

EL CONTROL AUTOMÁTICO EN LA INDUSTRIA

M.P. Ing. Luis Milla Lostaunau

RESUMEN

El avance de la tecnología ha hecho imprescindible el uso de la computadora en la industria como una herramienta de control. Su aplicación es cada vez más intensiva, y por tal motivo este artículo señala el desarrollo histórico de su aplicación, y las posibilidades que se tendrán en el futuro.

ABSTRACT

The advance of the technology has made indispensable the use of the computer in the industry like a control tool. Their application is more and more intensive, and for such a reason this article points out the historical development of its application, and the possibilities that will be have in the future.

“La finalidad del control automático es la de imponer entre un parámetro físico específico y otro parámetro físico bien determinado una relación deseada independiente de la acción de otras variables ...”

INTRODUCCION

La finalidad del control automático es la de imponer entre un parámetro físico específico, denominado variable de entrada y otro parámetro físico bien determinado, llamado variable de salida, una relación deseada (con una precisión dada) independiente de la acción de otras variables llamadas perturbadoras. Por ejemplo en los sistemas de “pilotos automáticos” de un avión se trata de imponer o condicionar una relación fija entre una manivela, donde el piloto

(humano) establece la dirección que debe tener el avión, con la dirección real del avión, independientemente de las ráfagas de viento que actúan en forma perturbadora.

Los sistemas pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado. De una forma esquemática se puede representar esos sistemas como se muestra en la figura (a) y (b).



Figura (a)

La primera muestra un sistema de lazo abierto en el que la señal de entrada (x) actúa sobre el sistema para imponerle una determinada señal de salida (y).

Podemos considerar que la acción del control se desarrolla en una sola dirección: de la entrada hacia la salida o de izquierda a derecha.

En la figura (b), tenemos una señal de entrada (R) y una señal de salida (C). La diferencia con el

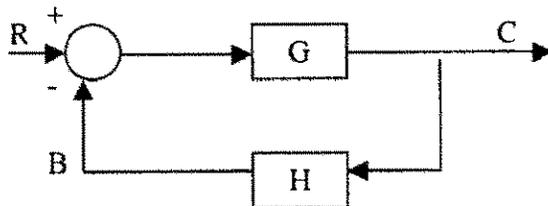


Figura (b)

sistema de lazo abierto se debe a que la señal de salida (o función de ella) es regresada (a través del bloque H) hacia la entrada y comparada con la señal de entrada. La señal resultante de esa comparación (E), llamada señal de error, es la que actúa sobre el sistema para tener un determinado valor de la señal de salida. Al proceso de “regresar” a la entrada la señal de salida, con el fin de compararle con la señal de entrada se llama “retroalimentación”. Los sistemas de lazo abierto no tienen retroalimentación.

La señal marcada como B en la figura (b) puede ser igual a la señal de salida C o puede ser una función de ella; es decir, B puede depender de la variable de salida C. En cualquier caso, a B se le conoce como "señal de retroalimentación".

Ya desde la antigüedad se tiene referencias sobre algunos autómatas, aunque los detalles no son conocidos. Parece que es el siglo XVIII cuando se comenzaron a construir algunas cajas musicales, con o sin personajes animados. En éstas, un movimiento de relojería hace girar un cilindro con picos, los cuales golpean a unas laminillas vibrantes. Cada laminilla tiene una longitud diferente con lo cual se obtienen las notas musicales y los picos del cilindro se encuentran dispuestos de tal manera que golpean a la laminilla adecuada para obtener una nota dada, en el momento oportuno. Dentro de algunas cajas se encuentra también una muñeca bailarina, que es accionada por el mismo mecanismo de relojería a través de una transmisión de engranajes o poleas.

Veamos otro ejemplo: El de un automóvil capaz de recorrer un camino en donde se han agregado algunos obstáculos, sin chocar con ellos; todo esto a una velocidad dada.

En 1934 el inventor francés Dussand presentó uno de estos vehículos. Los obstáculos eran colocados en lugares pre-establecidos. La dirección del automóvil obedecía a un mecanismo de levas el cual era diseñado en función del camino considerando la localización de los obstáculos. Sin embargo, el automóvil era incapaz de evitar los obstáculos si estos eran cambiados de lugar; en ese caso, el mecanismo de levas hubiera tenido que ser diferente.

