

---

# Tecnología

---

## La automatización, esencia de la electrónica

FELIPE F. FREYRE

*NACIDO EN SANTA FE en 1908, el ingeniero Felipe Freyre se graduó en la Facultad de Ciencias Físicomatemáticas de la Universidad de La Plata. En esa misma facultad se inició en la docencia en 1941 como jefe de trabajos prácticos de tecnología mecánica, asignatura de la que actualmente es profesor titular. Desempeña asimismo el cargo de jefe del Departamento de Mecánica. Es miembro del Consejo Superior de la Universidad, función en la que cesa a fines del año en curso. Presidente de la Comisión Argentina Pro-Fomento del Intercambio, presidió en 1952 la delegación de técnicos y economistas que concurre a la Conferencia Internacional Económica de Moscú. Su preocupación por los problemas económicos del país está registrada en muchos artículos insertos en revistas especializadas. Obras: Aplicaciones de tecnología mecánica (Ed. Alsina), Apuntes sobre máquinas a vapor y calderas y diversos artículos técnicos.*

**E**N estos últimos años, con el prodigioso desarrollo de la *automatización* en la industria, estamos asistiendo a una revolución de proyecciones extraordinarias. Cabe destacar que, no obstante las muchas formulaciones filosóficas desconcertantes y faltas de fe, que partiendo de la simplicidad de que el hombre se equivoca y la máquina no, pretenden atribuir a ésta mayor perfectividad, será siempre el ser humano, creador y dominador de la nueva técnica, quien en definitiva se beneficiará de su aplicación. Dicha revolucionaria tendencia hacia la *automatización* integral caracteriza la realización de las más diversas operaciones que hoy se plantean en el plano de las relaciones sociales, como así también la serie de procesos que permiten ejecutar piezas mecánicas y elementos varios automáticamente. Es evidente que este nuevo desarrollo tecnológico constituye un paso decisivo en la continua y progresiva acción civilizadora del hombre. Sus orígenes entroncan así con su inacabable lucha para lograr, cada vez

con mayor perfección, la mecanización del trabajo. En esta perspectiva la automatización representa entonces una nueva y distinta fase del progreso industrial, continuación y superación de procesos anteriores menos ambiciosos.

En realidad, las etapas precedentes de mecanización perseguían fundamentalmente la sustitución de los procesos manuales por dispositivos mecánicos adecuados. En estos últimos años sin embargo, y más precisamente en estas dos últimas décadas la automatización, ayudada por el prodigioso desarrollo de la electrónica, ha superado los viejos esquemas con que se proyectaban las máquinas convencionales, es decir, el de ahorrar trabajo muscular humano para avanzar decididamente en el camino de reemplazar incluso ciertos procesos mentales del hombre, ahorrando, como consecuencia, esfuerzo cerebral.

#### LOS OBJETIVOS PERSEGUIDOS

La nueva técnica a que nos referimos tiende a lograr el comando automático de las instalaciones y máquinas más diversas, dando nacimiento, asimismo, a una nueva profesión.

El primer objetivo que se fija consiste en regular una determinada operación industrial, ajustando su funcionamiento, por ejemplo, a límites estrictos predeterminados, de distintas variables físicas o químicas.

Cabe destacar que estas específicas funciones las cumple con más perfección y rapidez que el más hábil de los operadores. Además, y esto se constituye en factor de elección determinante en infinidad de casos, la intervención no se ve perturbada por efectos de la fatiga, seguridad o errores personales.

En segundo término hay que aceptar que toda regulación automática racional de las operaciones industriales representa a su vez verdaderas economías referentes a factores concurrentes al costo de producción, tan importantes como las materias primas y la potencia de accionamiento.

Finalmente cabe señalar que todo lo concerniente a la seguridad de marcha de las instalaciones, como así también la disminución o supresión de los gastos de mano de obra y de mantenimiento inhe-

## TECNOLOGIA

rentes al proceso de fabricación, han sido factores principalísimos para impulsar el desarrollo de la revolucionaria técnica de la automatización.

