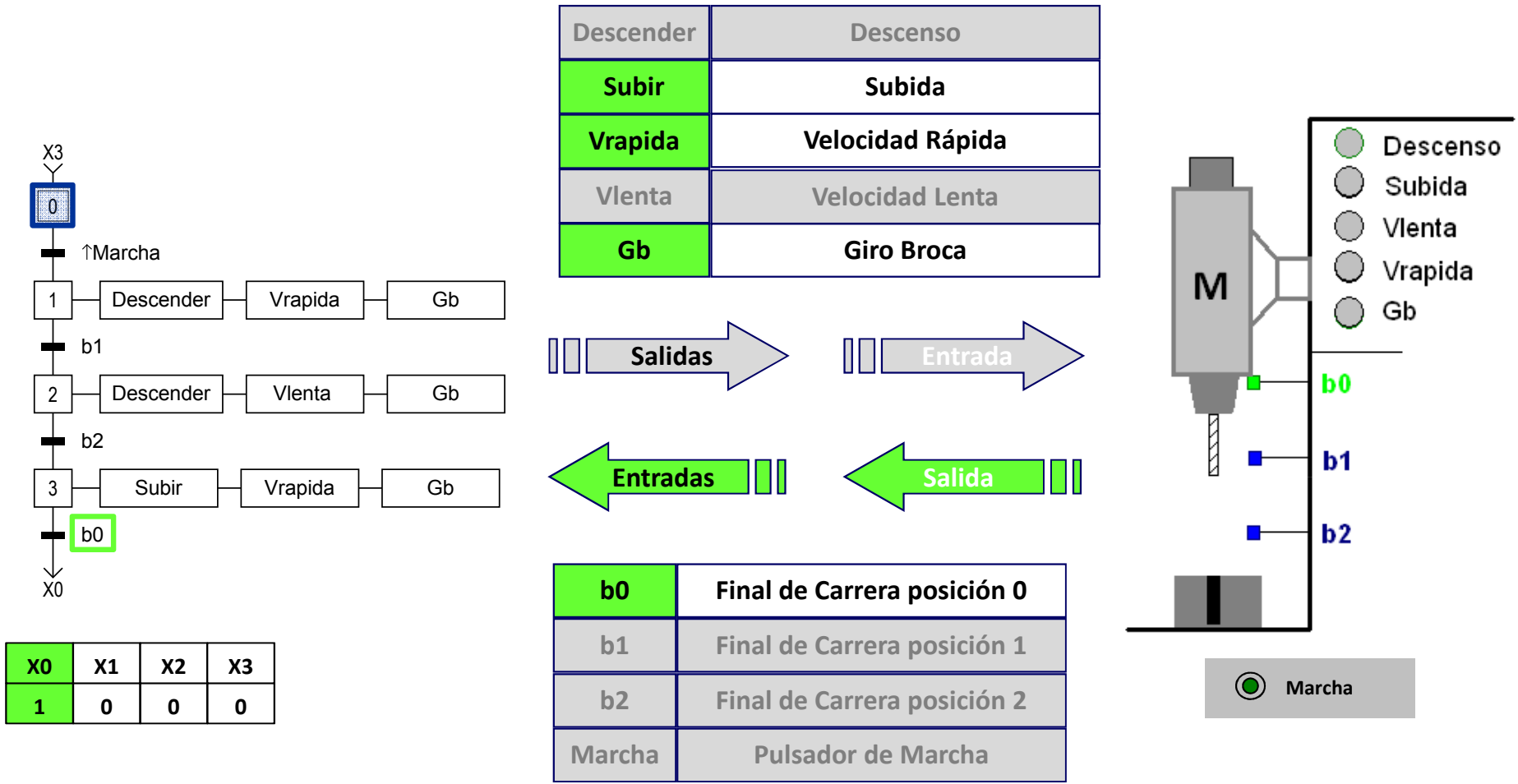
b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha



Cuando el taladro llega al **final de carrera b0** la receptividad asociada a la transición T3_0 (b0) se cumple, por lo que la transición se franquea.

Al franquearse la transición T3_0, se activa la etapa 0 y la etapa 3 se desactiva.

TALADRO - RELACIÓN ENTRE LA PARTE DE CONTROL Y LA PARTE OPERATIVA



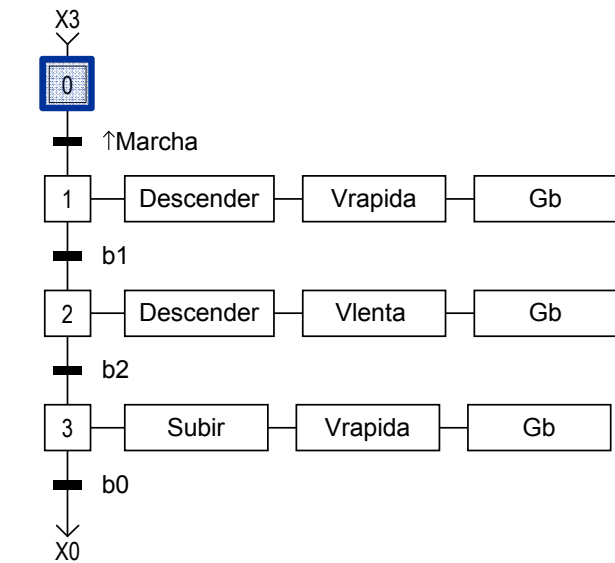
El ciclo finaliza cuando se activa de nuevo la etapa 0.

*El personal de planta puede ahora cambiar la pieza taladrada por una nueva y **tras pulsar la Marcha el ciclo comenzará de nuevo.***



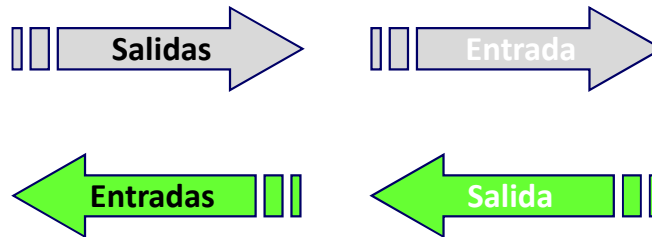
TALADRO – SITUACIÓN INICIAL

¿Qué pasa si estando **activa la etapa inicial X0** el **taladro** se encuentra situado **bajo b1** y se da al pulsador de **Marcha**?

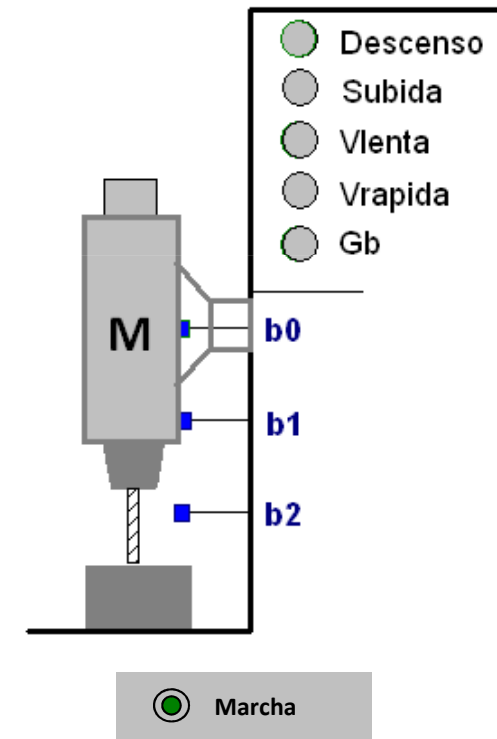


X0	X1	X2	X3
1	0	0	0

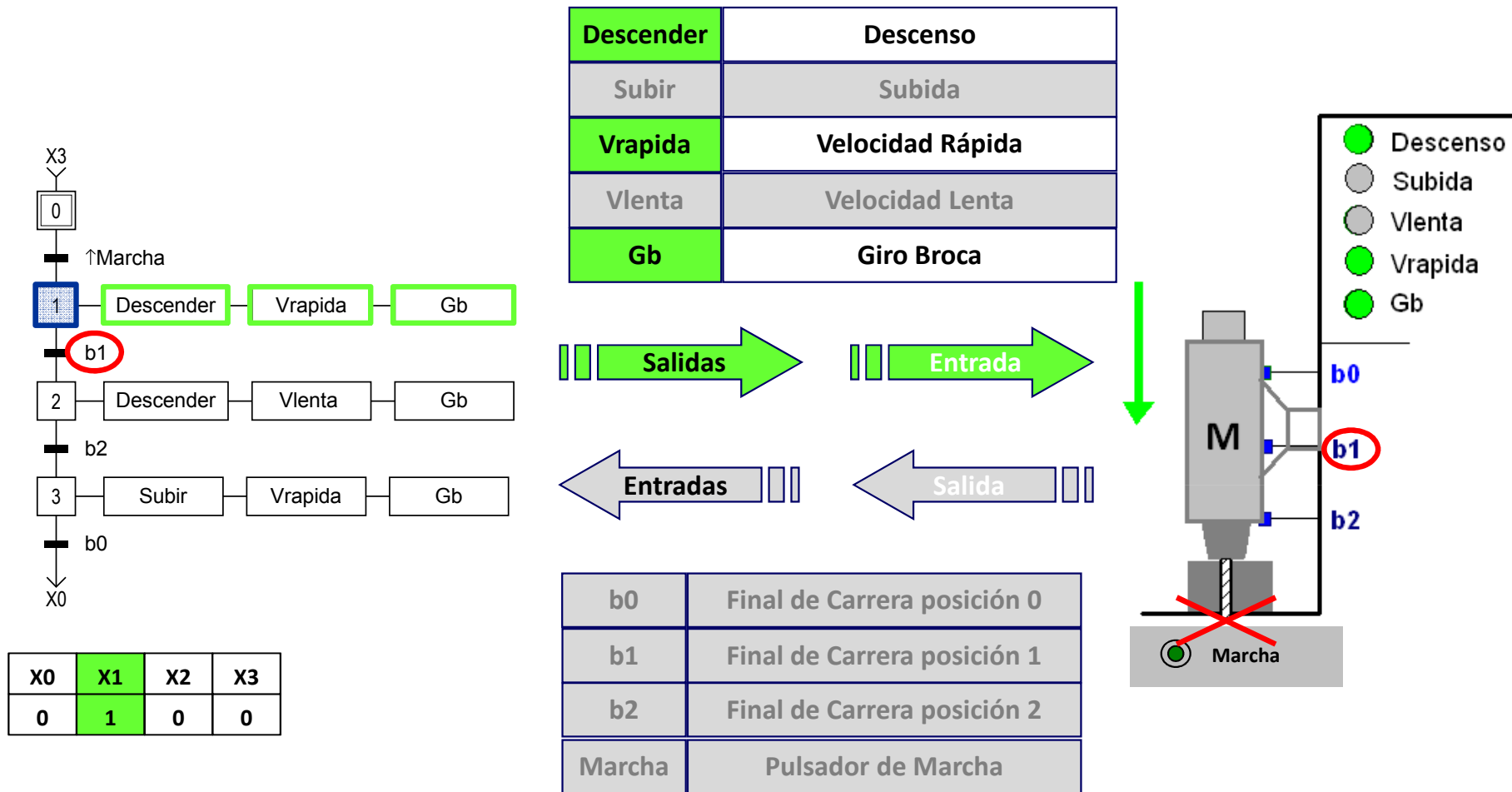
Descender	Descenso
Subir	Subida
Vrapida	Velocidad Rápida
Vlenta	Velocidad Lenta
Gb	Giro Broca



b0	Final de Carrera posición 0
b1	Final de Carrera posición 1
b2	Final de Carrera posición 2
Marcha	Pulsador de Marcha



