

REALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS A LA LUZ DEL DÉCIMO CONGRESO MUNDIAL DE IFAC

Ing. SATURNINO LEGUIZAMON

*Profesor de la Cátedra de Sistemas de Control de la Facultad
de Ingeniería de la Universidad de Mendoza*

1. INTRODUCCIÓN

Dada la gran velocidad con que se desarrollan los avances tecnológicos hoy en día, no es fácil tener una visión acabada de las distintas disciplinas que soportan dicho avance o el grado de influencia que las mismas pudieran tener. Una de estas disciplinas es la del Control Automático o mejor aún. Sistemas de Control Automático. El Décimo Congreso Mundial sobre la especialidad, organizado por la Federación Internacional de Control Automático (IFAC), tuvo lugar en Munich, República Federal de Alemania, entre los días 27 a 31 de julio de 1987. Este Congreso, al que el autor tuvo la oportunidad de asistir, ofreció la posibilidad de observar el estado actual de dicha materia y de comprobar las interesantes aplicaciones que se está haciendo de la misma ya que participaron en el mismo los países tecnológicamente más avanzados. Esta nota, dirigida principalmente a los estudiantes de Ingeniería, tiene por fin ilustrarlos sobre un importante aspecto de la tecnología actual que es el Control Automático (C.A.) y estimularlos a utilizar los conocimientos adquiridos en la búsqueda de soluciones a algunos problemas que aquejan a nuestra sociedad. En primer lugar se describen sucintamente los principios en que se sustentan los sistemas de C.A., y luego se comentan algunas aplicaciones concretas expuestas en este Congreso que reflejan la tendencia actual de esta ciencia y permiten vislumbrar su futuro.

2. CONCEPTOS Y PRINCIPIOS DEL CONTROL AUTOMÁTICO

En términos sencillos podemos decir que un sistema de control automático es un conjunto de dispositivos que se agrega a un sistema o planta que se desea controlar a fin de obtener una mejor respuesta del mismo. En otras palabras, consiste en el agregado de bloques que tienen por fin "mejorar" las características de respuesta en comparación con un sistema que no lo posee. El concepto de "bueno" o "mejor" depende principalmente del objetivo que se persigue.

Desde la Revolución Industrial, a fines del siglo XVIII, la disciplina de Sistemas de Control Automático, o Teoría de los Sistemas de Control, estaba

destinada a facilitar el análisis y diseño de sistemas destinados a aplicaciones industriales. De hecho, las primeras aplicaciones de esa época estaban vinculadas a mejorar las características de máquinas de vapor. En este sentido, el dispositivo más conocido es el regulador de James Watt (1788).

A medida que transcurrió el tiempo y debido principalmente a necesidades bélicas, la teoría del Control Automático se fue desarrollando y adaptándose a la aparición de nuevas tecnologías y nuevas demandas. Así, por ejemplo, con la aparición de la Computadora Analógica (década del 40) fue posible la simulación de los sistemas de control mediante la utilización de analogías eléctricas de los sistemas físicos. Posteriormente, con la computadora digital y el microprocesador, sumado a los circuitos integrados en gran escala han hecho que las principales fábricas de los países industrializados sean una exhibición de aplicaciones concretas de los logros teóricos alcanzados en esta disciplina.

El concepto de variable de estado, aplicado a partir de los años 60, que dio lugar a lo que se conoce como Control Moderno, junto a la importante herramienta que es la computadora digital, han permitido un avance extraordinario en la modelación, diseño y análisis de sistemas en el dominio temporal y, por ende, la aplicación en forma directa de múltiples técnicas desarrolladas por los Ingenieros en Control. Todo este progreso teórico y tecnológico ha posibilitado que la teoría de C.A. tenga nuevas aplicaciones que trascienden el campo de la técnica.