### ALGUNAS REFERENCIAS HISTÓRICAS

Merece destacarse que desde los mismos comienzos de la era del vapor, el control automático ocupó ya un lugar preponderante en la técnica. En efecto, el dispositivo de distribución de una máquina de vapor se constituye a tales fines en uno de los primeros elementos de este tipo. Sin embargo, aún mucho antes que con la introducción en masa de la máquina en el proceso de producción industrial, realizada en el último tercio del siglo XVIII, se iniciara la llamada "revolución industrial", algunos precursores habían dado ejemplos de instalaciones con funcionamiento enteramente automático.

Por su significación en relación con lo expuesto, debe destacarse la obra realizada por el inventor francés Jacques de Vaucanson, quien en 1741 construyó un telar mecánico para tejido de seda de funcionamiento automático.

Es, sin embargo, con el progreso que impulsó la histórica era que se inicia con el aprovechamiento energético del vapor de agua, y la revolución industrial en pleno desarrollo, cuando realmente empieza el estudio y la ejecución de dispositivos e instalaciones automáticas.

Durante las dos últimas décadas especialmente, como ya se destacó, se ha hecho posible la construcción de una amplísima variedad de máquinas, muchas de las cuales, por ejemplo, pueden corregir los errores que se producen en el curso de sus propias operaciones, constituyéndose así en *autocorrectoras*. Además poseen la particularidad de poder elegir, de acuerdo con un criterio prefijado, el cumplimiento de determinados planes de desarrollo entre varios posibles, actuando en consecuencia, también como máquinas *autoprogramadoras*.

### LOS DISTINTOS ÓRDENES DE AUTOMATISMO

Si quisiéramos definir en su forma más general (aunque en realidad en cierta manera restringida, de acuerdo a la concepción ac-

tual), lo que entendemos por "automatización", tendríamos que expresar que comprende a los sistemas y dispositivos que tienden a regular sin necesidad de la intervención humana, la marcha de una máquina o de un conjunto determinado.

El término "automatización" tal como lo entendemos, es sin duda insuficiente para definir la amplitud inmensa de esa nueva técnica que va adquiriendo, cada vez más, en un continuo proceso de desarrollo, características que permiten definirlo con más propiedad, en su nivel actual, como la utilización de dispositivos automáticos y máquinas automáticas, destinados a dirigir y fabricar otras máquinas.

Los problemas resueltos dentro del concepto general de lo que llamamos automatismo pueden referirse a los casos más simples, tales como el ejemplo del distribuidor de la máquina de vapor de que hablamos, como también a casos mucho más complejos, en que el dispositivo actúa resolviendo problemas lógicos, cumpliendo procesos de características realmente humanas. Entre unos y otros existen, por consiguiente, toda una gama de particulares automatismos.

#### AUTOMATISMOS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN

El ejemplo presentado de la distribución del vapor en el cilindro de la máquina, constituido por un tirador ya sea plano o cilíndrico, puede clasificarse entre los correspondientes al *primer orden*. Se trata de un mecanismo de vinculación mecánica caracterizado por un determinismo absoluto, y donde la máquina, como consecuencia, ejecuta siempre el mismo movimiento cualquiera sean las circunstancias exteriores. Si al dispositivo automático de primer orden, lo condicionamos a la influencia de un segundo fenómeno, que modifica o incluso anula el funcionamiento del primer autómatas, habremos arribado al establecimiento de un automatismo de *segundo orden*. Este caso lo tendremos realizado en el mismo ejemplo contemplado si a la distribución del vapor referida le agregamos un regulador de Watt, cuya acción permitirá mantener la velocidad de rotación de la máquina dentro de límites preestablecidos.

Pero los ejemplos que hemos expuesto nos permiten también, a su vez, profundizar un poco más el concepto sobre automatismo. Destacamos ya que al primer ejemplo lo limitaba un determinismo ab-

## TECNOLOGIA

soluto, característico de todos los tipos de dispositivos cinemáticos. Estrictamente hablando tales mecanismos no llenan las exigencias que la terminología actual atribuye a dicho término. En realidad podemos considerar que se cumplen las condiciones de verdadero automatismo, en todos los casos en que una cierta operación es influida por otra primaria.