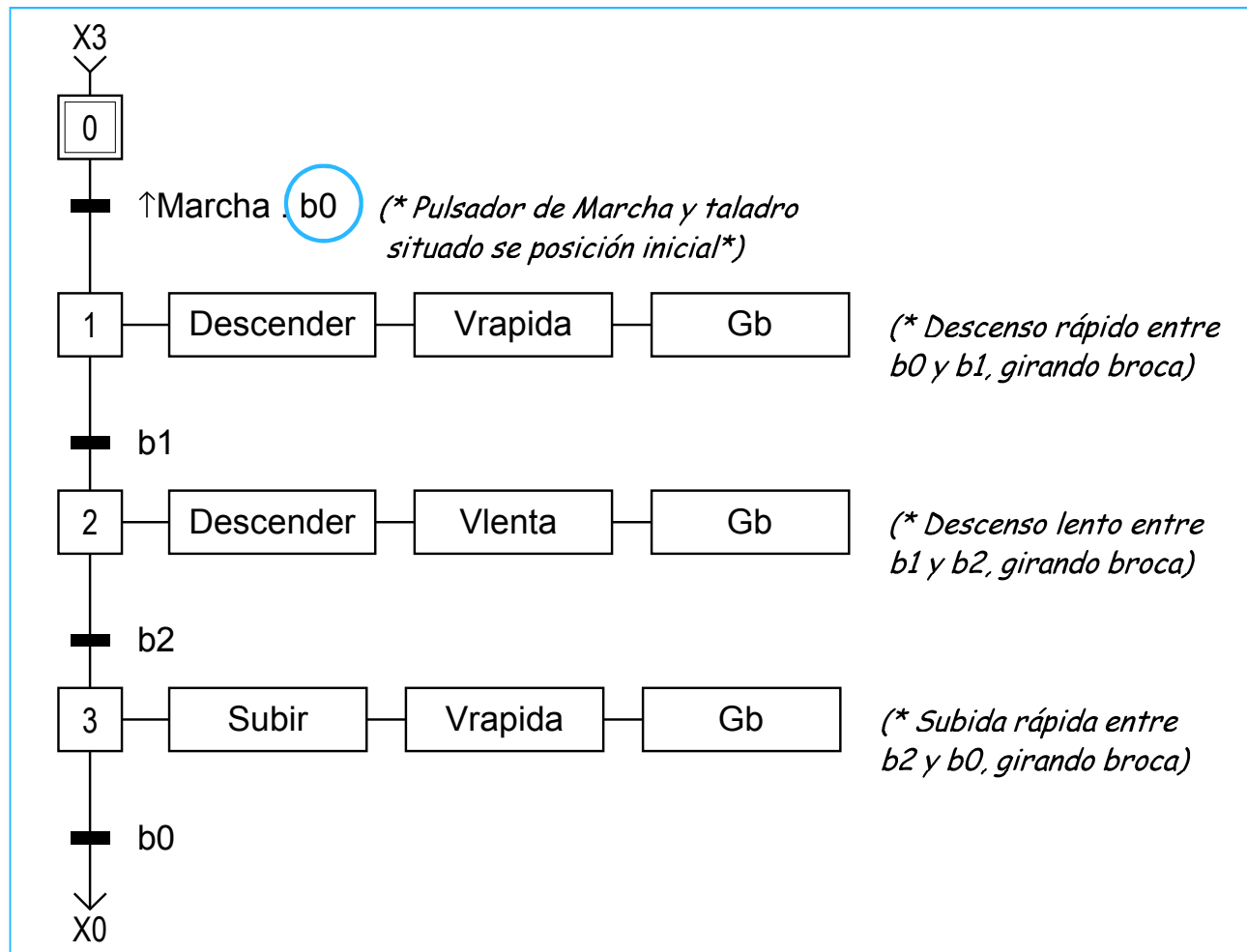
TALADRO – SITUACIÓN INICIAL



Al dar la **Marcha** la etapa **X0** deja de estar activa y se activa la etapa **X1**. Al activarse la etapa **X1** las acciones asociadas se realizan, por lo que el taladro empezará a **Descender a Velocidad rápida y Girando Broca**. Para que la etapa **X1** deje de estar **activa** se debe cumplir la **receptividad b1** y **no es posible** si el taladro está situado bajo el final de carrera **b1**.

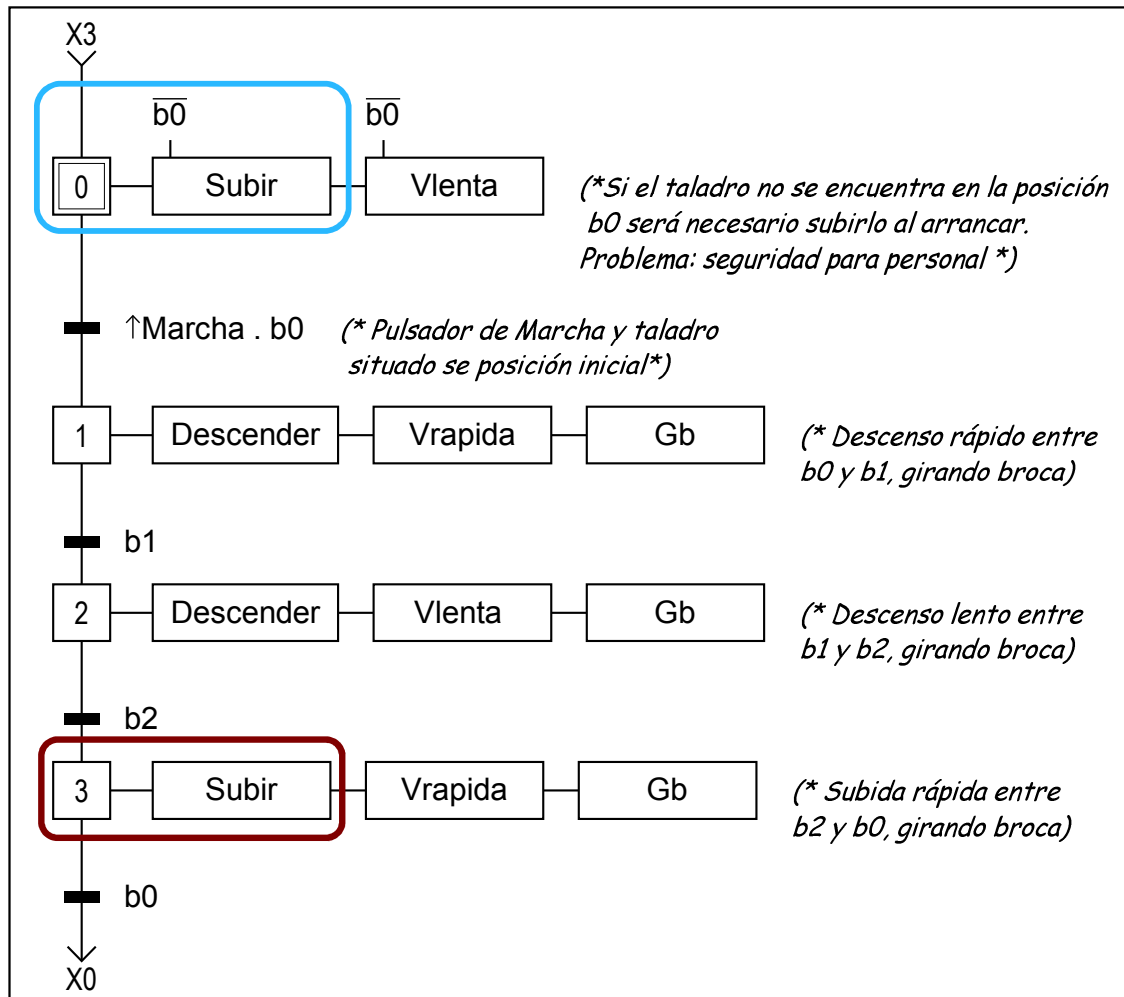
TALADRO – SITUACIÓN INICIAL

SOLUCIÓN: Modificar la receptividad de la primera transición y poner que el final de carrera b0 esté activado junto con la Marcha [**↑Marcha . b0**]. De esta forma si se pulsa la Marcha y el taladro no se encuentra situado arriba (activando el final de carrera b0) el ciclo no comienza.



TALADRO - ACCIONES CONDICIONALES

ACCIÓN CONDICIONAL: Es una acción continua cuya ejecución está sometida a una condición lógica; si esta condición lógica se cumple, la acción se ejecuta. Son particularmente importantes ya que permiten realizar, por ejemplo, combinaciones locales relativas a condiciones de seguridad en un movimiento.



▪ Subir = $X_0 \cdot \overline{b_0} + X_3$

Esta solución desde el punto de seguridad no es la solución más óptima.

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

Para la **IMPLEMENTACIÓN** de los diseños se consideran dos partes claramente diferenciadas:

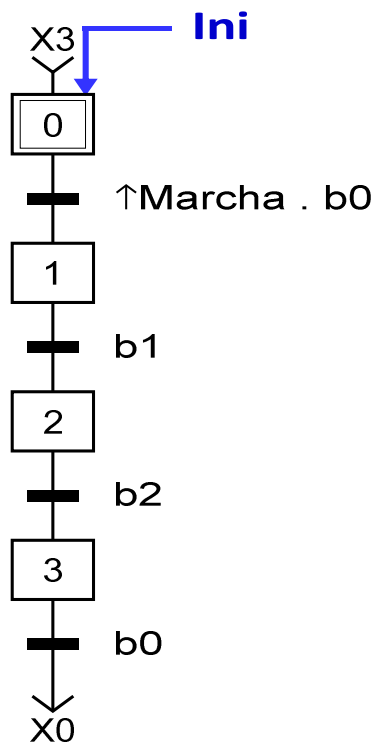
⇒ **PARTE SECUENCIAL** que proporciona la secuencia de activación y desactivación de las distintas etapas.