Los principios en que se basan los sistemas de C.A. involucran diferentes aspectos que podríamos enumerar de la siguiente manera:

1. Especificación de algún estado o salida deseada del sistema.
2. Medición o sensado de la entrada al sistema.
3. Medición o sensado de la performance de la salida del sistema mediante la elección de algún criterio.
4. Comparación de la entrada o salida deseadas con la salida efectiva del sistema.
5. Toma de "decisión" de cómo reducir la disparidad entre entrada y salida a algún rango aceptable de tolerancia.
6. Activación (o actuación) de los medios de control de modo de restaurar y mantener el estado del sistema deseado.

Estos principios son precisamente los principios de los sistemas realmente implementados; es decir aquellos que utilizan la técnica del "feedback" o información de lo que está sucediendo a la salida, para tomar una decisión y actuar en consecuencia. Principios que son, a su vez, las bases de la Cibernética enunciadas por Norbert Wiener en su libro "Cybernetics"¹.

1. Wiener, Norbert, "Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine" MIT Press, 1948.

3. LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE CONTROL AUTOMÁTICO

La Federación Internacional de Control Automático (IFAC), fue fundada en 1957 y es una federación mundial con 43 organizaciones nacionales miembros. Cada miembro representa sociedades científicas de un país en particular que tiene que ver con el Control Automático. Nuestro país, por ejemplo, es miembro de IFAC a través de AADECA (Asociación Argentina de Control Automático).

La IFAC patrocina un Congreso Mundial cada 3 años. El primero tuvo lugar en Moscú en 1960, seguido por Congresos en Basilea, Londres, Varsovia, París, Boston, Helsinki, Kioto y Budapest. El décimo Congreso se realizó en Munich.

El campo de interés de las reuniones de IFAC está representado por los comités técnicos que las integran, en esta ocasión los Comités Técnicos fueron 15 y estaban conformados de la siguiente manera:

1. Aplicaciones
2. Ingeniería Biomédica
3. Componentes e Instrumentos
4. Computadoras
5. Países en Desarrollo
6. Sistemas Económicos y de Administración
7. Educación
8. Tecnología y Fabricación
9. Matemáticas de Control
10. Efectos Sociales de la Automatización
11. Espacio
12. Ingeniería de Sistemas
13. Terminología y Normas
14. Teoría
15. Inteligencia Artificial.

A este 10° Congreso Mundial se presentaron 583 trabajos seleccionados en un total de 1400, distribuidos en 33 temas y 11 sesiones paralelas. Asistieron 1432 participantes de 46 países. Se realizaron 5 Sesiones Plenarias, una cada día, que tenían por objeto presentar el estado actual y el desarrollo futuro del Control Automático.²

2. Isermann, R. and R. Köfahl, 'Report on the Programm of the 10th IFAC World Congress. A Statistical Evaluation'. IFAC Newsletter, N° 6, 1987, p. 1.

4. APLICACIONES DEL CONTROL AUTOMÁTICO

No resulta sencillo enumerar las múltiples aplicaciones que tiene hoy en día el C.A. aun cuando sólo hubiera que mencionar los trabajos expuestos en este Congreso. Por otra parte el C.A. es una disciplina que está ligada al concepto de Automatización y esto nos hace pensar en los aspectos industriales que este término implica. En las pasadas cuatro décadas los principios del C.A. han sido aplicados con gran éxito a sistemas de computación en general y a áreas específicas de control de aviones, guiado y control de misiles y naves especiales, regulación y control de refinerías de petróleo y procesos de fabricación química. Esto ha hecho pensar en los sistemas de control como una disciplina destinada a tener aplicaciones principalmente bélicas e industriales. Pero también ha habido importantes progresos en otros aspectos que, por no ser tan espectaculares, son poco conocidos, tales como el desarrollo de prótesis y otros campos de la ingeniería biomédica. Por ese motivo, en este artículo sólo nos referiremos a algunas aplicaciones poco conocidas del C.A. y que permitan apreciar la importancia de esta disciplina.