### LA SUPERACIÓN DEL CONCEPTO DE AUTOMATISMO

Quizá el concepto de regulación, en relación implícita, sea precisamente el que arroje verdadera luz sobre la significación del término automatismo. En realidad, como sabemos, ciertas realizaciones, verbigracia la señalización ferroviaria, hacen innecesaria la regulación automática. Los problemas a resolver son en verdad de telemecánica; o en términos más generales de telecomando, no representando por consiguiente verdaderos automatismos.

Cuando en la regulación intervienen un número  $n$  de variables, tenemos el caso de un automatismo de orden  $n$ . En tales condiciones el movimiento, o hablando en forma general, la acción final, resulta condicionada a la influencia en *serie* o *casca* de tal número de variables automáticas, perfectamente medibles y concordantes.

Naturalmente que el número  $n$  de variables puede ser relativamente muy elevado. No siempre la regulación se efectúa en serie siguiendo la secuencia en una sola dirección, donde los aparatos intervienen sucesivamente en diversos órdenes. Frecuentemente la serie de operaciones recibe (en caso de que la influencia de determinados fenómenos lo haga necesario), acciones de cadenas laterales. Con procedimientos de este tipo arribamos a lo que se llama "automatismo a opción". Un ejemplo clásico de esta regulación lo tenemos en el acondicionamiento del ambiente de una sala de espectáculo público, que podrá demandar, de acuerdo a condiciones prefijadas de "confort" según la temperatura del aire exterior, ya sea la refrigeración con secado de aire o bien el calentamiento con humidificación del aire.

Ampliando los conceptos expuestos, cabe destacar que pueden en determinadas condiciones hacerse intervenir en el automatismo, las llamadas "acciones retardadas". Tal el caso por ejemplo en que la ejecución de un determinado programa se ve detenido en su inicia-

ción por la intervención de algún aparato o dispositivo director, con lo que el autómata se aproxima así, en su manera de operar, a lo que caracteriza la cerebración humana, con todas las apariencias incluso de la memoria.

Uno de los ejemplos más corrientes de un dispositivo de esta naturaleza lo tenemos en el caso de la telefonía automática. En efecto, estando en curso una conversación, en la estación demandada el nuevo llamado se mantiene "en reserva" hasta el momento que la conversación ha tocado a su fin.

No hay duda que los más diversos dispositivos automáticos pueden adaptarse a su vez a los más diversos sistemas existentes. Sería ingenuo sin embargo pensar que con una solución de este tipo se logrará con éxito transformar, por ejemplo, un proceso ordinario de fabricación en una operación automática.

En realidad el automatismo, tal como a nuestro juicio debe entenderse, es el resultado de exigencias conceptuales, científicas y técnicas de nuestra época que le dan su propia y adecuada fisonomía, imposible de concebir sin el conocimiento y aplicación de las altas realizaciones actuales logradas por el hombre.

#### LA MÁQUINA HERRAMIENTA AUTOMÁTICA

En el desarrollo continuo e impresionante de la automatización, cabe al sector de la industria el mérito de ofrecer la más importante perspectiva. A su vez dentro de ese gran complejo, la máquina herramienta especial y automática desempeña un papel fundamental.

Si quisiéramos dar una idea aproximada de la ininterrumpida tarea de investigación con vistas a la creación de nuevas unidades, cada vez más operativas automáticamente, nos bastaría señalar entre las concepciones más modernas destinadas a desarrollar el control automático de dichas máquinas herramienta a los sistemas que emplean la cinta magnética de grabación.