Para programar esta parte (ST, LD, FB e IL), se puede realizar la tabla que se ha denominado la “**Tabla Set-Reset**” en la que se analiza cada una de las etapas de los Graficets y se indica cuando se activan (Set) y desactivan (Reset).

Cada etapa tiene asociada una variable de estado **X_i** (i representa el número de etapa) de tipo bit. Una etapa se activa cuando esta activada la etapa anterior y se cumplen las condiciones de transición entre ambas. Cualquier etapa se desactiva cuando se cumplan las condiciones de transición a la siguiente o siguientes y dicha transición se haya efectuado.

Tabla Set-Reset

	<u>Set</u>	<u>Reset</u>
<u>Etapa 0</u> X0	$SX0 = X3 \cdot b0 + \text{Ini}$	$RX0 = X1$
<u>Etapa 1</u> X1	$SX1 = X0 \cdot \uparrow \text{Marcha} \cdot b0$	$RX1 = X2 + \text{Ini}$
<u>Etapa 2</u> X2	$SX2 = X1 \cdot b1$	$RX2 = X3 + \text{Ini}$
<u>Etapa 3</u> X3	$SX3 = X2 \cdot b2$	$RX3 = X0 + \text{Ini}$



Por ejemplo:

- La etapa 0 se activará (Set de la etapa 0 o puesta a uno del bit X0 – SX0) cuando estando activa la etapa 3 (X3=1) se cumpla la receptividad asociada a la transición T3_0 (b0=1), es decir, cuando el final de carrera b0 se active.

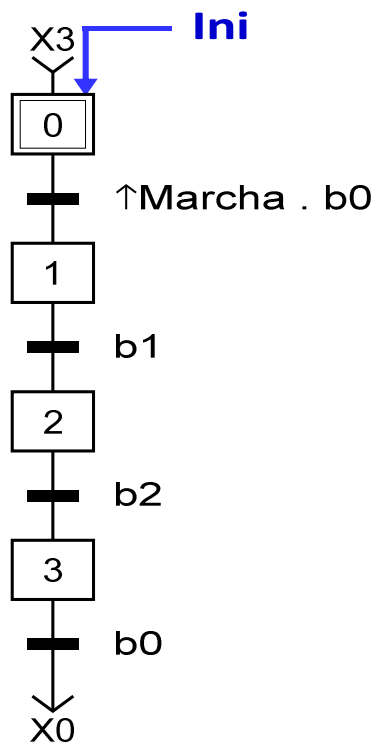
$$SX0 = X3 \cdot b0 + \text{Ini}$$

- La etapa 0 se desactivará (Reset de la etapa 0 o puesta a cero del bit X0 - RX0) cuando se active la etapa 1.

$$RX0 = X1$$

Tabla Set-Reset

	Set	Reset
Etapa 0 X0	$SX0 = X3 \cdot b0 + \text{Ini}$	$RX0 = X1$
Etapa 1 X1	$SX1 = X0 \cdot \uparrow \text{Marcha} \cdot b0$	$RX1 = X2 + \text{Ini}$
Etapa 2 X2	$SX2 = X1 \cdot b1$	$RX2 = X3 + \text{Ini}$
Etapa 3 X3	$SX3 = X2 \cdot b2$	$RX3 = X0 + \text{Ini}$



Cuando la implementación se realiza mediante lógica cableada o programada con los lenguajes ST, LD, FB e IL, utilizando bits de memoria, es necesaria una señal **(Ini)** que permita inicializar el sistema de control.

La activación de esta señal debe provocar que se **activen las etapas iniciales y se desactiven el resto**, es decir los bits que representan las etapas iniciales pasarán a valer 1 y el resto 0.

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

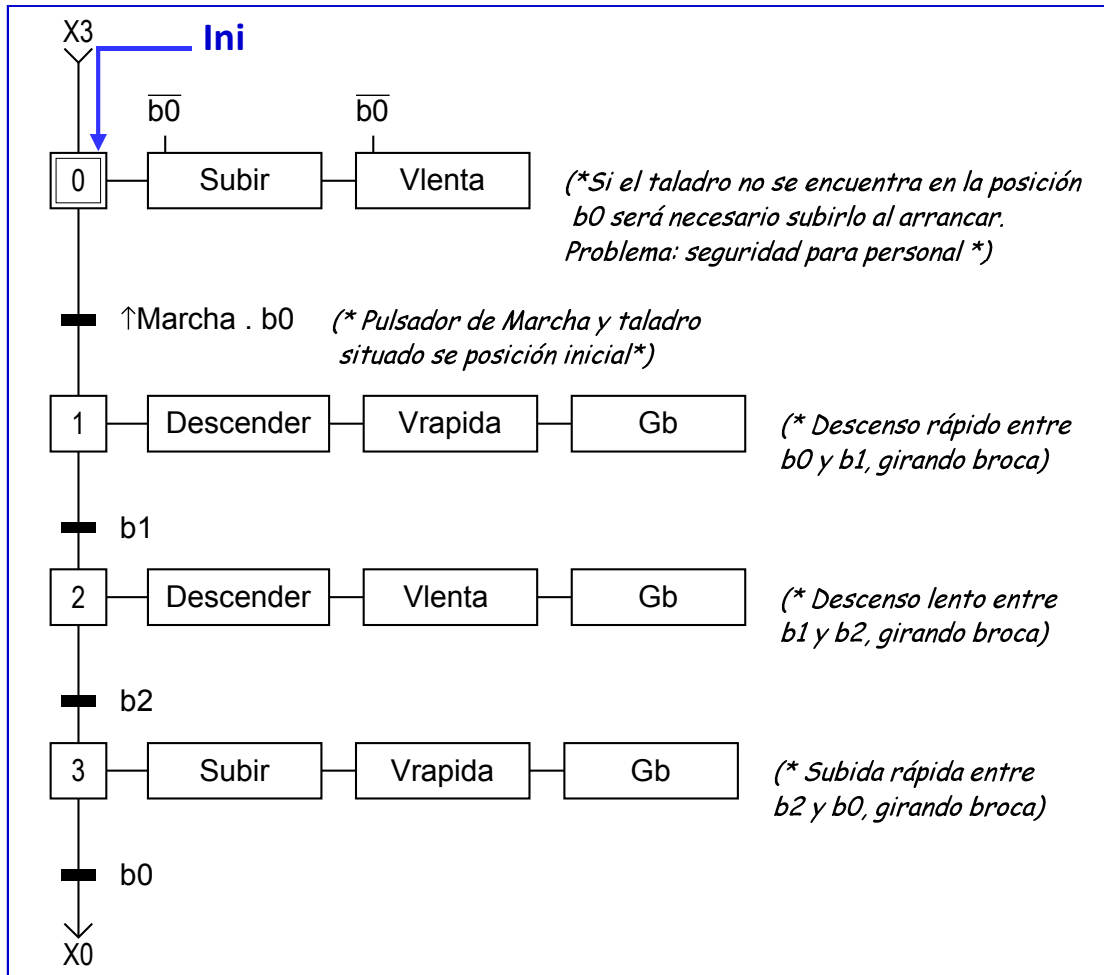
⇒ **PARTE COMBINACIONAL** que origina las salidas del sistema en función de las etapas activas en cada momento.

Por cada salida existe un único punto de generación en el programa, siguiendo la premisas marcadas por los desarrolladores de sistemas automáticos de control.

- o Descender = $X1 + X2$
- o Vrapida = $X1 + X3$
- o Vlenta = $X0 \cdot b0' + X2$
- o Subir = $X0 \cdot b0' + X3$
- o Gb = $X1 + X2 + X3$

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

GRAFNET



PARTE SECUENCIAL

	Set	Reset
Etapa 0 X0	$SX_0 = X_3 \cdot b_0 + \text{Ini}$	$RX_0 = X_1$
Etapa 1 X1	$SX_1 = X_0 \cdot \uparrow \text{Marcha} \cdot b_0$	$RX_1 = X_2 + \text{Ini}$
Etapa 2 X2	$SX_2 = X_1 \cdot b_1$	$RX_2 = X_3 + \text{Ini}$
Etapa 3 X3	$SX_3 = X_2 \cdot b_2$	$RX_3 = X_0 + \text{Ini}$

PARTE COMBINACIONAL

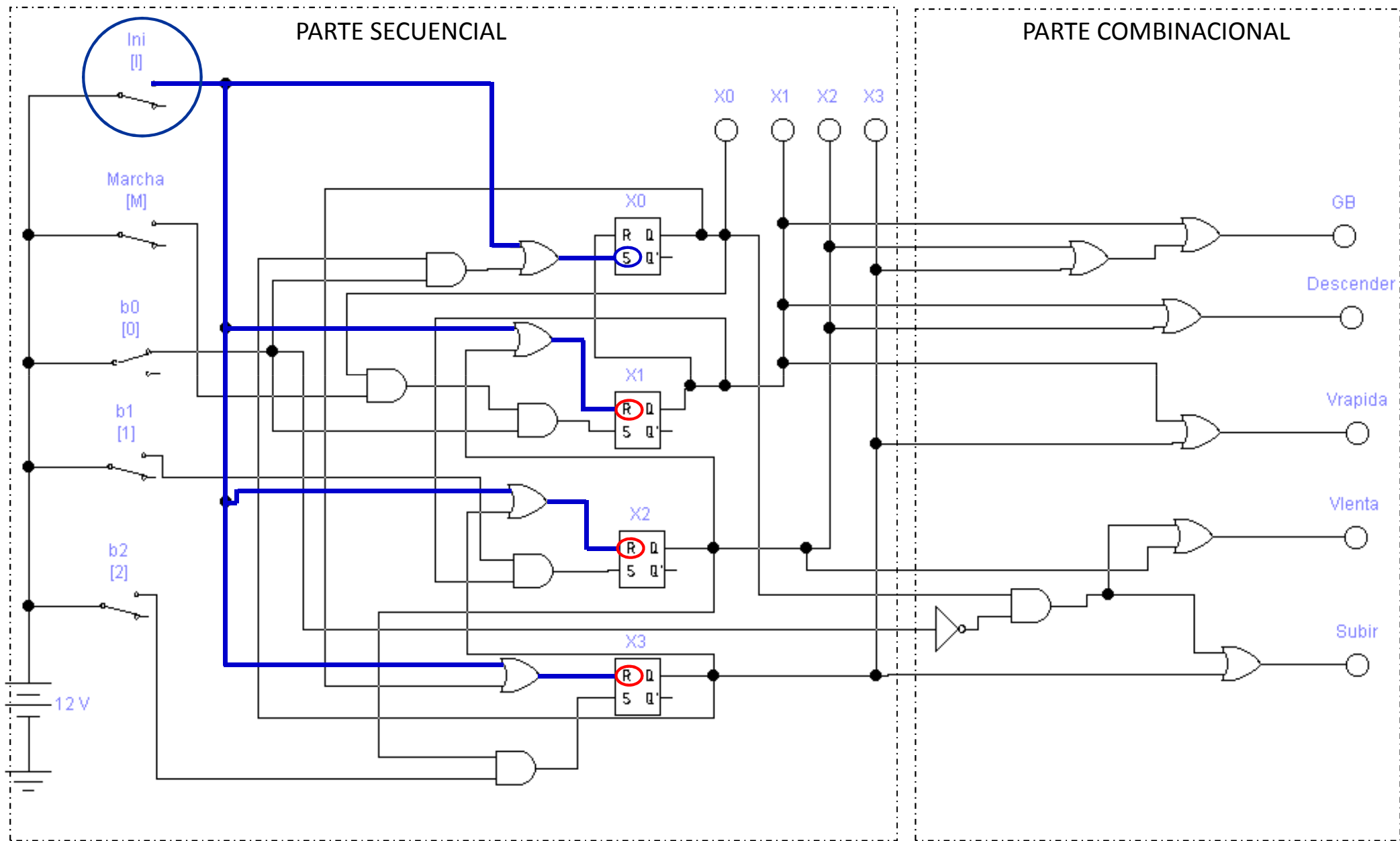
- o Descender = $X_1 + X_2$
- o Vrapida = $X_1 + X_3$
- o V lenta = $X_0 \cdot b_0' + X_2$
- o Subir = $X_0 \cdot b_0' + X_3$
- o Gb = $X_1 + X_2 + X_3$

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – PROGRAMACIÓN CABLEADA

En el siguiente esquema, de lógica cableada, se presenta la implementación realizada para el ejemplo.