Dadas las aplicaciones exitosas de los principios de C.A. a sistemas técnicos de gran complejidad, cabe preguntarse en qué medida pueden ser aplicados a la solución de problemas no técnicos, con sistemas verdaderamente complejos, y a los cuales la humanidad tiene urgentes necesidades de resolver. A juzgar por las representaciones hechas en este Congreso Mundial de IFAC la respuesta no sólo es afirmativa sino que, hay un gran conciencia entre la comunidad científica relacionada con el C.A. de encontrar solución a estos problemas y se ha puesto de manifiesto en una gran cantidad de trabajos y ponencias destinados a resolver problemas en sistemas económicos, ecosistemas, sistemas socio-técnicos, sistemas políticos y sistemas biológicos.

5. DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS CASOS CONCRETOS

En esta sección se describen brevemente algunos trabajos seleccionados al azar entre todos los presentados, con el único fin de ilustrar las posibilidades que ofrece el C.A. para la resolución de problemas en áreas poco conocidas tales como Biomedicina, Problemas de Estabilidad Internacional y Agricultura. Resulta de interés también mencionar el importante avance tecnológico que se ha logrado en el C.A. con la incorporación de la computadora digital y los conceptos de Inteligencia Artificial.

5.1. Aplicación Biomédica

El libro de Wiener¹ ya mencionado tiene en realidad un segundo nombre que hace referencia a los seres vivos: "Control y Comunicación en Animales y

Máquinas". Con este título Wiener consideró a los fenómenos de regulación que aparecen en los organismos de los animales, incluido el hombre, exactamente igual al proceso de control que es factible realizar en una máquina. Esto hace que la teoría del C.A. sea aplicable al análisis y aún al control de sistemas que conforman el organismo animal. Este hecho ha conducido a que cada vez sea mayor la colaboración entre médicos e ingenieros de control para interpretar o dar solución a las enfermedades que más preocupan a la sociedad actual. Entre las mismas podemos mencionar a la diabetes que ha sido considerada por diversos autores en este Congreso.

Uno de estos trabajos es el del Dr. C. Cobelli y A. Mari³ del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Padova, Italia, que propone un método para medir el flujo de glucosa en el torrente sanguíneo. Esta medición es importante no sólo para comprender el funcionamiento del sistema glucorregulador sino también para detectar una falla latente de algún mecanismo regulador crítico antes que resulte en alguna forma de diabetes. Desafortunadamente estos flujos no son directamente medibles y deben utilizarse mediciones indirectas basadas en un modelo. Este trabajo discute métodos y modelos experimentales para determinar el flujo de glucosa en un organismo intacto.

Dentro del mismo tema de interés fue el trabajo presentado por el Dr. A. Sano y otros⁴. En él, en lugar de adoptar el concepto convencional de páncreas artificial realimentado, utiliza un modelo que determina la tasa de infusión de insulina sobre la base de un modelo cinético de regulación de glucosa en la sangre y propone un esquema de control adaptativo que es robusto.

Otro trabajo de interés dentro del campo de la bioingeniería fue el presentado por los doctores Katona y Chizeck⁵ titulado: "Control Automatizado de la infusión de drogas". Este trabajo da un panorama general de los múltiples esfuerzos por desarrollar sistemas que permitan controlar automáticamente las variables fisiológicas. De éstos, los sistemas de infusión de drogas están entre los más comunes. La automatización de la infusión de drogas es deseable en aquellos casos donde la cantidad de sustancia a ser administrada es crítica; es decir, donde la diferencia de entre el nivel de drogas que es tóxica y la que es beneficiosa es pequeña.

3. Cobelli, C. y A. Mari, "Models for the Estimation of Glucose Fluxes in Non-Steady State From Concentration Measurements", Department of Electrical Engineering, University of Padova, Italy.

4. Sano, A., y otros "Robust and Adaptive Control of Blood Glucose Level by use of Meal Information", Department of Electrical Engineering, Keio University, Japón.