La tecnología moderna permite la construcción de sistemas de lazo abierto donde se puede prever numerosas funciones o largas secuencias de operaciones resultando funcionamientos asombrosos. Una limitación de éstos sistemas aparece cuando actúan sobre ellos, señales imprevistas no consideradas en su programación.

AUTÓMATAS PROGRAMABLES

El Autómata Programable o Controlador Lógico Programable, en inglés Programmable Logic Controller PLC, es un equipo electrónico diseñado para controlar, en tiempo real, procesos secuenciales de cualquier tipo y volumen en la industria en general.

A este equipo también se le conoce con los términos de aparato, máquina o herramienta. Las amplias ventajas que ofrece respecto a la lógica

cableada lo convierte en elemento imprescindible en el campo de la automatización industrial. Seguridad, fácil manejo, economía y tiempo son los factores fundamentales que han determinado su aceptación.

No existen muchos especialistas con conocimientos mínimos para su manejo y programación, lo que hace necesario su estudio por técnicos que se mueven por los campos de la electricidad, electrónica, mecánica, etc.

" La tecnología moderna permite la construcción de sistemas de lazo abierto donde se puede prever numerosas funciones o largas secuencias de operaciones resultando funcionamientos asombrosos... "

AUTOMATISMOS

La automatización de una máquina o proceso productivo simple tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre en algún trabajo o labor. Se denomina "automatismo" al dispositivo

físico que realiza esta función controlando su funcionamiento. Los "aparatos de conexión" y los "auxiliares de automáticos de mando" son los que principalmente realizan esta función.

PRINCIPIO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO

Todo sistema automático, aún del más simple está basado en el concepto de bucle o lazo fig. (c).

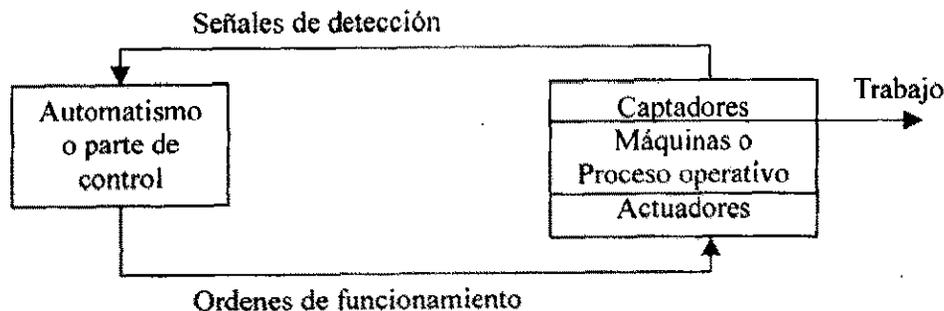


Fig. (c) Bucle o Lazo de un Sistema Automático

ETAPAS DE ESTUDIO EN LA ELABORACIÓN DE UN AUTOMATISMO

Los especialistas para el desarrollo y elaboración correcta requieren de los siguientes datos:

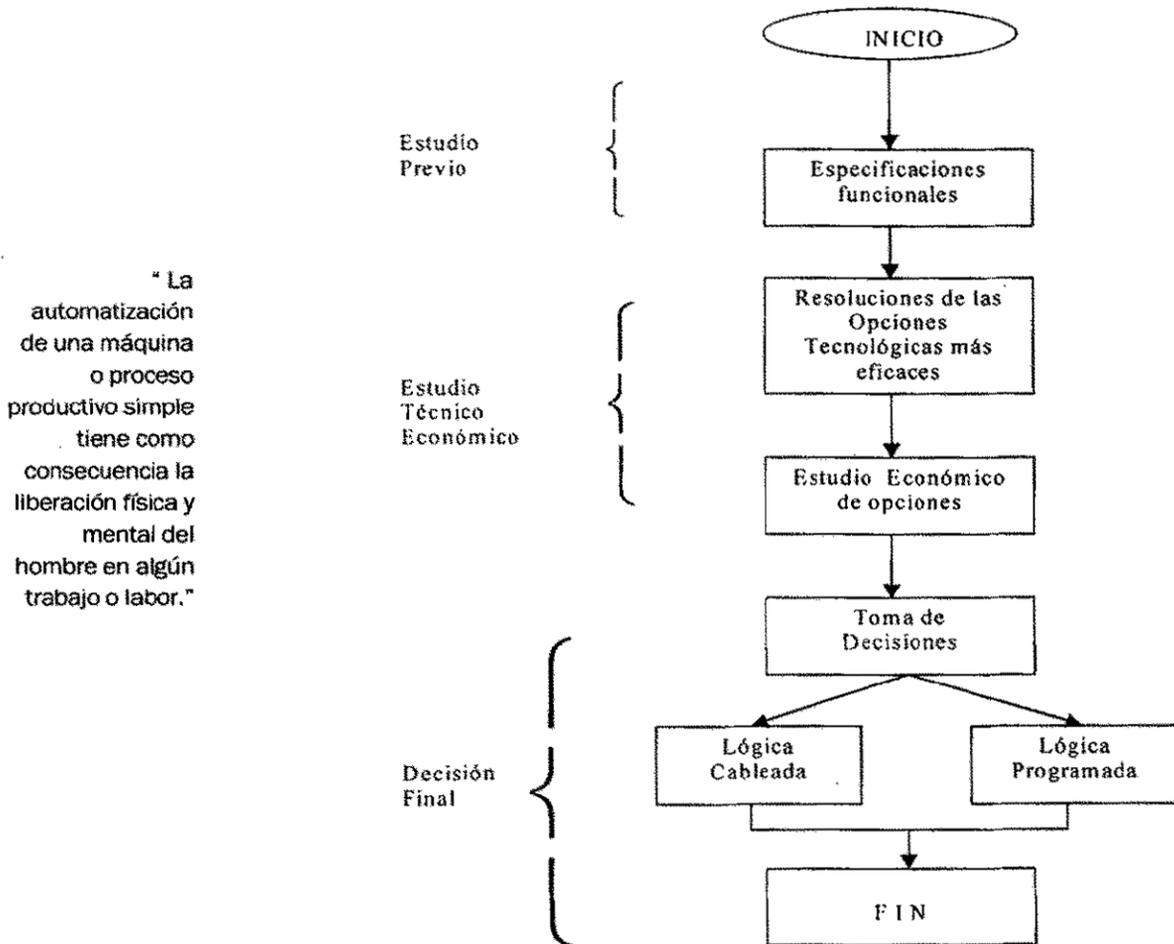
- Especificaciones técnicas del Sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación.
- La parte económica asignada para no errar en la parte técnica, desde el punto de vista de su viabilidad.

c) Los materiales, los aparatos, etc. que existen en el mercado y que se utilizan para diseñar el automatismo.

Es importante conocer también:

- Calidad de la información técnica de los equipos.
- Disponibilidad y rapidez para hacer los cambios oportunos y la necesidad de asistencia Técnica.

ORGANIGRAMA GENERAL PARA EL ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE AUTOMATISMO



FASES MÁS USADAS PARA EL ESTUDIO DE AUTOMATISMO

a) Estudio Previo.- Se debe conocer con el mayor detalle posible, las características, el funcionamiento, etc. de la máquina o proceso a automatizar. Esto se obtiene de las especificaciones funcionales, base mínima a partir del cual se puede iniciar el siguiente paso: saber cuáles son los elementos más idóneos para la construcción del automatismo.

b) Estudio Técnico Económico.-Es la parte técnica de especificaciones del automatismo: relación de materiales, aparatos, su adaptación al sistema y al entorno en el que se haya inscrito, etc. Se valora asimismo la parte operativa del comportamiento del automatismo en todos sus aspectos; mantenimiento, fiabilidad, etc. La valoración económica es función directa de las prestaciones dadas.

c) Decisión Final.- Deben estudiarse dos opciones tecnológicas generales posibles: Lógica cableada y lógica programada. Con esta información y la elaboración de los parámetros que se consideren convenientes, se procede a análisis del problema.

Hay muchos parámetros que deben valorarse, pero los comunes son los siguientes:

- Ventajas y desventajas que se le asignan a cada alternativa en relación a su fiabilidad, vida media y mantenimiento.
- Posibilidades de ampliación y del uso de lo existente.
- Posibilidades económicas y rentabilidad de la inversión realizada en cada alternativa.
- Ahorro en el manejo y mantenimiento.