- Cada **etapa** está representada por un **biestable de tipo R-S**. La puesta a 1 y a 0 de cada biestable se ha programada siguiendo la tabla Set-Reset – PARTE SECUENCIAL.
- Las entradas se han simulado con interruptores y las salidas se han representado con leds.
- La señal **Ini** se suma en el Set de las etapas iniciales y en el Reset del resto de etapas. Al activarse provoca la puesta a 1 de las etapas iniciales y la puesta a 0 del resto de etapas. En el ejemplo se pone a 1 la etapa X0 y se asegura que el resto de etapas se pongan a 0. Una vez usado debe desactivarse ya que de no ser así el sistema no podrá funcionar, queda bloqueado. No obstante se puede utilizar en las pruebas para inicializar el sistema, es decir activar las etapas iniciales y desactivar el resto.

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – PROGRAMACIÓN CABLEADA



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – TSX3722 SIN GRAFCET

TABLA DE ASIGNACIONES

<i>Símbolo</i>	<i>Dirección</i>	<i>Comentario</i>
X0	%M0	Etapa 0
X1	%M1	Etapa 1
X2	%M2	Etapa 2
X3	%M3	Etapa 3
b0	%I1.0	Final de carrera posición 0
b1	%I1.1	Final de carrera posición 1
b2	%I1.2	Final de carrera posición 2
Marcha	%I1.8	Pulsador de Marcha
Ini	%I1.7	Inicialización
Descender	%Q2.0	Descenso Broca
Subir	%Q2.1	Subida Broca
Vlenta	%Q2.2	Velocidad Lenta
Vrapida	%Q2.3	Velocidad Rápida
Gb	%Q2.4	Giro Broca

Variable	Tipo	Símbol	Comentario
%M0	EBOOL	X0	Etapa 0
%M1	EBOOL	X1	Etapa 1
%M2	EBOOL	X2	Etapa 2
%M3	EBOOL	X3	Etapa 3

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

Variables

Parámetros: E/S Dir.: 1: TSX DMZ 28DTK Area de ir

Variable	Tipo	Símbolo	Comentario
%CH1.MOD	CH		
%I1.MOD.ERR	EBOOL		
+ %MW1.MOD	WORD		
+ %MW1.MOD.1	WORD		
+ %MW1.MOD.2	WORD		
+ %MW1.MOD.3	WORD		
+ %KW1.MOD	WORD		
+ %KW1.MOD.1	WORD		
+ %KW1.MOD.2	WORD		
+ %KW1.MOD.3	WORD		
%I1.0	EBOOL	B0	Final de Carrera Posición 0
%I1.0.ERR	BOOL		
%I1.1	EBOOL	B1	Final de Carrera Posición 1
%I1.1.ERR	BOOL		
%I1.2	EBOOL	B2	Final de Carrera Posición 2
%I1.2.ERR	BOOL		
%I1.3	EBOOL		
%I1.3.ERR	BOOL		
%I1.4	EBOOL		
%I1.4.ERR	BOOL		
%I1.5	EBOOL		
%I1.5.ERR	BOOL		
%I1.6	EBOOL		
%I1.6.ERR	BOOL		
%I1.7	EBOOL	Init	Inicialización
%I1.7.ERR	BOOL		
%I1.8	EBOOL	Marcha	Pulsador de Marcha
%I1.8.ERR	BOOL		

Entradas



Salidas

Variables

Parámetros: E/S Dir.: 2: TSX DMZ 28DTK Area de ir

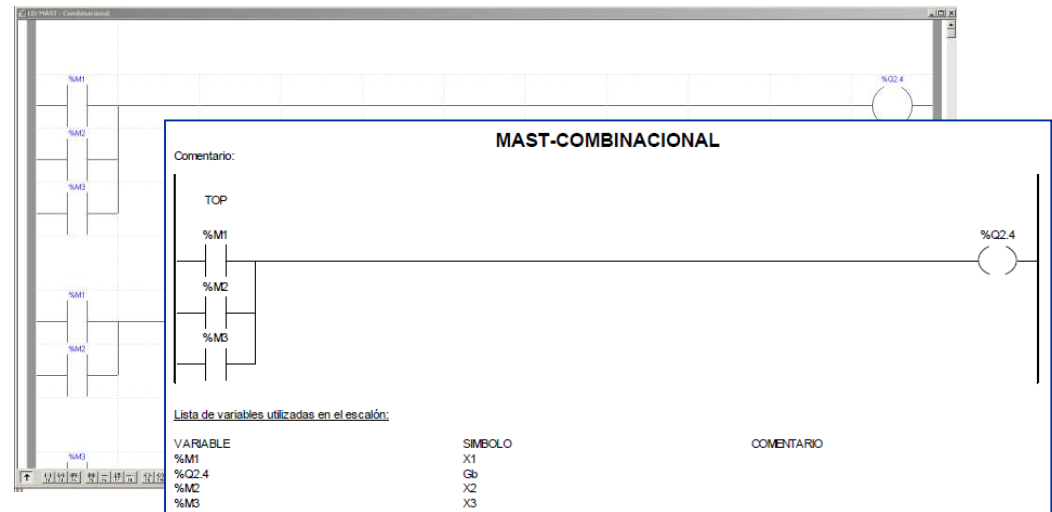
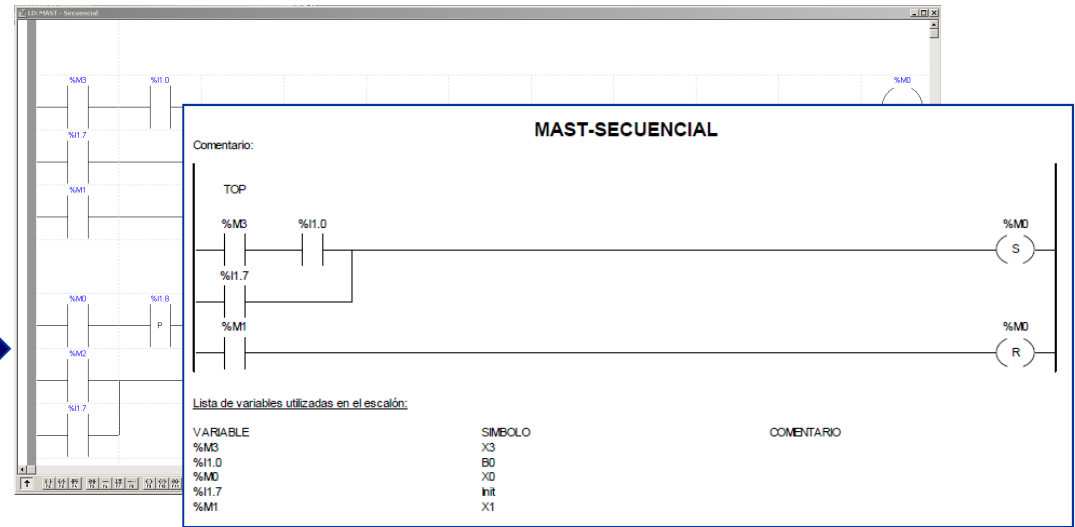
Variable	Tipo	Símbolo	Comentario
%CH2.MOD	CH		
%I2.MOD.ERR	EBOOL		
+ %MW2.MOD	WORD		
+ %MW2.MOD.1	WORD		
+ %MW2.MOD.2	WORD		
+ %MW2.MOD.3	WORD		
+ %KW2.MOD	WORD		
%Q2.0	EBOOL	Descender	Contactador para Descenso
%I2.0.ERR	BOOL		
%Q2.1	EBOOL	Subir	Contactador para Subir
%I2.1.ERR	BOOL		
%Q2.2	EBOOL	Vlenta	Contactador Velocidad Lenta
%I2.2.ERR	BOOL		
%Q2.3	EBOOL	Vrapida	Contactador Velocidad Rápida
%I2.3.ERR	BOOL		
%Q2.4	EBOOL	Gb	Contactador para el Giro de la Broca

