

# L'automatització en la indústria alimentària

Josep M. Guadayol<sup>#+</sup>, Teresa Baqueró<sup>#</sup>, Joaquim Picó<sup>\$+</sup>

<sup>#</sup> Departament d'Enginyeria Química, EUETIT-UPC, <sup>\$</sup> Departament d'Enginyeria Electrònica, EUETIT-UPC + CAIT (Col·lectiu d'Automatització Industrial de Terrassa)

Aquest és el primer d'una sèrie d'articles que tenen com a objectiu introduir el lector en l'automatització industrial, conèixer-ne alguna aplicació i justificar la necessitat de l'autòmat programable, element que actualment es pot considerar fonamental en qualsevol procés que requereixi un control de la seva evolució, amb la introducció de canvis que afectin al desenvolupament del procés indicat.

L'automatització és una disciplina que actualment, i gràcies als avenços tecnològics s'ha introduït d'una manera molt profunda dins de qualsevol sistema de producció. Les necessitats dels processos i les tècniques alimentàries no n'han estat mai al marge, més aviat al contrari, i estan emprant tots els avantatges que proporciona per millorar i optimitzar els processos actuals.

Una vegada s'han estudiat les necessitats en el cas d'un procés nou, o bé les millores quan es tracta d'un procés que ja està implantat, introduir els elements que permeten millorar la qualitat i la quantitat de la producció desemboca en la implantació de l'autòmat programable amb tots els avantatges que comporta. L'estudi d'exemples elementals facilita molt la comprensió de les idees exposades i permet al lector proposar solucions pròpies.

## Introducció a l'automatització

Es pot dir que un procés està automatitzat quan és capaç de reaccionar davant de les situacions que es presenten per causa de la instal·lació d'un dispositiu tecnològic, anomenat genèricament automatisme, que s'encarrega d'exercir la funció de control per a la qual ha estat concebut.

En la figura 1 es presenta un esquema funcional del sistema resultant de l'automatització. Bàsicament es pot veure un sistema de captació d'informació, resultat dels canvis físics que es produeixen quan el procés evoluciona; la unitat de control pot generar accions que determinin aquesta evolució. Les accions enviades i les dades rebudes són funció del sistema de comandament i de les informacions i ordres de l'equip tècnic. De la figura es pot deduir que es tracta d'un llaç tancat en què hi ha un flux continu d'informació que circula des del procés fins a la unitat de control i a l'inrevés.

Per tenir una idea de l'evolució dels autòmats programables, direm que l'any 1969 la GME (General Motors Corporation) incorpora el primer PLC

(Programmable Logic Controller), i l'any 1971 es comercialitza dins dels àmbits d'alimentació i begudes, metal·lúrgic, manufacturer i paperer. Podem veure que, des del primer moment, la indústria alimentària, per la seva pròpia naturalesa, es converteix en un camp d'expansió dels autòmats programables. Les aplicacions més comunes són molt variades; aquí en destaquem unes quantes: la manipulació de contenidors i de materials de qualsevol grandària, l'empaquetatge, els processos de mescla, pesada, assecat i emplenament, l'emmagatzematge i moltes operacions més.

En realitat, l'automatització aporta molts avantatges, com ara la millora de la qualitat (precisió, fiabilitat), l'increment de la producció i productivitat, l'eliminació de feines difícils i perilloses, la reducció de costos de producció, i molts més.

## Processos combinatoris i seqüencials

Un procés o una part del procés pot evolucionar de manera combinatoria o seqüencial. El primer cas es dona quan les sortides depenen únicament de

l'estat de les entrades, independentment dels estats anteriors en què es troba el sistema, aquest tipus de procés es pot representar a partir d'un conjunt de funcions lògiques de les variables d'entrada que defineixen les variables de sortida.

En el procés seqüencial, a diferència de l'anterior, les sortides depenen de les entrades i també dels estats anteriors del sistema, és a dir, té en compte la variable temps. Per conèixer en tot moment aquests estats s'utilitzen unes variables internes anomenades variables d'estat. Els sistemes seqüencials reben aquest nom del fet que reaccionen d'una manera determinada a les seqüències de canvis d'estat de les entrades.

## Tecnologies utilitzades per a l'automatització

Per aconseguir els objectius indicats abans, podem considerar dos grans grups de tecnologies: tecnologies cablejades i tecnologies programables.