5. Katona, P. G. and H. J. Chizeck, "Automated Control of Drug Infusión", Department of Biomedical Engineering and Department of Systems Engineering, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA.

5.2. Resolución de Conflictos Internacionales

Aunque los principios del control no están normalmente asociados con las relaciones internacionales, puede existir alguna ventaja significativa el tratar de mejorar las mismas mediante un uso adecuado de conceptos y métodos del C.A.

Existe una necesidad de buscar formas de prevenir una guerra nuclear que podría amenazar con el fin de la actual civilización del mundo. Aunque la mayoría de los líderes mundiales están de acuerdo, hoy en día, en que de producirse una guerra nuclear no habría ganadores, existe la preocupación de que algunos conflictos menores entre naciones podrían desencadenar una guerra nuclear a gran escala entre las principales potencias nucleares. En un esfuerzo por mejorar la estabilidad internacional, se lleva a cabo un continuado estudio para buscar modos de usar la tecnología para mejorar la forma de resolver los conflictos internacionales, en particular, antes de que estos conflictos alcancen la condición de guerra entre las principales potencias mundiales. En este sentido es digno de destacar la labor realizada desde hace varios años por el Dr. Harold Chestnut de la Fundación SWIIS (Supplemental Ways for Improving International Stability) quien presentó un trabajo aplicando control adaptativo para la resolución de conflictos internacionales.⁶

Desde otro punto de vista, el proceso de resolver conflictos internacionales puede considerarse como una multiplicidad de actividades que son factibles de modelar y de ser controladas en el sentido de un sistema experto; es decir, un sistema de hardware y software que requiere el juicio humano para el control. A través del mejor entendimiento de varios procesos que tienen lugar en un país o entre países, es posible representar en un grado satisfactorio el sistema hombre-máquina que significa una nación interconectada con otras naciones. P. Kopacek y F. Breiteneker de la Universidad Técnica de Viena presentaron un modelo dinámico para el análisis de la estabilidad internacional. Este modelo es dinámico no-lineal y multivaria-ble⁷.

El Profesor A. Onishi del Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas de Japón propuso un sistema de alerta temprana para la resolución de estos conflictos⁸.

6. Chestnut, H. "Applying Adaptive Control to Resolving International Conflicts", SWISS Foundation Inc. USA.

7. Kopacek, P. and F. Breiteneker, "Dynamics Models for International Stability Analysis", Technical University Vienna, Austria.

8. Onishi A. "FUGI - Part of a Global Early Warning System for National And International Conflicts", Institute of Applied Economic Research, Soka University, Japón.

5.3. Robots en Agricultura

Hasta hace algunos pocos años la Agricultura no había sido tenida en cuenta para contar con las ventajas de la automatización tal como ha ocurrido en el área industrial. Las razones de esta demora se deben principalmente a que las tareas agrícolas se realizan, por lo general, en un ambiente hostil para cualquier tipo de máquina con cierta complejidad (presencia de polvo, rudeza en el trato, etc). Pero la competitividad del mercado agrícola, el incremento en la falta de mano de obra, sumado al aumento cada vez mayor de la confiabilidad de los circuitos electrónicos, ha hecho posible la introducción de maquinaria agrícola más compleja para la ejecución de tareas rurales; entre ellas el robot.

La palabra robot es un término genérico y se usa para referirse a una máquina capaz de realizar manipulaciones antropomórficas. Es el tipo de máquina más avanzado que se utiliza en la industria moderna. Su incorporación a la actividad rural no sólo requiere de una mayor confiabilidad sino que las exigencias de diseño son mayores que en los robots industriales. Por ejemplo, para muchas tareas estos robots deben tener algún tipo de movilidad (p. ej. para trasladarse de una planta a la otra), para otras deben tener el sentido de la visión y poder distinguir colores, etc. Todo esto con un mínimo de mantenimiento.