POSIBILIDADES TECNOLÓGICAS

I. Tipo de Lógica Cableada

A. Familia Tecnológica

A.1. Eléctrica

A.1.1. Sub familias específicas

- Relés electromagnéticos
- Electroneumática
- Electrohidráulica

A.2. Electrónica Estática

A.2.1. Sub familias Específicas

II. Tipo de Lógica Programada

B. Familia Tecnológica

B.1. Electrónica

B.1.1. Sub familias específicas

- Sistemas Informáticos
 - Microordenadores
 - Miniordenadores
- Microsistemas (universales específicos)
- Automatas Programables

CONTROL CON COMPUTADOR

Cada vez más las computadoras digitales están siendo utilizadas para realizar sistemas de control. Por tal motivo es importante comprender bien los sistemas controlados con la computadora. Se pueden considerar los sistemas controlados por computador como aproximaciones de los sistemas controlados analógicamente, pero resulta un sistema pobre, al no poder emplear todo el potencial del control con computador. Los resultados serán solamente tan buenos como los conseguidos con el control analógico.

En la figura (d) se describe en forma de esquema un sistema controlado por computador. La salida del proceso $y(t)$ es una señal continua. Dicha salida se pasa a forma digital mediante un convertidor analógico digital (A-D). El convertidor A-D puede incluirse en el computador o considerarlo como una unidad independiente de acuerdo a la preferencia del diseñador o proyectista. La conversión se realiza en los instantes de muestreo t_k . El computador interpreta las señales ya convertidas, $[y(t_k)]$, como una secuencia de números, procesa las medidas

por medio de un algoritmo y genera una nueva secuencia de números, $\{u(t_k)\}$. Un convertidor digital-analógico (D-A) se encarga de convertir esta secuencia en una señal analógica. El sistema funciona en lazo abierto en el intervalo entre las conversiones A-D y D-A. Los sucesos se sincronizan por medio del reloj de tiempo real del computador. El computador digital opera de forma secuencial en el tiempo y cada operación demora un cierto periodo. El convertidor DA debe producir una señal continua.

Esto se realiza manteniendo constante la señal de control entre las conversiones. El sistema de control por computador contiene señales continuas y muestreadas o discretas, llamados sistemas de datos muestreados. La mezcla de diferentes tipos de señal a veces causa problemas. Sin embargo, en la mayor parte de los casos es suficiente con describir el comportamiento del sistema en los instantes de muestreo. Sólo interesan por lo tanto temas discretos. Los sistemas discretos tratan de secuencias de números, por lo que se representa mediante ecuaciones diferenciales.

“ El Controlador Lógico Programable, es un equipo electrónico diseñado para controlar, en tiempo real, procesos secuenciales de cualquier tipo y volumen en la Industria en general.”

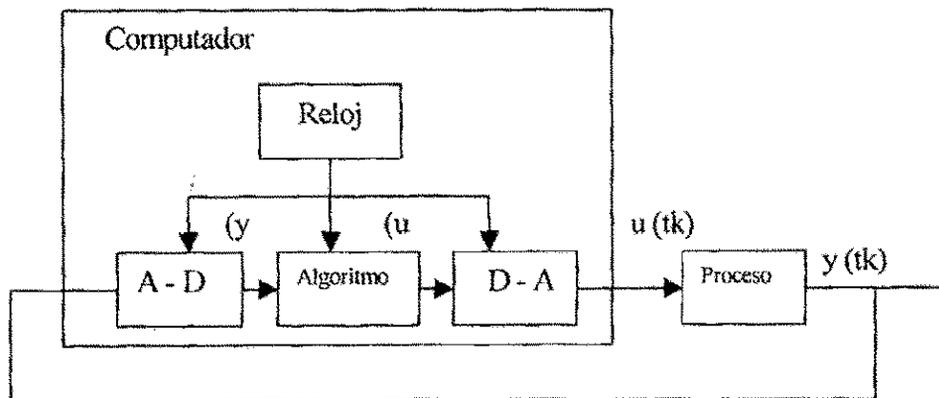


Fig. (d) Diagrama Esquemático de un Sistema Controlado con Computador

TECNOLOGÍA DE LAS COMPUTADORAS

El uso de las computadoras digitales como componentes de sistemas de control surgió alrededor de 1950. Las primeras aplicaciones se dieron en el control de misiles y de aviones. Los estudios mostraron que no era posible utilizar los computadores digitales disponibles por aquel entonces. Las computadoras eran demasiado grandes y consumían mucha potencia; tampoco eran fiables.

Por esta razón se desarrollaron computadoras de propósito especial analizadores diferenciales digitales (DDA, de Digital Differential Analyzers) para las primeras aplicaciones aeroespaciales.