Les tecnologies cablejades, emprades des de fa molt temps, es duen a terme mitjançant unions físiques dels elements que formen part de la unitat

de control. Aquesta tecnologia presenta molts inconvenients: l'ocupació de molt espai, les dificultats per fer una ampliació, la localització complicada de problemes, i d'altres. La tecnologia adoptada pot ser la pneumàtica, l'elèctrica, la hidràulica, etc.

Les tecnologies programables eliminen els problemes de les tècniques cablejades, tot i que en generen de nous com ara la necessitat de personal especialitzat per a la seva programació, els costos elevats de l'equipament, la necessitat de personal especialitzat per al manteniment, i d'altres.

## L'autòmat programable

L'autòmat va ser un element que va néixer per tal de ser utilitzat com a substitut dels armaris de relés i es va mostrar particularment adaptable al control de cadenes de muntatge, és a dir, als processos seqüencials. Per tant, la definició més ajustada d'un autòmat programable industrial és que es tracta d'un equip electrònic de la família dels computadors, programable en llenguatge propi, dissenyat per controlar, en temps real i ambient industrial, màquines i processos seqüencials.

Els elements bàsics que constitueixen l'autòmat programable són la unitat central de procés (CPU) i el sistema d'entrades i sortides (E/S). Amb aquests dos elements, l'equip ja és operatiu sobre la màquina o procés a controlar, però existeixen altres components que, encara que no formin part de l'autòmat com a equip, són necessaris per a la seva aplicació. Aquests components, generalment denominats perifèrics, són els equips de programació, les unitats de diàleg i test, les impressores, els visualitzadors, les terminals, etc. També poden formar part del sistema de control de l'autòmat altres autòmats, equips de control numèric (CNC), robots i ordinadors. En la figura 2 es mostra el conjunt mínim d'elements que acompanyen l'autòmat.

La *unitat central de procés*, que es considera formada pel processador i la memòria, és la intel·ligència del sistema i s'encarrega de fer les tasques de control intern i extern mitjançant la interpretació que el processador fa de les instruccions o codis d'operació emmagatzemats en la memòria; processa les dades que obté

de les entrades i genera les accions cap a les sortides.

El *sistema d'entrades i sortides* s'encarrega d'adaptar elèctricament els dispositius de camp, elements de mesura i accionadors als valors amb què treballen els circuits electrònics de l'autòmat i proporciona el mitjà d'identificació d'aquests dispositius davant el processador.

Un autòmat programable es converteix en un equip específic una vegada que s'ha dotat d'un programa i s'ha acoblat amb els elements d'entrada i sortida. La varietat d'autòmats programables és molt gran, poden ser compactes o modulars, i el seu nombre d'entrades i sortides pot anar des d'una dotzena fins a milers, aquestes característiques en permeten una utilització molt àmplia, adaptada a les necessitats de cada situació.

## Elecció d'un autòmat programable

Quan un usuari s'ha decidit per utilitzar un autòmat programable, falta definir quin, d'entre la gamma disponible, s'adapta millor a les condicions tècniques i econòmiques del problema proposat. Tenint en compte les característiques actuals i també les necessitats futures segons els objectius de l'empresa, els criteris o factors que cal considerar són aquests:

- Entrades i sortides: quantitat, tipus, prestacions, ubicació, etc.
- Tipus de control: una o varies màquines, un procés, etc.
- Tipus de processador.
- Memòria: quantitat, tecnologia, expansibilitat.

— Programari: conjunt d'instruccions, mòduls de programes.

— Factors perifèrics: equips de programació, diàleg home-màquina.

— Criteris físics i ambientals: característiques constructives, banda de temperatura.

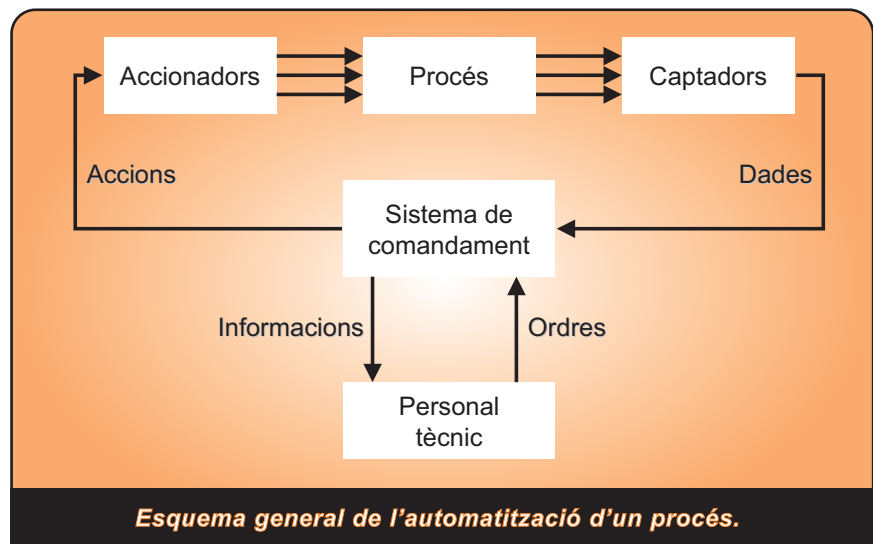
— Altres de tipus qualitatiu com l'ajuda al desenvolupament del programa, la fiabilitat del producte, els serveis del subministrador, etc.