En este Congreso P. Bailou presentó un estudio⁹ muy interesante en el cual se analiza los pro y contra de la aplicación de robots en tareas agrícolas. En él comenta algunos proyectos en este campo y enumera las tareas que ya están llevando a cabo mediante robots, entre ellas citamos: cosecha de frutos, siembra, guiado de tractores, fumigación, selección de productos, cría de animales, avicultura, esquila de ovejas, etc.

5.4. Computadoras, Inteligencia Artificial y Control

La incorporación de la computadora digital a los sistemas de control ha dado un enorme impulso al C.A. y ha hecho posible la aplicación de todo el fundamento teórico que respalda esta disciplina.

En un principio las mismas estaban destinadas a cumplir algunas funciones simples, tales como la acumulación de datos, conversión de variables y algunos cálculos aritméticos simples. Los recientes sistemas de control con computadora incorporan funciones más avanzadas de procesamiento de la información tales como cálculo de algoritmos de control de variado grado de complejidad, desde PID digitales hasta los llamados algoritmos de control

9. Baylou, P., "Agricultura! Robots", Laboratoire d'Automatique, Ecole Nationale Supérieure d'Electronique et de Radioelectricité de Bordeaux, Francia.

avanzado que involucran operaciones con vectores y matrices, cálculos para la optimización, estimación e identificación de un sistema, y también incluyen auto-diagnos de los sistemas de control, sistemas de sensores y de comunicación, operaciones hombres-máquina y gráficos.

El uso de computadoras también ha facilitado la aplicación de los conceptos de inteligencia artificial. Esta, si bien se encuentra aún en la etapa de desarrollo, tiene actualmente una significación práctica en tres campos: reconocimiento de imágenes, comprensión del lenguaje natural e ingeniería del conocimiento. La ingeniería del conocimiento o "sistemas expertos" es un sistema computacional capaz de representar y razonar sobre el dominio del conocimiento, tal como medicina o geología, con el objeto de resolver problemas y aconsejar¹⁰. En un sistema de esta naturaleza se almacena el conocimiento de expertos en la solución de problemas en un campo determinado en la forma de "base de conocimiento", el "sistema experto" debe "inferir" la solución a partir de esa base y de un mecanismo de inferencia.

Este concepto está siendo aplicado desde hace pocos años en los sistemas de control. Así por ejemplo, para el control automático de un tren eléctrico no atendido, que se hacía hasta ahora sobre la base de un control tipo PID, se intenta efectuar actualmente empleando un esquema de control predictivo sobre la de un sistema experto donde el conocimiento de la operación del tren de un maquinista experimentado es almacenado en una base de conocimiento.¹¹

6. CONCLUSIONES

Los trabajos en este Décimo Congreso Mundial de Control Automático permiten apreciar la importancia que esta disciplina ha tomado en las últimas dos décadas. Prácticamente no hay ciencia en la que no se manifieste su presencia. Más aún, las zonas marginales de distintas ciencias están siendo ligadas por el poder unificador del concepto de sistemas, haciendo que los sueños de Wiener, von Neumann y otros precursores de la Cibernética se hayan hecho realidad antes de finalizar este siglo 20.

El amplio uso del automatismo está afectando ahora todos los aspectos de la actividad humana y estamos moviéndonos rápidamente desde una sociedad industrial hacia una sociedad de muy alta tecnología. No obstante, cabe preguntarse si esto es realmente bueno para la humanidad. ¿Cuál será el

10. Jackson, P., "Introduction to Expert Systems", Addison-Wesley Publ. 1986.

11. Narita, S. "The Roles of Information Technology in Systems Control", Dept. of Electrical Engineering, Waseda University, Japón.

rol que le corresponde representar al hombre en una sociedad totalmente automatizada?

Esta es una pregunta a la cual el ingeniero, como ser humano, debe tratar también de encontrarle respuesta. Es decir: la automatización no debe ser un fin en sí misma; debe automatizarse para aliviar las tareas del hombre y mejorar su calidad de vida. La automatización debe ser hecha para beneficio de la humanidad.