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN



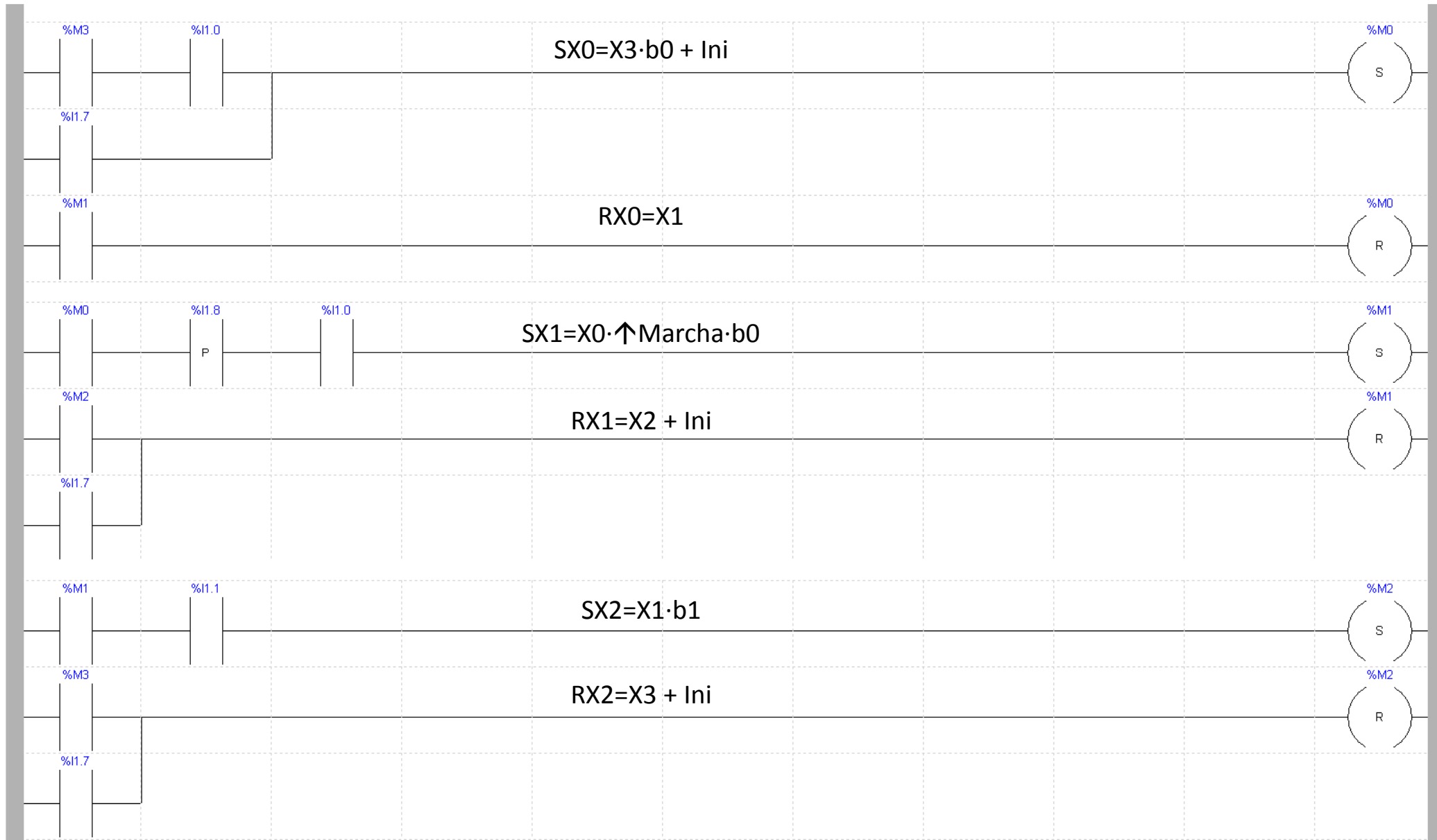
Secuencial

Combinacional



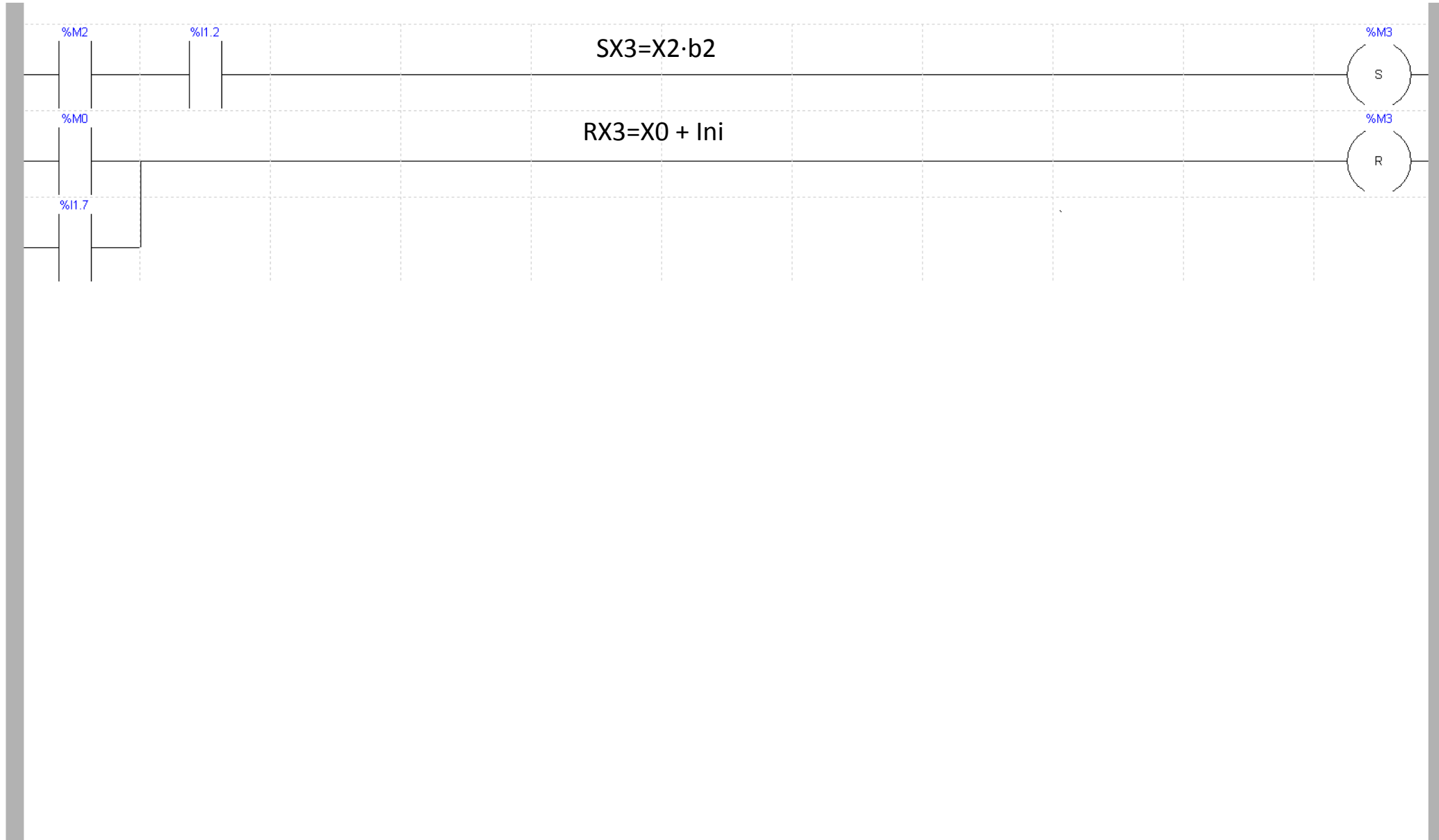
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE SECUENCIAL (Variables - Direcciones)



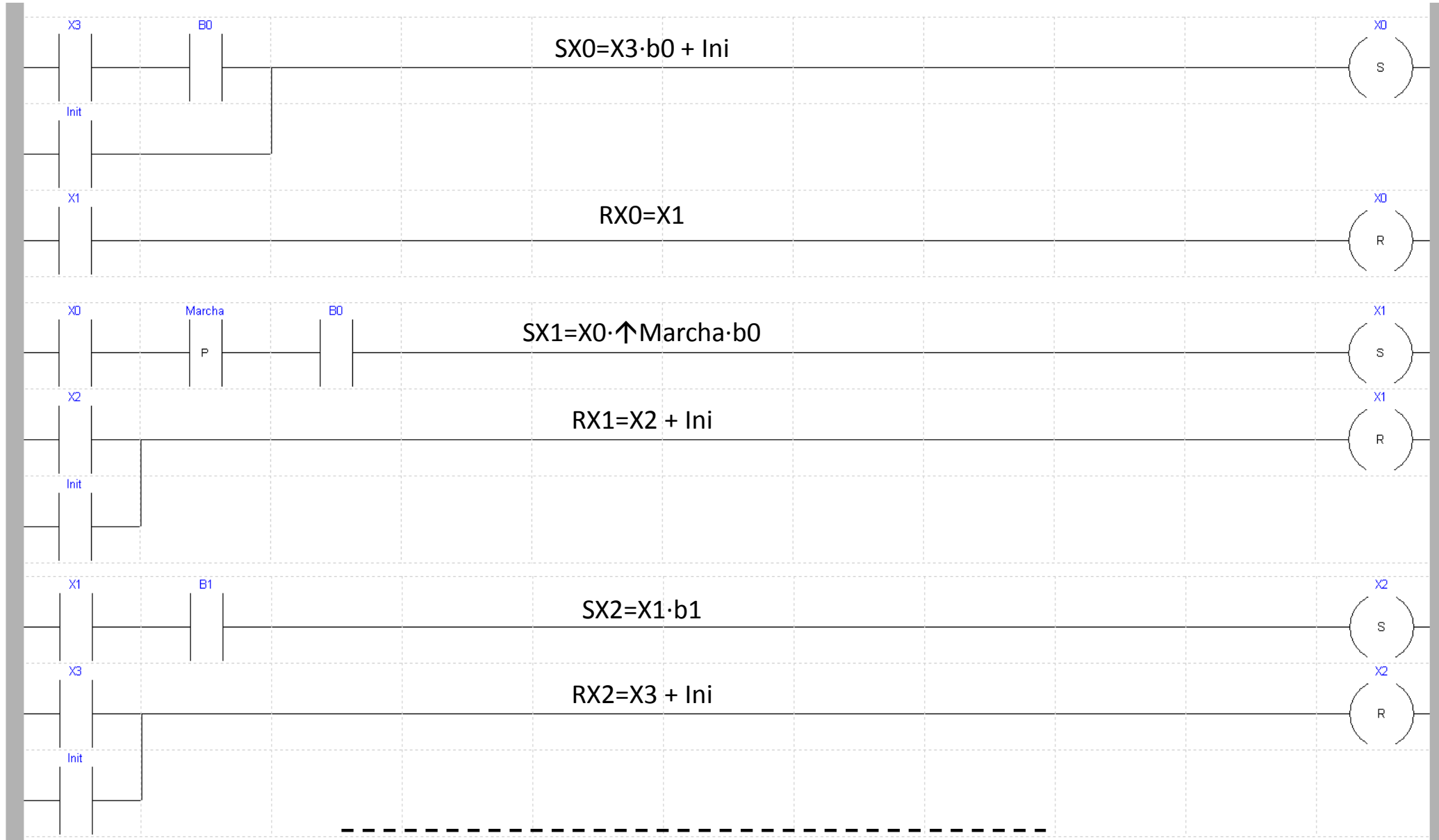
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE SECUENCIAL (Variables - Direcciones)