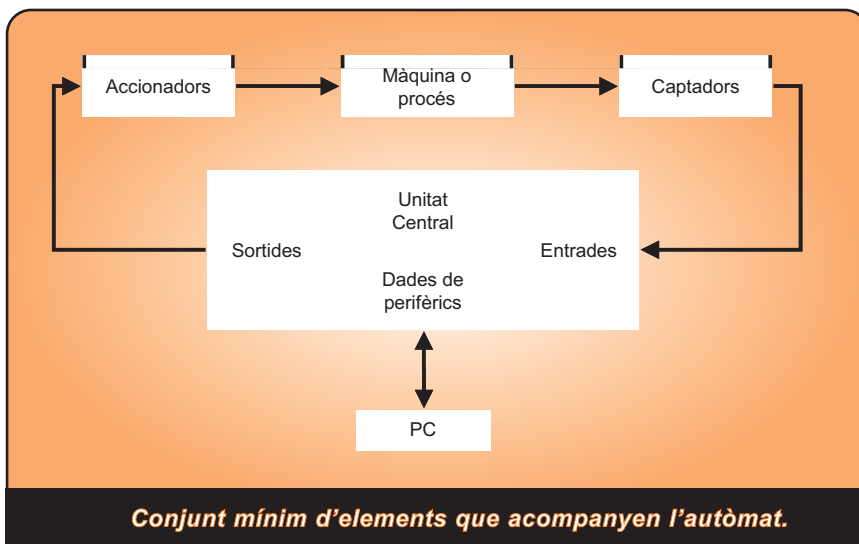
## Presentació i plantejament d'un problema d'automatització

Fins aquí s'ha vist quins elements constitueixen un autòmat programable, però cal dir-li què és el que ha de fer; per això disposem de llenguatges que permeten comunicar a l'autòmat les instruccions que transfereixen la informació del tècnic al sistema automatitzat. En aquests treballs es veurà el mètode GRAFCET i, a partir d'aquest, s'introduirà el llenguatge de l'esquema de contactes. Creiem que d'aquesta manera es facilita al lector la comprensió i l'elaboració del programa.

La millor manera de resoldre un problema és definir-lo i entendre'l. Escriure instruccions és un treball fàcil quan s'han descrit adequadament les seqüències de control que permetran resoldre un determinat problema d'automatització. Els passos que cal seguir són els següents:

- 1) Definir quin és el treball a fer i quins són els requeriments.
- 2) Establir la manera en què es pot dur a terme la tasca definida.
- 3) Determinar quines són les fases que s'han de donar i en quin ordre.
- 4) Obtenir un diagrama de flux de





**Conjunt mínim d'elements que acompanyen l'autòmat.**

les seqüències d'operacions que determinen el mètode de control.

5) Valorar els dispositius de camp que poden intervenir com a variables d'entrades i sortides.

6) Assignar direccions d'entrades i sortides als dispositius i a les variables internes.

7) Obtenir els esquemes lògics que desenvolupen el diagrama de flux.

8) Transcriure els esquemes al llenguatge de programació de l'autòmat utilitzat.

Com a alternativa al diagrama de flux, un altre mètode sistemàtic d'estudi i solució d'una tasca de control és el GRAFCET o *graphie de commande étape-transition*. Es tracta d'un diagrama funcional, d'una representació gràfica de les seqüències que ha d'efectuar la unitat de control. Els principals elements de definició i expressió gràfica són els següents:

Les etapes, que són estats estables i perfectament definits del sistema als quals s'hi associen les accions.

Les transicions, que són condicions lògiques d'evolució del sistema per passar d'una etapa a la següent.

Els enllaços, que són unions, amb direcció significativa, entre etapes i nodes de transició o viceversa.

Un cop s'ha elaborat el GRAFCET, és fàcil establir els diagrames de contactes que donen lloc al programa de l'autòmat.

