

18

Julio  
Septiembre  
2021

# AADECA

La Revista de  
los Profesionales de  
Automatización y Control

## En esta edición

- ▶ Robotización en las PyME, *por Jorge Javier Gleizer*
- ▶ El control automático en el siglo XXI, *por Luis Buresti*
- ▶ Cobots: tendencia en automatización con vacío, *por Horacio Villa*
- ▶ HAZOP/LOPA vía videoconferencia, *por Roberto Varela*
- ▶ Importancia de las antenas en la medición de nivel de tanques con tecnología de radar (sin contacto), *por Norma Toneguzzo*



| Instrumentación | Control | Automatización | Robótica | IT Industrial | Elementos finales de Control |

FB08F

# Cursos 2022

Conocimiento - Didáctica - Interacción con los alumnos...

**AADECA**  
CAPACITACIÓN

[www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)



## Tecnología de Automación Neumática y Electroneumática

12, 19, 26 de Abril, 3, 10, 17, 24, 31  
de Mayo y 7 de Junio  
14:30 a 17:30hs

Ing. Eugenio Abad Monetti  
Ing. Ricardo Carmelo Minniti

## Utilización del Relay Inteligente como Solución de Bolsillo para Automatizar Sistemas Simples y no tan Simples

6, 13, 20 y 27 de Mayo  
15:00 a 18:00hs

Ing. Eugenio Abad Monetti



## Robótica en la Industria 4.0

1, 8, 15, 22, 29 de junio, 6, 13  
y 20 de julio  
18:00 a 21:00hs

Ing. Alejandro Dovico

Próximamente más cursos en [www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)

Seguinos en      

[administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org)



011 3201-2325

Revista propiedad:

# AADECA

Asociación Argentina  
de Control Automático

Av. Callao 220 piso 7  
(C1022AAP) CABA, Argentina  
Telefax: +54 (11) 4374-3780  
[www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)

**Coordinador Editorial:**  
Ing. Eduardo Alvarez, AADECA

**Editor-productor:**  
Jorge Luis Menéndez, Director



Av. La Plata 1080  
(1250) CABA, Argentina  
(+54-11) 4921-3001  
[info@editores.com.ar](mailto:info@editores.com.ar)  
EDITORES [www.editores.com.ar](http://www.editores.com.ar)

Revista editada totalmente en la Argentina.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos a condición que se mencione el origen. El contenido de los artículos técnicos es responsabilidad de los autores. Todo el equipo que edita esta revista actúa sin relación de dependencia con AADECA.

Traducciones a cargo de Alejandra Bocchio; corrección, de Ing. Eduardo Alvarez, especialmente para AADECA Revista.

## Estimados socios y socias de AADECA

Les damos la bienvenida a una nueva edición de la revista de AADECA. En ella encontrarán artículos interesantes, escritos por profesionales del sector, como los que ya venimos presentando desde hace 5 años.

Nuestra asociación continúa trabajando para acompañar el desarrollo de las actividades relacionadas a la automatización y control, además de como ya hemos mencionado en ediciones anteriores, incorporando nuevos rubros como la economía del conocimiento.

Durante la formación de la actual comisión a fines del 2020, se decidió darle un sentido más federal a la asociación, es por eso que, aprovechando la virtualidad de las reuniones, nos integramos profesionales de otras provincias no tradicionales en AADECA. Es un punto importante ya que de esta forma se intenta llegar con la asociación a todo el país, generando vínculos con universidades, escuelas, otras asociaciones e institutos. Esta expansión es un aporte valioso, ya que a lo largo y ancho del país se desempeñan muchos profesionales que pueden verse beneficiados y no se encuentran en los polos industriales cercanos a la capital. Con esto, y la incorporación de jóvenes, se pretende darle continuidad al crecimiento de la asociación.

Personalmente estoy participando en AADECA desde Vaca Muerta, en dónde en los últimos años se han desarrollado obras para la extracción y tratamiento de los hidrocarburos de la cuenca. Como se imaginarán, esto lleva asociado una infraestructura para automatizar, controlar y supervisar todos los procesos, desde el instrumento en campo (en la actualidad la gran mayoría electrónicos e inteligentes) hasta la sala remota, pasando por controladores lógicos, radioenlaces, fibra óptica e integrando diferentes tecnologías. Esto ha sido posible gracias a las empresas compuestas por profesionales y talentos con los que cuenta nuestro país en esta materia, sin los cuales hubiera sido complicado tal desarrollo.