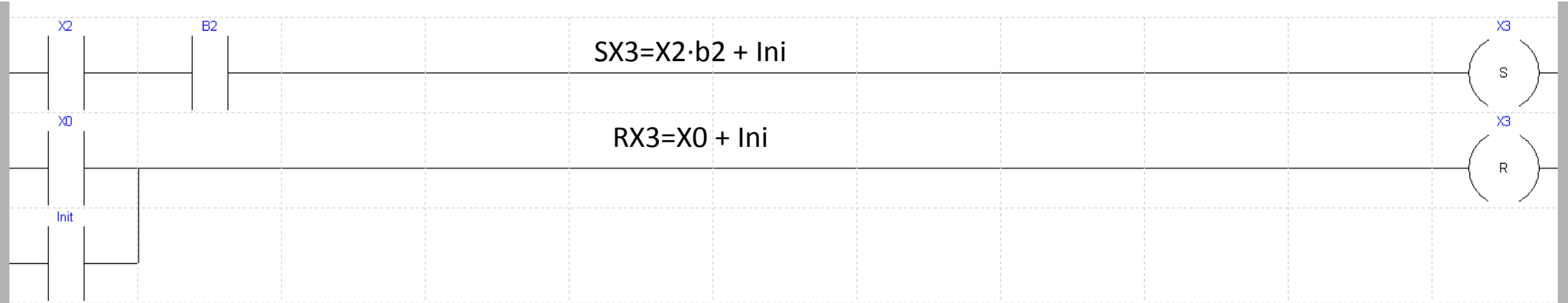
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE SECUENCIAL (Símbolos)



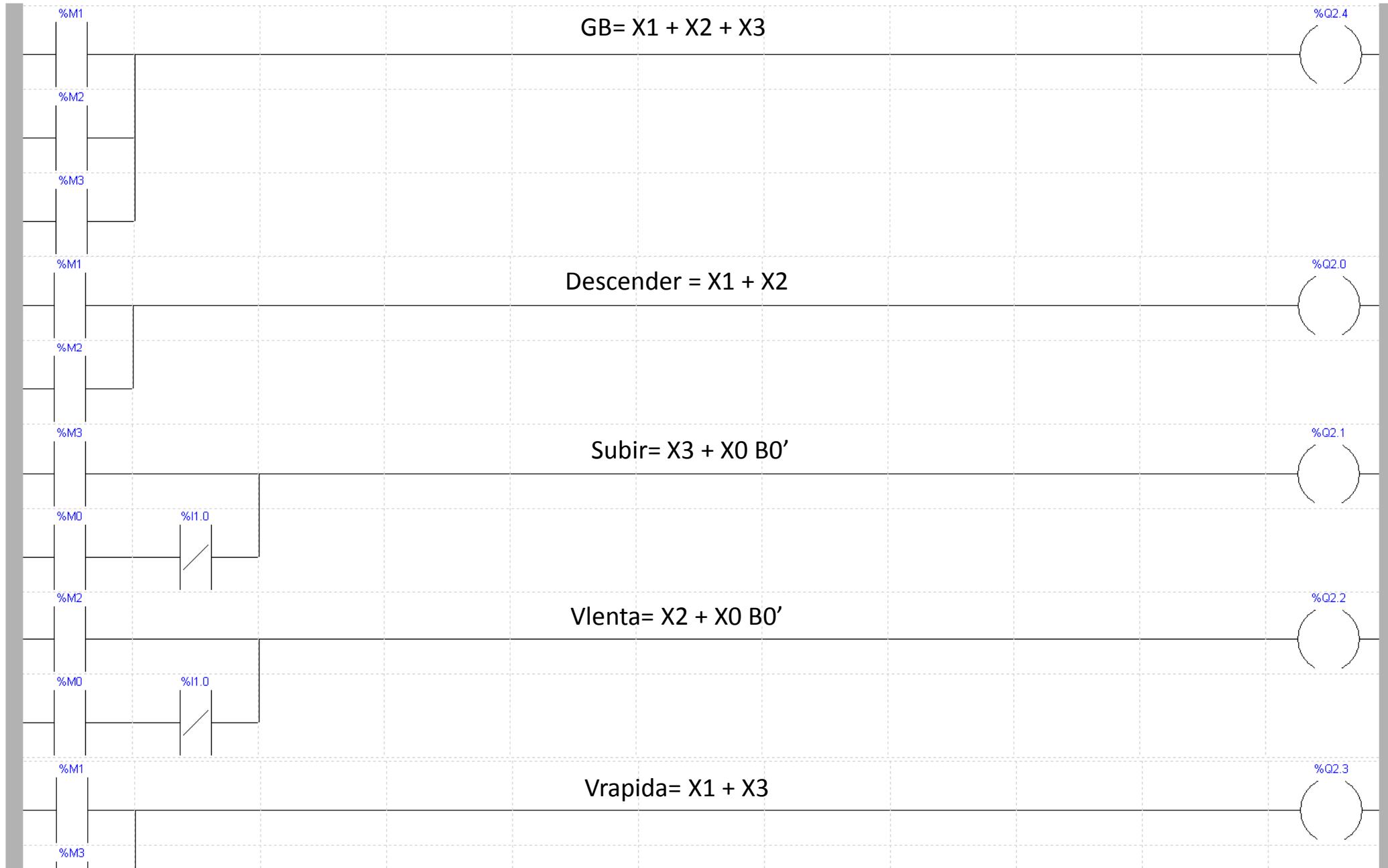
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE SECUENCIAL (Símbolos)



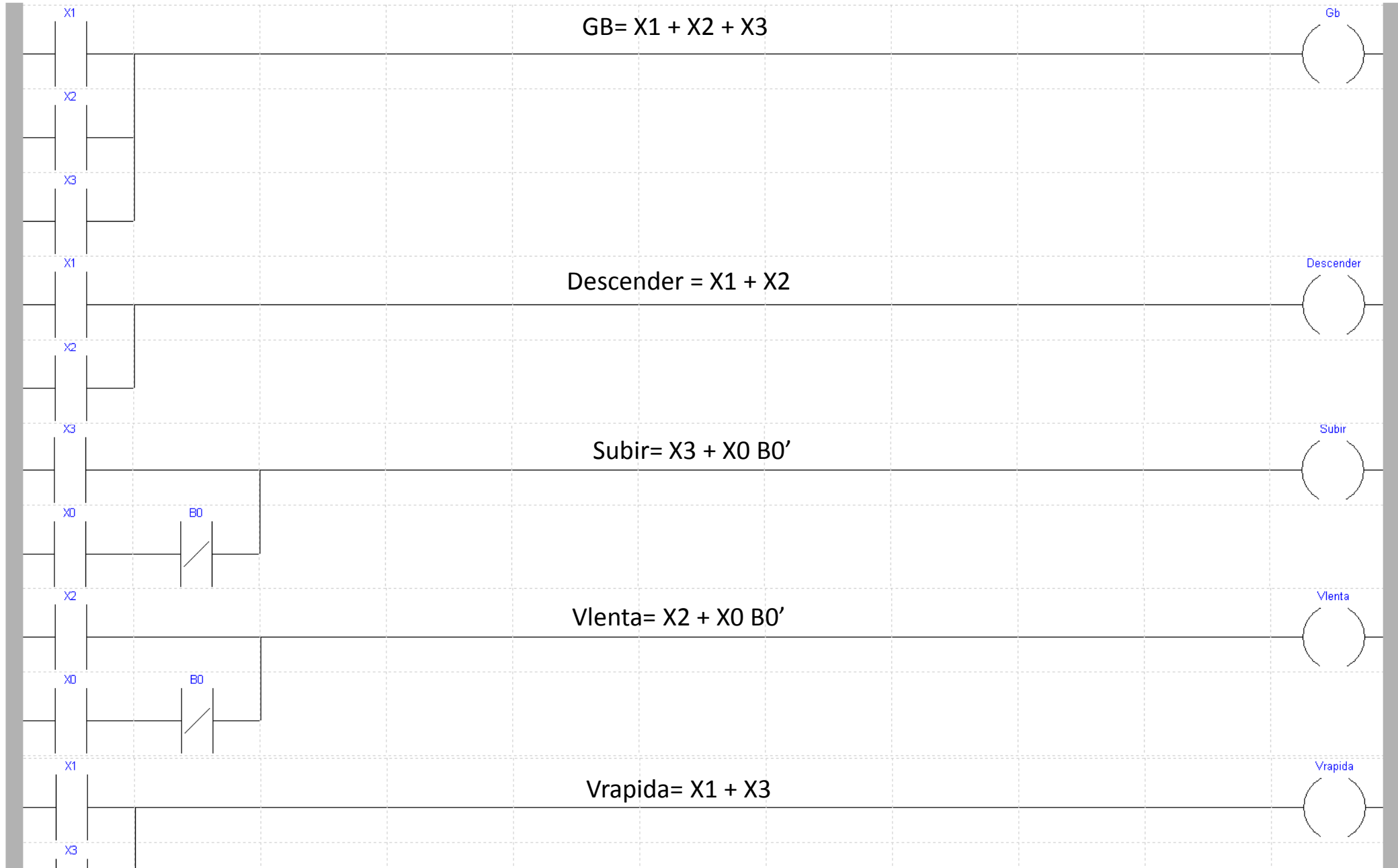
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE COMBINACIONAL (Variables - Direcciones)



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

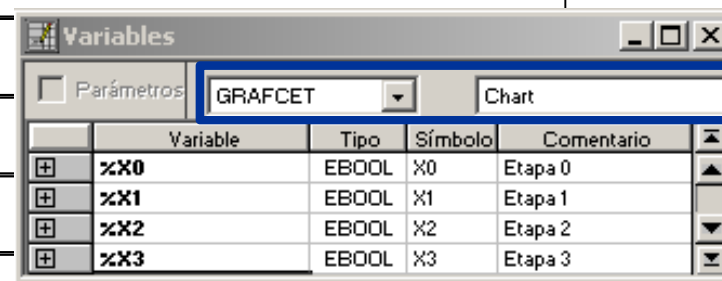
PARTE COMBINACIONAL (Símbolos)



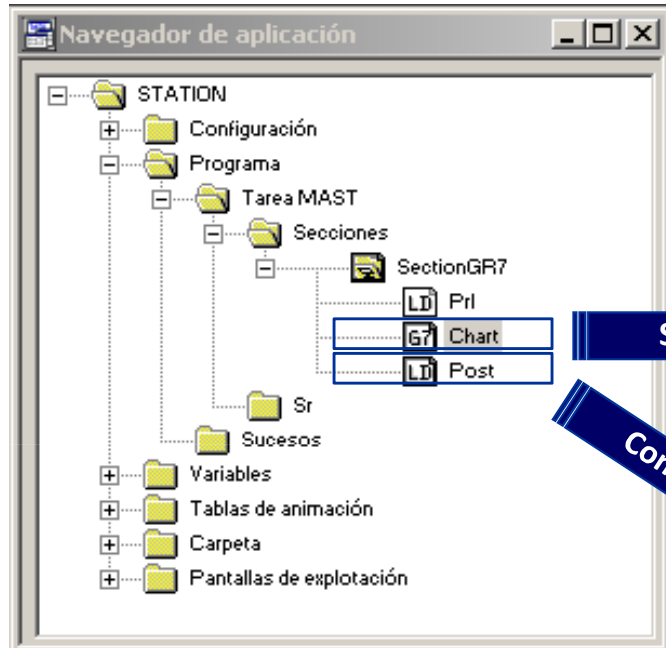
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – TSX3722 CON GRAFCET