Con el desarrollo del control por cinta magnética los clásicos relevadores y llaves topes empleados para el ajuste de una serie de operaciones limitadas, característicos del accionamiento hidráulico, son eliminados, y el "control" se aplica directamente a la válvula, accionada por solenoide, del sistema hidráulico. De acuerdo con lo expues-

## TECNOLOGIA

to, cada una de las válvulas del sistema hidráulico que "controla" las distintas operaciones de trabajo de la máquina herramienta es operada por un servo-relevador que es accionado a su vez, en cada caso, por un circuito sintonizado que responde a una sola frecuencia. Para hacer la grabación inicial debe disponerse de un oscilador. Durante la operación de grabación de la cinta, los mandos de la máquina que intervienen en la ejecución de una determinada pieza mecánica son accionados por botoneras que "controlan" al mismo tiempo la frecuencia generada por el oscilador. La grabación de cada una de estas frecuencias en la cinta magnética dura tanto como la respectiva operación en la máquina.

Con el procedimiento descrito, se logra obtener una grabación tiempo-frecuencia correspondiente a los movimientos del carro de la máquina. Reproducida en operación la grabación de la cinta, los circuitos sintonizados responderán a sus respectivas frecuencias, y por ende, la máquina repetirá fielmente cada uno de los movimientos originales. De tal forma se logra la fabricación en ciclo automático de las más diversas piezas, ya que basta al efecto, partiendo de la misma máquina, el simple cambio de la adecuada cinta magnética grabada. Además, aplicando esa misma técnica es posible realizar los más diversos trabajos de copiado bi y tridimensional, sin necesidad de equiparse con las acostumbradas y costosas construcciones auxiliares.

### FORMAS CONCEBIBLES DE LA AUTOMATIZACIÓN. LA INTEGRACIÓN

El primer paso en el camino del establecimiento de sistemas de mecanización automática, se logra mediante lo que se ha dado en llamar "integración" Para alcanzar tal objetivo es necesario armonizar diversas operaciones que ordinariamente se efectúan independientemente. En general, y particularmente para el caso de la producción mecánica, debe considerarse la "integración" como el resultado de la aplicación de la máquina herramienta especial en la fabricación en serie.

Con tal sistema se aprovecha la integración entre sí, no obstante su diversidad productiva, de varias de estas unidades, para lograr el establecimiento de una cadena automatizada de producción continua,

donde el objeto fabricado se desplaza sin necesidad de la intervención de la mano del hombre.

Los ejemplos de aplicación más conocidos de esta forma de automatización se dan en la industria del automóvil, con las famosas líneas de producción continuas, las cadenas de montajes, etc.

### **LA RETROACCIÓN**

Esta forma de automatización se basa en la aplicación del circuito cerrado, en donde el papel fundamental lo desempeñan dispositivos especiales electrónicos.

En las industrias modernas el campo de aplicación de la "retroacción" es particularmente importante. Resuelve infinidad de problemas al incorporar a las máquinas de producción dispositivos automáticos que comparan el trabajo que éstas ejecutan en relación con el previsto, realizando en caso necesario la corrección automática.

El ejemplo que dimos oportunamente del regulador de velocidad de la máquina de vapor, que lleva el nombre de su inventor Watt, representa la materialización del principio de regulación por retroacción o reacción inversa. Sin embargo, sólo la concepción moderna de ese tipo de automatización llena cumplidamente las exigencias del término. Tal el caso por ejemplo del "piloto automático" con que se equipan las modernas aeronaves. En efecto, fijada la ruta, cuando aquellas comienzan a desviarse de la misma tal desviación se "registra" en el instrumento que actuando automáticamente coloca de nuevo el avión en la dirección inicial, sin que para nada haya tenido que intervenir en esta operación el piloto a cargo del aparato.

Cabe destacar que el desarrollo de esta técnica de altísimo nivel, y especialmente en cuanto se dirige a resolver complicados problemas industriales con la incorporación de los dispositivos de control automático más perfeccionados, constituye la característica más notable de nuestra época.

### **LOS COMPUTADORES ELECTRÓNICOS**

La tercera forma de la llamada automatización comprende particularmente a las máquinas calculadoras. Aquí nuevamente la elec-

## TECNOLOGIA

trónica ha representado un papel de enorme significación, haciendo posible el portentoso desarrollo de los extraordinarios computadores digitales de alta velocidad o "cerebros electrónicos gigantes", capaces de registrar y ordenar la información recibida, sobre cuya base se pueden efectuar las más complicadas operaciones. Esta característica los ha transformado en factores útiles e imprescindibles para la solución de infinidad de problemas propios de la ciencia astronómica y física en general, de la investigación estadística, compañías de seguro, etc. Estas máquinas pueden realizar en pocos segundos o en todo caso minutos, cálculos matemáticos que de otra manera requerirían el trabajo de meses o años de una persona o equipo de personas.