Los desarrollos más importantes en el control por computador se produjeron en las industrias de procesos. La idea de emplear computadoras digitales para el control de proceso surgió a mitad de los años cincuenta. El trabajo serio se inició en marzo de 1956 cuando la compañía aeroespacial THOMSON RAMO WOOLRIDGE (TRW) contactó con Texaco para realizar un estudio de factibilidad. Después de las conversaciones preliminares se decidió probar en una unidad de polimerización de la refinería de Port Arthur, Texas. Un grupo de ingenieros de TRW y Texaco hicieron un estudio de factibilidad completo, que requirió 30 hombres/año.

Se diseñó un sistema de control por computador para la unidad de polimerización basado en un computador RW-300. El sistema de control se

puso en marcha el 12 de marzo de 1959, el sistema controlaba 26 flujos, 72 temperaturas, 3 presiones y 3 composiciones. Las funciones principales eran la de minimizar la presión del reactor, determinar la distribución óptima entre la alimentación y los cinco reactores, controlar la entrada de agua caliente a partir de la actividad catalítica y determinar la recirculación óptima.

Diversos fabricantes de computadoras notaron que había un gran potencial para sus productos, y observaron con interés el trabajo de los pioneros que desarrollaron el TWR. Se comenzaron a realizar muchos estudios de factibilidad y diferentes, de esta forma se inició el desarrollo muy dinámico de esta actividad.

El poderoso desarrollo se puede dividir en cuatro períodos:

- Período de los pioneros, aproximadamente 1955
- Período de control digital directo, aproximadamente 1962
- Período del minicomputador, aproximadamente 1967
- Período del microcomputador, aproximadamente 1972

No se puede indicar fechas precisas porque el desarrollo fue muy diversificado. Hubo gran diferencia entre las diferentes áreas de aplicación y las diferentes industrias, hubo también considerables solapamientos. Las fechas se refieren a la aparición de nuevas ideas.

ETAPAS DE PIONEROS

El trabajo hecho por la TRW y Texaco logró despertar el interés con gran fuerza en las industrias en proceso, entre los fabricantes de computadoras y en las organizaciones de investigación. Las industrias encontraron una posible herramienta para una mayor automatización, las industrias de computadoras vieron un nuevo mercado y las universidades un nuevo campo de investigación. Los fabricantes de computadoras iniciaron muchos estudios de factibilidad debido a que deseaban aprender la nueva tecnología y estaban muy interesados en saber cómo debería ser el control de procesos por computadora, que sea el más adecuado.

Los sistemas de computador que se utilizaban eran lentos, caros y poco fiables. Los sistemas iniciales empleaban válvulas de vacío.

Por tal motivo, para aprovechar al máximo los computadores tan caros, era necesario encomendarles la ejecución de muchas tareas. Como tenían poca confiabilidad, el proceso se controlaba imprimiendo instrucciones al operador del proceso o cambiando las consignas de los reguladores analógicos. La misma que se conocía como guía del operador y control de consigna.

Las tareas más importantes del computador eran encontrar las condiciones de operación óptima, realizar la organización y la planificación de la producción y elaborar informes sobre

producción y consumo de materias primas. El problema de encontrar mejores condiciones de operación era un problema de optimización estática. Para realizar la optimización hacían falta los modelos matemáticos de los procesos. Los modelos que se empleaban eran complicados y se recogían de los modelos físicos de los procesos y del análisis de regresión de los datos de los mismos. También se intentó realizar una optimización de Línea.

Los avances se veían entorpecidos por falta de conocimiento del proceso. Se dieron cuenta también que los problemas no eran simplemente de optimización estática; hacían falta modelos dinámicos. La falta de una buena metodología estimuló la investigación sobre métodos de identificación de sistemas.

Durante los estudios de factibilidad se adquirió gran experiencia. Se vio que el control de procesos impone a las computadoras unas exigencias especiales. Hubo también dificultades para introducir tecnología nueva en industrias anticuadas. La Revista Control Engineering publicó una serie de artículos describiendo el empleo de las computadoras en el control de procesos. En marzo de 1961 se habían instalado 37 sistemas, un año más tarde creció a 159. El desarrollo prosiguió a diferentes ritmos en las distintas empresas. Los estudios de factibilidad continuaron a lo largo de los años 60 y los 70.

“ La falta de una buena metodología estimuló la investigación sobre métodos de identificación de sistemas.”