En la figura 3 hi ha un exemple de tanc agitat amb dos corrents d'entrada A i B, un control de la temperatura (TC) que regula el cabal de vapor en el serpentí i un corrent de sortida C. El primer, doncs, que cal fer és, segons els punts anteriors, centrar el problema

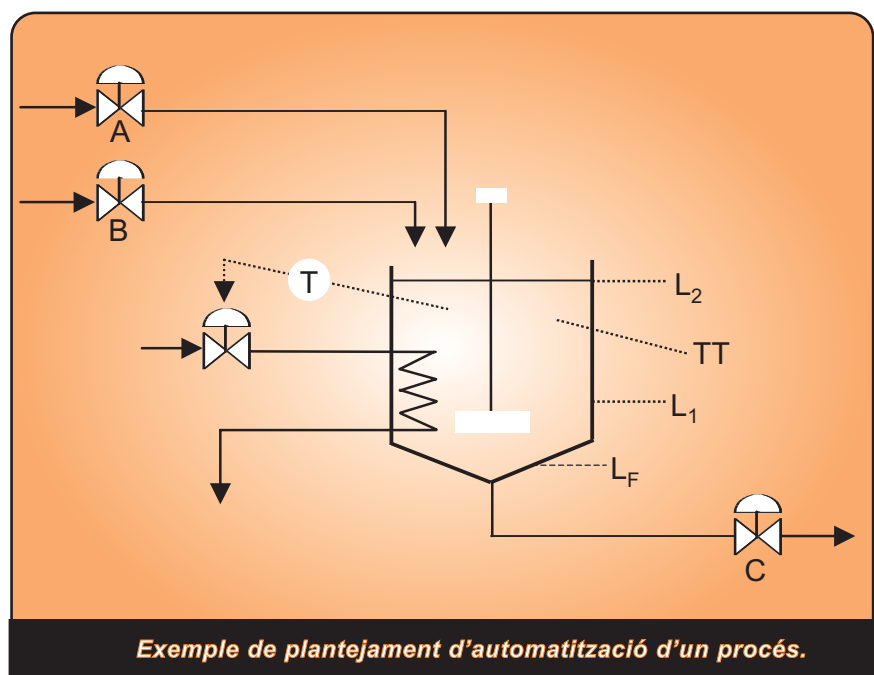
i definir els requeriments: les vàlvules A i B deixen passar una quantitat de producte predeterminada, a continuació cal escalfar i mantenir la barreja durant un cert temps a una temperatura fixada; passat aquest temps es procedeix a descarregar i reiniciar el procés, d'aquesta manera s'ha completat un cycle, qualsevol cycle posterior serà exactament igual a aquest. El requeriment principal per al correcte funcionament de l'agitador és que el nivell del tanc superi un valor mínim ( $L_1$ ), també és important tenir en compte que no és convenient aportar calor al sistema si el serpentí no està completament submergit en la barreja.

Plantegem ara com dur a terme concretament aquest procés. Cal obrir les vàlvules A i B simultàniament?, o bé una a continuació de l'altre?, és reco-

manable comprovar que la vàlvula C estigui tancada?, cal assegurar-se que el dipòsit estigui buit abans de començar cada cycle? Les respostes a aquestes preguntes han de ser valorades per l'equip tècnic tenint en compte els factors tecnològics, econòmics, etc. Es pot veure com aquestes informacions augmenten d'alguna manera la seguretat del desenvolupament del procés, però també l'encareixen.

Les fases, doncs, que cal seguir en cada un dels cycles serien, per exemple, obrir A i B fins a assolir el nivell  $L_2$  amb la composició necessària, tancar A i tancar B quan hagin deixat passar les quantitats de producte respectivament, activar el sistema d'escalfament fins a obtenir la temperatura fixada, engegar l'agitador durant el temps predefinit, aturar l'agitador i el sistema de control de la temperatura, obrir la vàlvula C fins que el dipòsit estigui buit (nivell  $L_F$ ) i finalment tancar la vàlvula C i tornar a començar el procés.

Amb aquesta informació ja es podria elaborar el GRAFCET, però en l'article següent ho desenvoluparem i explicarem de manera detallada. No obstant això, podem afegir quins són els dispositius d'entrada o de sortida; els primers són els sensors de temperatura i nivell; també hi ha variables internes que indiquen que el temps d'agitació ha complert. Les sortides són les accions d'obrir i tancar vàlvules i engegar i parar els sistemes d'agitació i escalfament.



**Exemple de plantejament d'automatització d'un procés.**