TABLA DE ASIGNACIONES

<i>Símbolo</i>	<i>Dirección</i>	<i>Comentario</i>
X0	%X0	Etapa 0
X1	%X1	Etapa 1
X2	%X2	Etapa 2
X3	%X3	Etapa 3
b0	%I1.0	Final de carrera posición 0
b1	%I1.1	Final de carrera posición 1
b2	%I1.2	Final de carrera posición 2
m	%I1.8	Pulsador de Marcha
l	%I1.7	Inicialización
Descender	%Q2.0	Descenso Broca
Subir	%Q2.1	Subida Broca
Vlenta	%Q2.2	Velocidad Lenta
Vrapida	%Q2.3	Velocidad Rápida
Gb	%Q2.4	Giro Broca

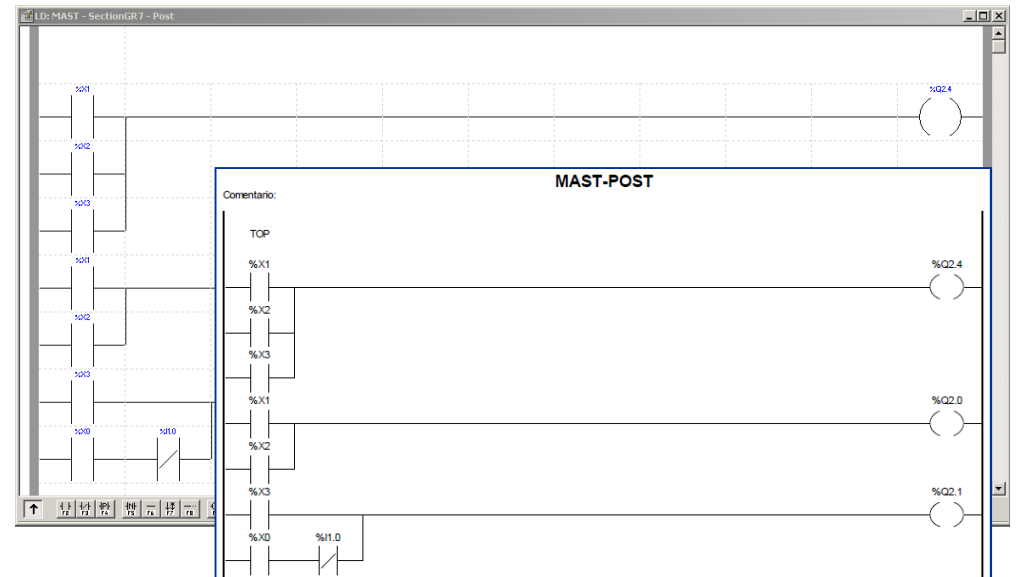
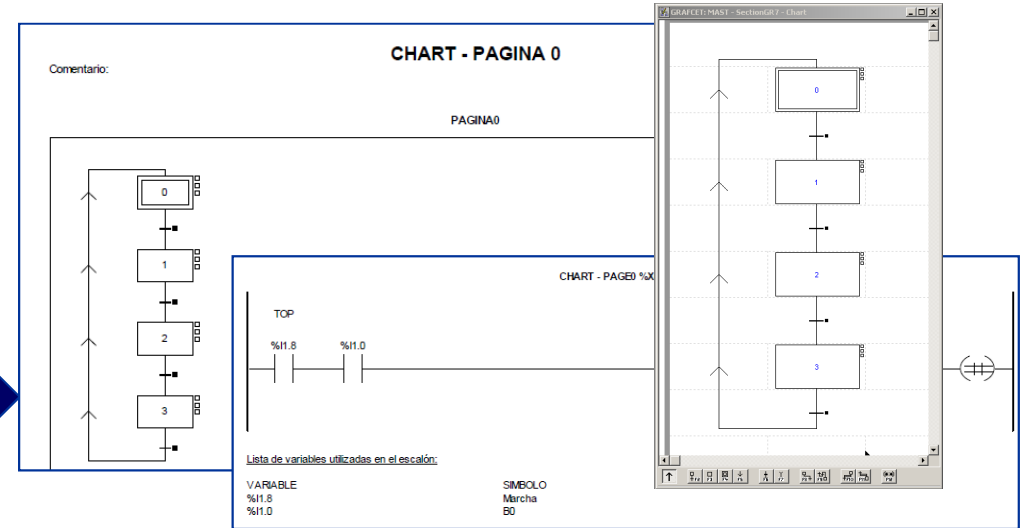


TALADRO - IMPLEMENTACIÓN



Secuencial

Combinacional



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE SECUENCIAL



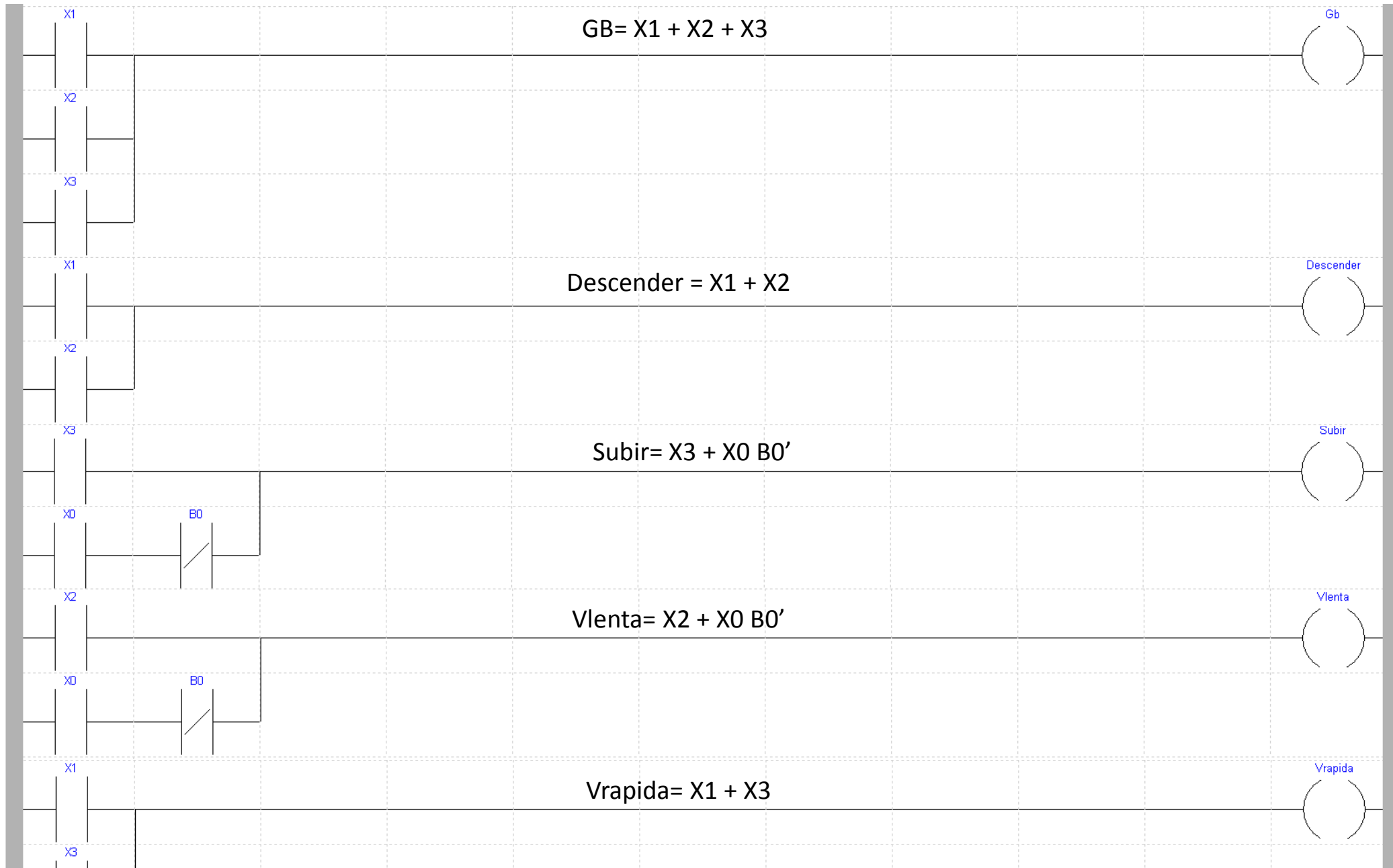
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE COMBINACIONAL (Variables - Direcciones)



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

PARTE COMBINACIONAL (Símbolos)



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – SIEMENS STEP

SÍMBOLO	DIRECCIÓN		COMENTARIO
	STEP 7	STEP 5	
Init	E 0.7	E 32.7	Señal de inicialización
Marcha	E 0.6	E 32.6	Pulsador de marcha
B0	E 0.0	E 32.0	Final de carrera B0
B1	E 0.1	E 32.1	Final de carrera B1
B2	E 0.2	E 32.2	Final de carrera B2
Desc	A 4.0	A 32.0	Contactador para descenso
Subir	A 4.1	A 32.1	Contactador para ascenso
Vr	A 4.2	A 32.2	Contactador para velocidad rápida
Vl	A 4.3	A 32.3	Contactador para velocidad lenta
X1	M 100.1		Etapa 1
X2	M 100.2		Etapa 2
X3	M 100.3		Etapa 3
X4	M 100.4		Etapa 4

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

Segmento 1: SET-RESET de la etapa 1 (X1)

```
U "X4"  
U "B0"  
O "Init"  
S "X1"  
U "X2"  
R "X1"
```

Segmento 2: SET-RESET de la etapa 2 (X2)

```
U "X1"  
U "Marcha"  
U "B0"  
S "X2"  
O "X3"  
O "Init"  
R "X2"
```

Segmento 3: SET-RESET de la etapa 3 (X3)

```
U "X2"  
U "B1"  
S "X3"  
O "X4"  
O "Init"  
R "X3"
```

Segmento 4: SET-RESET de la etapa 4 (X4)

```
U "X3"  
U "B2"  
S "X4"  
O "X1"  
O "Init"  
R "X4"
```

Segmento 5: ACCIONES

```
O "X2"  
O "X3"  
O "X4"  
= "Giro"  
O "X2"  
O "X3"  
= "Desc"  
U "X4"  
O  
U "X1"  
UN "B0"  
= "Subir"  
O "X2"  
O "X4"  
= "Vr"  
U "X3"  
O  
U "X1"  
UN "B0"  
= "V1"
```