Además de la revista, AADECA ofrece una amplia variedad de cursos que promueven el conocimiento de los estudiantes y profesionales del sector, con contenidos actualizados y docentes altamente calificados. Actualmente el dictado de los mismos se hace a través de una plataforma virtual que nos permite llegar a todo el país e incluso al resto de América latina. El calendario de cursos y temas puede consultarse en la página de la asociación <http://www.aadeca.org> o a través del correo electrónico de la administración [administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org).

Esperamos que puedan aprovechar al máximo todo el contenido de la revista y los invitamos a seguirnos en redes sociales para estar actualizados en todo lo relacionado a AADECA.

*Cordialmente,*

Ing. Gustavo Askenazi  
Integrante del Consejo Directivo 2020-2022 de AADECA

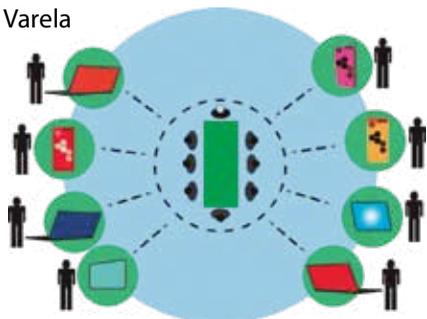
# En esta edición encontrará los siguientes contenidos

Artículo técnico

## HAZOP/LOPA vía videoconferencia

Roberto Varela

Pág. 6



Artículo técnico

## Sobre internet de las cosas

Guillermo Andrés Musso Rodríguez

Pág. 27

Artículo técnico

## Cobots:

### tendencia en automatización con vacío

Horacio Villa de MICRO automatión

Pág. 30

Aplicación

## ¿Qué es estrategia?

Carlos Behrends

Pág. 33

Artículo técnico

## Importancia de las antenas en la medición de nivel de tanques con tecnología de radar (sin contacto)

Norma Tonegozzo

Pág. 14

Opinión

## Tecnología de radares para medir nivel: algún día, ¿será importante?

Antonio Brito

Pág. 20

Aplicación

## Robotización en las PyME

Jorge Javier Gleizer

Pág. 24

Artículo técnico

## Primeros pasos en la nube

Andrés Gorenberg

Pág. 36

Opinión

## El control automático en el siglo XXI

Luis Buresti

Pág. 38



## Glosario de siglas de la presente edición

**AADECA:** Asociación Argentina de Control Automático

**API (American Petroleum Institute):** Instituto Estadounidense de Petróleo

**BI (Business Intelligence):** inteligencia en los negocios

**CNC (Computerized Numerical Control):** Control numérico computarizado

**CONAE:** Comisión Nacional de Actividades Espaciales

**COVID (Corona Virus Disease):** enfermedad del virus Corona (o Coronavirus)

**CRM (Client Relationship Management):** gestión de relaciones con el cliente

**CVR (Cockpit Voice Recorder):** grabadora de voces de cabina

**DK (Dielectric Constant):** constante dieléctrica

**FDR (Flight Data Recorder):** grabadora de datos de vuelo

**HAZOP (Hazard and Operability Analysis):** análisis de peligros y operabilidad

**IEC (International Electrotechnical Commission):** Comisión Electrotécnica Internacional

**IFAC (International Federation of Automatic Control):** Federación Internacional de Control Automático

**INTI:** Instituto Nacional de Tecnología Industrial

**INVAP:** Investigación Aplicada

**IoT (Internet of Things):** Internet de las cosas

**ISA (International Society of Automation):** Sociedad Internacional de Automatización (ex-Sociedad Estadounidense de Automatización)