Dejando de lado los aspectos fantásticos con que la imaginación popular ha sido conquistada por las realizaciones especialmente de artefactos guerreros, que ha conducido al establecimiento de paralelos superficiales con las inmensas perspectivas que se abren en el campo de las realizaciones pacíficas, lo cierto es que el desarrollo técnico en el plano a que nos referimos es sencillamente maravilloso. A la confirmación de esta conclusión concurren los nuevos calculadores electrónicos de gran versatilidad y altísima sensibilidad, que pueden "hablarse" mutuamente por teléfono, actuando como consecuencia en función de lo que oyen. Tales asombrosas máquinas, empleando un lenguaje adecuado especial, están en condiciones de absorber informaciones a un altísimo ritmo, verbigracia mil cifras o caracteres alfabéticos por minuto. No podemos menos que señalar las inimaginables perspectivas que la interrelación de las formas de automatización contempladas abren al futuro de la humanidad.

### PAPEL ESENCIAL DE LA ELECTRÓNICA EN LA AUTOMATIZACIÓN

De lo expuesto precedentemente se desprende en forma clara cómo la automatización ha concurrido a acelerar a un ritmo impresionante los cambios tecnológicos que caracterizan la evolución de nuestra sociedad. En ese logro ha correspondido especial mérito a la ciencia *electrónica*, una de las ramas de la electricidad cuyos estudios son relativamente recientes.

La electrónica, en el sentido que empleamos aquí dicho concepto, se relaciona con el desplazamiento de los electrones en partes de cir-

cuitos eléctricos desprovistas de conductores materiales, tales como éstos se conciben ordinariamente. Acercándonos más al aspecto de su aplicación diríamos que se relaciona con el paso de la electricidad a través de tubos o válvulas electrónicas, o sea de espacios encerrados en ampollas de vidrio o envolturas metálicas a las que se ha practicado un relativamente alto grado de vacío, o bien se han introducido determinados gases previa extracción del aire que contenían. Estos tubos electrónicos son bastante semejantes en su construcción y funcionamiento a las conocidas lámparas o válvulas empleadas en radiotelefonía, siendo corrientemente muchos de ellos de características especiales, resultantes de continuos desarrollos y perfeccionamientos en los laboratorios.

Un sencillo ejemplo nos permitirá comprender fácilmente la forma de actuar de los dispositivos electrónicos. Consideremos el caso de una máquina cizalladora manejada por un hombre, que se desea automatizar. En el caso de manejo por el hombre, cuando la pieza a cortar está correctamente colocada sobre la máquina, el sentido de la vista es el que advierte de este hecho. Para el caso del dispositivo reemplazante, el cerebro electrónico, que es un tubo, es informado por la intervención de otro tubo, una válvula fotoeléctrica que ejerce la visión electrónica. Advertida, como hemos visto para el primer caso, la correcta posición, el cerebro del hombre ordenaría a su pie que apriete el pedal que comanda el mecanismo que ejecuta el corte. En el dispositivo electrónico, el tubo director ejercería su acción sobre otro tubo controlador de la potencia de accionamiento, que en definitiva accionaría la máquina.

Dentro de las limitaciones del ejemplo dado sólo a título ilustrativo, observamos como, mediante una lógica disposición podemos reemplazar al operador humano, que para realizar el trabajo aprovecha su vista, su cerebro y la fuerza de su pie, por un dispositivo automático constituido por tres tubos electrónicos, el primero para "ver", el segundo para "ordenar" y el tercero para "controlar" la potencia de accionamiento. Debe naturalmente suponerse a su vez que el dispositivo incluye, además de los tubos electrónicos, diversos otros elementos ligados con conexiones eléctricas adecuadas.