EL CONTROL DIGITAL DIRECTO

Las antiguas instalaciones de computadores de control operaban de modo supervisor, como guía de operador o control de consigna. Hacía falta el equipo de control analógico ordinario. Imperial Chemical Industries (ICI) en Inglaterra se apartó de este enfoque en 1962. Se sustituyó toda la instrumentación analógica de control de procesos por un computador, un Argus de Fenauli. El computador media 224 variables y controlaba 129 válvulas directamente. Se iniciaba una nueva era en el control de procesos, la tecnología analógica se sustituía directamente

por la tecnología digital, la función del Sistema era la misma. Se le denominó Control Digital Directo (DDC, del inglés Direct Digital Control) para destacar que el computador controlaba el proceso directamente. En 1962 un típico computador de control de procesos podía sumar dos números en 100 us y multiplicarlos en 1ms. El MTBF era de alrededor de 1000 horas.

El DDC dio un giro importante al desarrollo de los sistemas de control por computador. En los años 1963 - 1965 se realizó un progreso considerable.

PERIODO DE LAS MINICOMPUTADORAS

Durante los años 60 hubo un gran desarrollo de las computadoras digitales. El avance en las computadoras de control de proceso se lograron gracias al progreso de la tecnología de los circuitos integrados. Los computadores resultaban más pequeños, más rápidos, fiables y baratos. Se les llamó minicomputadores a las nue-

vas computadoras que surgieron.

El factor importante en el rápido crecimiento del control por computador en este período fue el control digital con computador que venía en "unidades más pequeñas", lo cual permitía utilizarlo en proyectos menores y problemas pequeños.

LAS MICROCOMPUTADORAS

El minicomputador era todavía un sistema demasiado caro, el precio era todavía demasiado caro, el control por computador estaba todavía fuera del alcance de un gran número de problemas de control. Pero con la llegada del microcomputador en 1972 el precio de un computador en una tarjeta,

con las prestaciones de un minicomputador de 1975, descendió a 500 dólares en 1980.

Durante los años 1980 se producen adelantos más drásticos en microelectrónica con la tecnología VLSI, esto significó un gran empuje que produjo un aumento en las aplicaciones del control con computador.

" Se espera desarrollos espectaculares con la introducción de los circuitos VLSI."

EL FUTURO

Basado en los extraordinarios desarrollos en el pasado se tiende a especular sobre el futuro. Se tienen cuatro áreas que son importantes para el desarrollo del control de proceso por computador.

- Conocimiento del proceso.
- Tecnología de la medida
- Tecnología de los computadores
- Teoría del Control

La aparición de nuevos sensores ofrecerá nuevas posibilidades. Se espera desarrollos espectaculares con la introducción de los circuitos VLSI. Se esperan mejoras sustanciales en las técnicas de presentación y en las comunicaciones. Hay muchos signos que apuntan a desarrollos interesantes en el campo de los sistemas controlados por computador.

BIBLIOGRAFÍA

- Sistemas Controlados por Computador de Karl J. Astrom Bjorn Witten mark - Edit Paraninfo.
- Introducción a la Ingeniería del Control Automático de Jesús Rodríguez Avila - Edit. Mc. Graw Hill.
- Autómatas Programables de Alejandro Porrás Criado Edit Mc Graw Hill.
- Fundamentos de Robótica de Antonio Barrientos, Luis F. Penín, Carlos Balaguer - Edit. Mc Graw Hill.
- Controles Automáticos de Haminson y Ballinger Edit. Trilles 1974.
- Sistemas Automáticos de Control de Kiro Benjamín Compañía Editorial Continental 1965.
- Principios Electrónicos de Malvino Albert. (3ra. Edición) México 1986.
- Automatic control Engineering de Raven Franis H. Mc Graw Hill, Koga Kusha 1978.
- Automatismo Eléctrico y Electrónico de de Arturo F. Ed. Donostiara - Ed. San Sebastian 1985.
- Controlador programable PC 0085 de Balcells J.M. Paraninfo Ed. Madrid 1989
- Sistemas Electrónicos Digitales de Mando F. Marcambo 5ta edición Barcelona 1986
- Autómatas Programables de Mayd I Badie A. 1ra Ed. Barcelona 1987
- Manual de Automatización Eléctrica de Santa María G. y Castejon A. - Ed. Arcos/Libros
- Autómatas Programables de Simón A. Paraninfo Primera Edición Madrid 1988.