**ISS (International Space Station):** estación espacial internacional

**LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging):** detección y rango de imágenes láser

**LNG (Liquefied Natural Gas):** gas natural licuado

**LOPA (Layer of Protection Analysis):** análisis funcional de operabilidad

**LPG (Liquified Petroleum Gas):** Gas licuado petróleo

**MCAS (Maneuvering Characteristics Augmentation System):** sistema de aumento de características de maniobra

**MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):** cola de mensajes telemetría y transporte

**M2M (Machine to Machine):** máquina a máquina

**NFC (Near Field Communication):** comunicación de campo cercano

**NOC (Network Operation Center):** centro de operaciones de red

**OEM (Original Equipment Manufacturer):** fabricante original de equipos

**PC (Personal Computer):** computadora personal

sonal

**PFD (Process Flow Diagram):** diagrama de flujo de proceso

**PHA (Process Hazards Analysis):** análisis de riesgo de proceso

**PID:** proporcional-integral-derivativo

**PyME:** pequeña y mediana empresa

**P&ID (Piping and Instrumentation Diagram):** diagrama de tubería e instrumentación

**SADI:** Sistema Argentino de Interconexión

**SAOCOM:** satélite argentino de observación con microondas

**SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition):** supervisión, control y adquisición de datos

**SHPA:** seguridad, higiene y protección ambiental

**SIS (Safety Instrumented Systems):** sistemas instrumentados de seguridad

**TI:** tecnología de la información

**UBA:** Universidad de Buenos Aires

**UNLP:** Universidad Nacional de La Plata

**VPN (Virtual Private Network):** red privada virtual



FACULTAD  
DE INGENIERIA

Universidad de Buenos Aires

Carrera de Especialización y Maestría en

# Automatización Industrial



*Para especializarse en Automatización...  
...¿por qué no volver a la Facultad?*



[www.fi.uba.ar/posgrado/carreras-de-especializacion/automatizacion-industrial](http://www.fi.uba.ar/posgrado/carreras-de-especializacion/automatizacion-industrial)

+54-11 5285-0866 - [ecomunic@fi.uba.ar](mailto:ecomunic@fi.uba.ar)



## Cronograma de cursos virtuales en AADECA

5, 12, 17, 26/oct 2, 9, 16, 23, 30/nov	<b>Introducción a IoT e IIoT</b>
13 a 15/oct	<b>Ventas técnicas</b>
18 y 19/oct	<b>Energía solar fotovoltaica</b>
27 y 30/oct 3, 10, 17 y 24/nov	<b>Introducción a la ciberseguridad industrial</b>
21 y 28/oct 4, 11, 18 y 25/nov 2 y 9/dic	<b>Programa de gestión integral de recursos humanos para no especialistas</b>
29/oct	<b>WEBINAR Robótica en la Industria 4.0</b>
15/nov	<b>WEBINAR Simulación y optimización de sistemas 1D</b>
26/nov	<b>WEBINAR Tecnología de automatización neumática y electroneumática</b>
1/dic	<b>WEBINAR Definiciones básicas sobre redes inteligentes</b>
3/dic	<b>WEBINAR Utilización del relay inteligente como solución de bolsillo para automatizar sistemas simples y no tan simples</b>
6/dic	<b>WEBINAR Análisis en microrredes: estrategias de coordinación de protecciones</b>

Más información en  
<https://aadeca.org/index.php/2021/06/07/cursos-y-webinars-2021/>

## Nuevos medios de comunicación en AADECA

*Estamos renovando nuestra imagen online y algunas formas de contactarnos han cambiado*



[www.facebook.com/aadecautomatico](http://www.facebook.com/aadecautomatico)



[www.linkedin.com/company/aadeca](http://www.linkedin.com/company/aadeca)



[www.instagram.com/aadeca](http://www.instagram.com/aadeca)



[bit.ly/AADECA-CHANNEL](https://bit.ly/AADECA-CHANNEL)



+54 911 3201-2325



[administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org)

## Misión y objetivos de AADECA

En el centro de la economía del conocimiento, AADECA contribuye a la divulgación del conocimiento y aceleración de la implementación del Control Automático, por medio de cursos, congresos, foros, talleres, concursos y publicaciones

Fundada en 1957, AADECA es una Asociación Profesional Civil sin fines de lucro que nuclea representantes de la Universidad, la Industria y los Usuarios, interesados en el Control Automático y sus aplicaciones.

Para promover el conocimiento y la implementación del Control Automático, AADECA desarrolla varias actividades, incluyendo:

- » Un amplio calendario de cursos presenciales (hoy suspendidos los presenciales por el COVID19) y a distancia.
- » La semana del Control Automático, evento bienal orientado en 4 ejes:
  - » El Congreso Argentino de Control Automático
  - » El Foro de Automatización y Control
  - » Los Talleres Temáticos
  - » El concurso de Desarrollos Estudiantiles
  - » La revista AADECA