## TECNOLOGIA

### EL FUTURO: LA AUTOMATIZACIÓN Y SUS IMPLICACIONES SOCIALES

Podría decirse, de una manera esquemática, que la primera revolución industrial se desarrolla en poco más de un siglo: desde el último tercio del siglo XVIII hasta fines del siglo XIX. Está signada por la *aparición de la máquina*, pero ésta no sustituye al hombre sino que es una colaboradora del obrero: el trabajo manual sigue primando.

Con todo —al compás de los grandes descubrimientos científicos del siglo último— el progreso técnico es enorme y las relaciones del hombre con la máquina varían grandemente: aquél transfiere a ésta la mayor parte del esfuerzo material, disminuyendo por ende su fatiga. Es la segunda revolución industrial, que se extiende hasta la primera mitad de nuestro siglo. La máquina se hace semiautomática primero y automática después. Es la etapa del *automatismo*: máquina más trabajo manual. La máquina ahora, vigilada y regulada por el hombre, efectúa a la perfección gran cantidad de trabajos; pero lo que no hace es reabastecerse ni dirigirse por sí misma.

Y he aquí que el logro de esto último —la regulación sin intervención directa del hombre— viene a adquirirlo la máquina en esta tercera revolución industrial que se inicia —por asignarle convencionalmente un punto de arranque— en el año que promedia el siglo actual. Se inicia entonces la etapa de la *automatización*: máquina más dirección. Dentro de un cierto número de años —¿cuántos?— el trabajo del hombre tal cual hoy se lo realiza será eliminado casi totalmente y las fábricas funcionarán solas o poco menos: el personal quedará reducido a pequeños equipos de técnicos dedicados a vigilar y mantener los complejos mecanismos de comando. Las máquinas ejecutarán las operaciones indispensables para programar, dirigir y administrar.

No es ésta una pura fantasía. El comienzo de esta nueva era se ha iniciado y será necesario estar preparado para comprenderla porque ella traerá aparejados problemas tecnológicos, financieros y humanos que habrán de exigir una adaptación de las actuales estructuras económicas y sociales. Hasta una nueva disciplina científica, la *cibernética* \* —ciencia del control y la comunicación—, aparece en el panorama de nuestros días como telón de fondo de la automatización.

Sin duda que razones de índole tecnológica —el ahorro de tiempo y el incremento de la producción— son, antes que otras, las que han impulsado el paso del automatismo a la automatización. Pero también es cierto que al realizarse este cambio aparece como inevitable el hecho de que el reemplazo de los trabajadores por las máquinas tendrá gran repercusión en la situación social de la clase trabajadora. En un mundo en el que las relaciones sociales se establezcan reconociendo la primacía del trabajo, una forma del progreso como la considerada debe naturalmente saludarse como creadora, ya que pone en mano de los hombres medios de producción hasta ahora desconocidos, capaces no sólo de reducir el esfuerzo físico, disminuyendo las horas de labor, sino también acrecentando la producción de bienes y la posibilidad de un mayor tiempo libre para dedicarlo al estudio, a los trabajos intelectuales o a las inquietudes artísticas.

Hasta ahora en los países capitalistas la realidad ha sido desgraciadamente otra. Los trabajadores han visto en las implicaciones sociales creadas por la nueva tecnología una amenaza para su bienestar. La experiencia inicial en América y Europa ha sido que grandes fábricas que proporcionaban trabajo a millares de obreros y empleados prescindieron de buena parte de éstos, substituídos por el nuevo sistema, creándose la posibilidad de la desocupación. Es de esperar que la gran experiencia que la clase obrera ha adquirido enfrentando año tras año situaciones históricas similares, le permita defender adecuadamente su seguridad social, la que no será una realidad hasta tanto no logre que la máquina que ha creado esa nueva técnica se ponga realmente al servicio del hombre.

\* En el número 2 de esta revista (octubre-diciembre de 1957) fue publicado un artículo titulado: LA CIBERNÉTICA. FUNDAMENTOS Y PROYECCIONES, por el Dr. Alberto Sagastume Berra (N. de la D.)