Listado del programa
en STEP 7

OB1

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

Segmento 1 SET-RESET de la etapa 1

```
:U -Etapa4
:U -B0
:O -Init
:S -Etapa1
:U -Etapa2
:R -Etapa1
:***
```

Segmento 2 SET-RESET de la etapa 2

```
:U -Etapa1
:U -Marcha
:U -B0
:S -Etapa2
:O -Etapa3
:O -Init
:R -Etapa2
:***
```

Segmento 3 SET-RESET de la etapa 3

```
:U -Etapa2
:U -B1
:S -Etapa3
:O -Etapa4
:O -Init
:R -Etapa3
:***
```

Segmento 4 SET-RESET de la etapa 4

```
:U -Etapa3
:U -B2
:S -Etapa4
:O -Etapa1
:O -Init
:R -Etapa4
:***
```

Segmento 5 Acciones

```
:O -Etapa2
:O -Etapa3
:O -Etapa4
:= -Giro
:O -Etapa2
:O -Etapa3
:= -Desc
:U -Etapa4
:O
:U -Etapa1
:UN -B0
:= -Subir
:O -Etapa2
:O -Etapa4
:= -Vr
:U -Etapa3
:O
:U -Etapa1
:UN -B0
:= -V1
:BE
```

Listado del programa
en STEP 5

OB1

TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – BECKHOFF SIN SFC

TABLA DE ASIGNACIONES

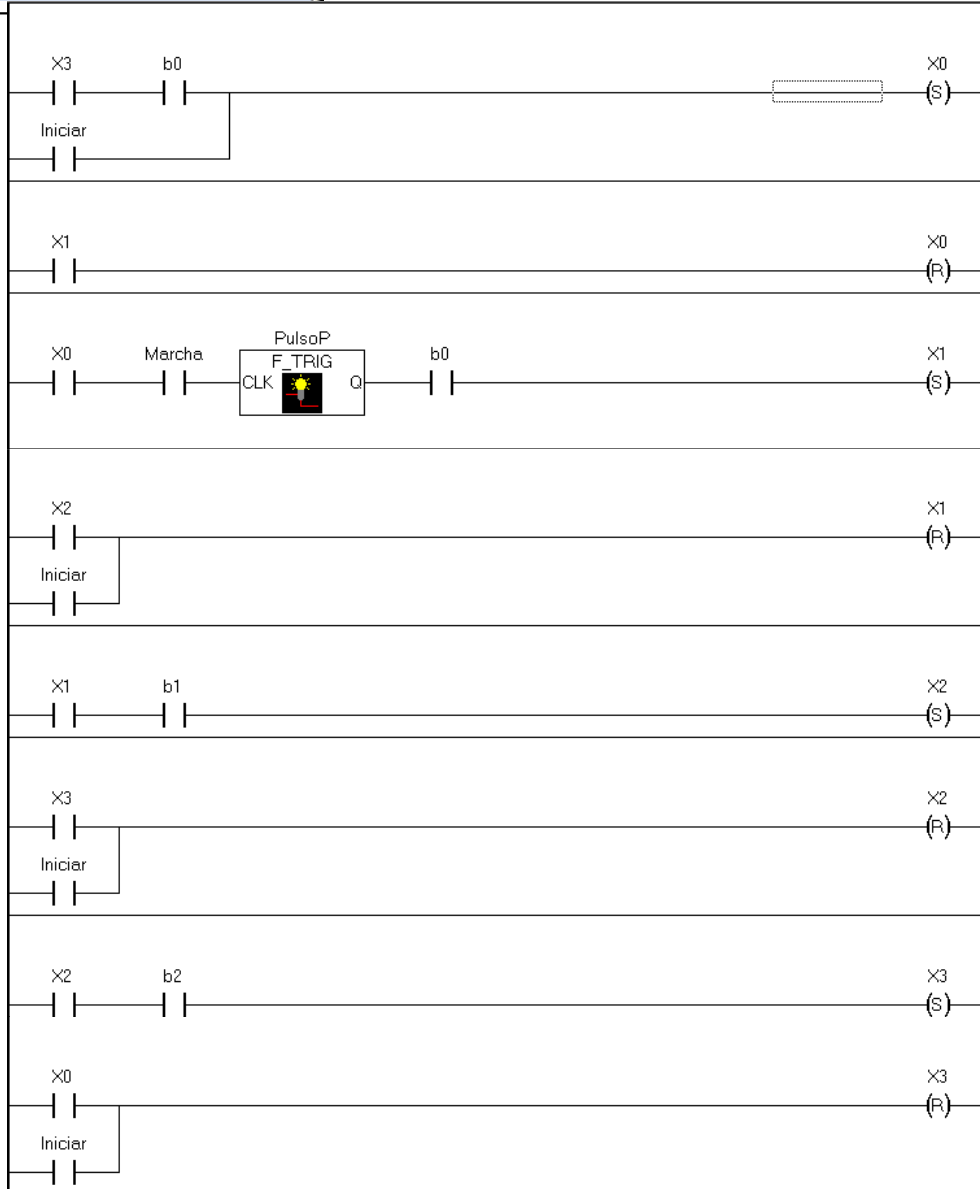
<i>Símbolo</i>	<i>Dirección</i>	<i>Comentario</i>
X0	BOOL	Etapas 1
X1	BOOL	Etapas 2
X2	BOOL	Etapas 3
X3	BOOL	Etapas 4
b0	%IX0.0	Final de carrera posición 0
b1	%IX0.1	Final de carrera posición 1
b2	%IX0.2	Final de carrera posición 2
Marcha	%IX0.7	Pulsador de Marcha
Iniciar	BOOL	Inicialización
Descender	%QX0.4	Descenso Broca
Subir	%QX0.3	Subida Broca
Vel_lenta	%QX0.2	Velocidad Lenta
Vel_rapida	%QX0.1	Velocidad Rápida
Giro_broca	%QX0.0	Giro Broca

0001	PROGRAM MAIN
0002	VAR
0003	Marcha AT %IX0.7: BOOL;
0004	b0 AT %IX0.0: BOOL;
0005	b1 AT %IX0.1: BOOL;
0006	b2 AT %IX0.2: BOOL;
0007	
0008	
0009	Giro_broca AT %QX0.0: BOOL;
0010	Vel_rapida AT %QX0.1: BOOL;
0011	Vel_lenta AT %QX0.2: BOOL;
0012	Descender AT %QX0.3: BOOL;
0013	Subir AT %QX0.4: BOOL;
0014	
0015	
0016	X0: BOOL;
0017	X1: BOOL;
0018	X2: BOOL;
0019	X3: BOOL;
0020	
0021	Iniciar: BOOL;
0022	
0023	PulsoP: F_TRIG;
0024	
0025	END_VAR

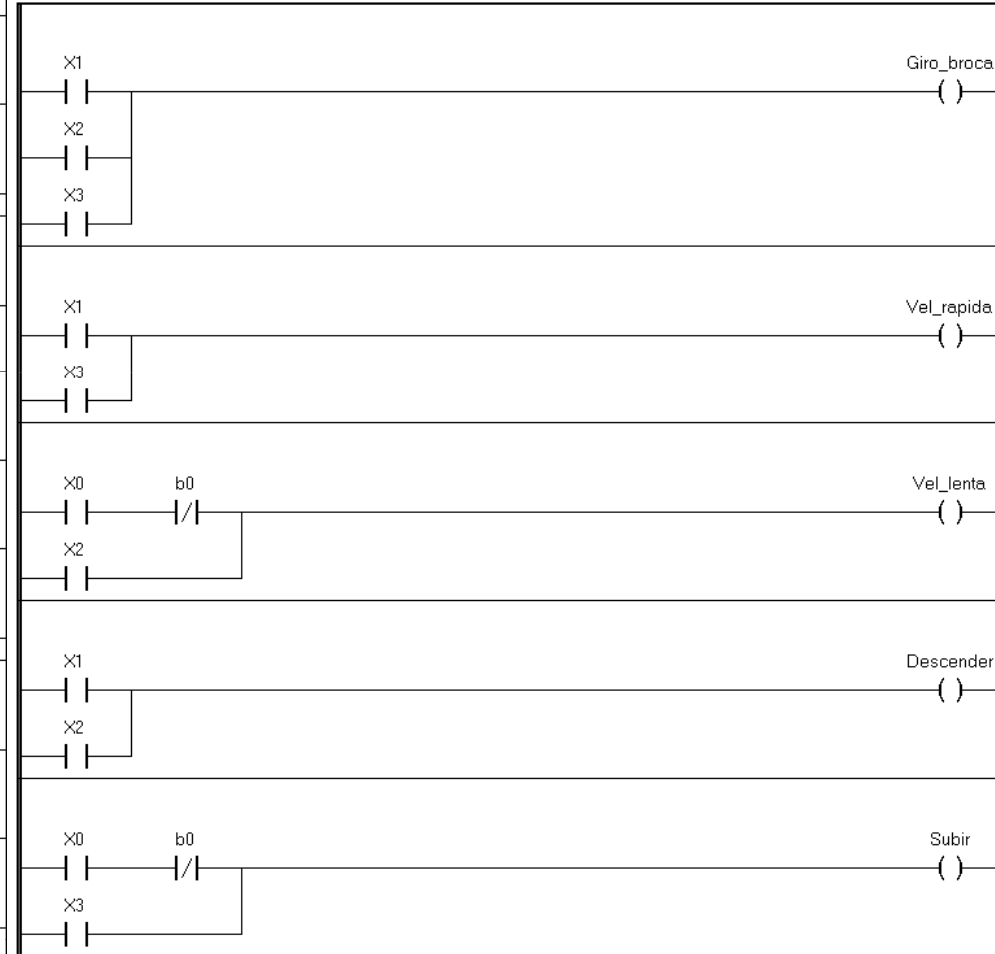
TALADRO - IMPLEMENTACIÓN

POUs
 MAIN (PRG)

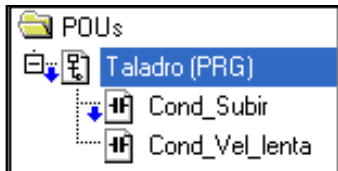
PARTE SECUENCIAL



PARTE COMBINACIONAL



TALADRO - IMPLEMENTACIÓN – BECKHOFF CON SFC



```

0001 PROGRAM Taladro
0002 VAR
0003
0004     Marcha AT %IX0.3: BOOL;
0005     b0 AT %IX0.0: BOOL;
0006     b1 AT %IX0.1: BOOL;
0007     b2 AT %IX0.2: BOOL;
0008
0009     Vel_lenta AT %QX0.0: BOOL;
0010     Vel_rapida AT %QX0.1: BOOL;
0011     Giro_broca AT %QX0.2: BOOL;
0012     Descender AT %QX0.3: BOOL;
0013     Subir AT %QX0.4: BOOL;
0014
0015     Flan: R_TRIG;
0016 END_VAR
    
```