# AADECa

Asociación Argentina  
de Control Automático

INTERCAMBIO  
PROFESIONAL

FORO

CONGRESOS

NEWSLETTER

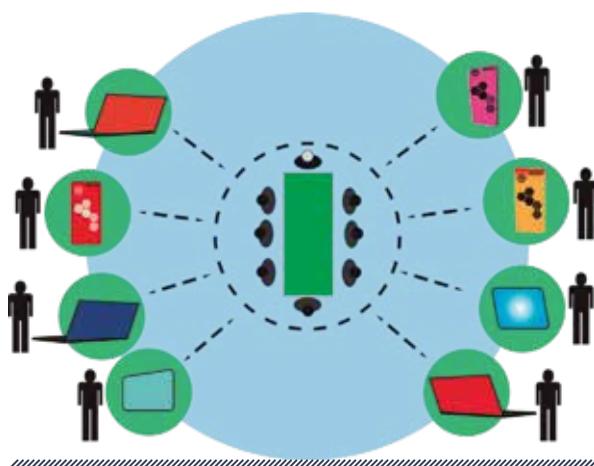
TALLERES  
TEMÁTICOS

CURSOS Y  
JORNADAS

[www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)

# HAZOP/LOPA vía videoconferencia

Roberto Varela  
roberto.varela@gmail.com



El desafío que implica la pandemia del virus SAR-CoV2 (COVID-19) para el desarrollo de los procesos de negocios en el ámbito industrial; las restricciones a los traslados de personal dentro y fuera de las ciudades, distritos y/o países; la necesidad de evitar reuniones grupales en recintos cerrados, y el requerimiento de mantener distancia social (física) obligan a las empresas a implementar alternativas para prevenir que los riesgos en los procesos se incrementen y/o queden desatendidos, incluyendo la política interna de la empresa y los requisitos normativos y legales de llevar a cabo, por ejemplo, los estudios HAZOP/LOPA de acuerdo a cronogramas preestablecidos de revisión periódica [1].

Para superar los desafíos que implican las restricciones impuestas por la pandemia, los estudios HAZOP/LOPA se pueden llevar a cabo mediante el uso de las herramientas tecnológicas disponibles para teletrabajo, tal como videoconferencia [2]. Para ello, las empresas deberían implementar políticas y procedimientos que aseguren el cumplimiento efectivo de los objetivos de prevención de riesgos, elaborar la documentación requerida para las tareas que se llevarán a cabo y resguardarla como evidencia, en cumplimiento de normas, procedimientos, reglamentaciones internas y/o estándares nacionales e internacionales de seguridad, salud y protección ambiental [3].

## Acerca del autor

Roberto Eduardo Varela es Ingeniero químico diplomado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y Especialista en Seguridad, Higiene y Protección Ambiental (SHPA), graduado en la Universidad Católica Argentina. Actualmente, se desempeña como consultor en sistemas instrumentados de seguridad y en seguridad funcional, ostentando avales como "Functional Safety Engineer" de TÜV Rheinland, e "ISA/IEC 61511 SIS Fundamentals Specialist". Es el autor del libro "SIS – Evolución, diseño y aplicación".

Los estudios HAZOP y/o LOPA se llevan a cabo habitualmente con un equipo compuesto por profesionales y técnicos de distintos departamentos del usuario (ingeniería, diseño, procesos, mantenimiento, instrumentación, seguridad, etc.); representantes del licenciario del proceso; representantes del contratista de ingeniería y suministros; un líder o facilitador para la dirección y orientación del estudio y un secretario para registrar las decisiones y comentarios del equipo de trabajo. Preferentemente, la reunión del equipo de trabajo para el análisis se hace en "talleres" o sesiones de trabajo, en instalaciones del usuario o en un sitio fuera del ámbito de trabajo, por ejemplo, hoteles o salones externos. Al haber limitaciones a la participación física de los integrantes del equipo de estudio, ya sea por restricciones a la realización de reuniones grupales en sitios cerrados o a desplazamientos dentro o fuera de la localidad en que están emplazadas las oficinas o fábricas del usuario, los talleres HAZOP/LOPA se pueden llevar a cabo a través de videoconferencias. Con el fin de garantizar sesiones exitosas de estudios de riesgos por videoconferencia, es necesario seguir protocolos claros en materia de preparación, intercambio de datos y reglas de conducta.

La plataforma para ejecutar HAZOP/LOPA a través de videoconferencia será la seleccionada por el usuario, de acuerdo a sus requisitos internos y proveedores aprobados. Antes de cada taller, el usuario, junto con el contratista de ingeniería y suministros, emitirá el procedimiento de videoconferencia para conocimiento de todos los participantes, y trabajará activamente con ellos para asegurarse de que el software y el hardware de videoconferencia funcionen correctamente. En caso de que los participantes no tengan experiencia previa en esta modalidad, podría ser necesario que se lleve a cabo una sesión preliminar algunos días antes del taller real, con el fin de resolver cualquier problema de conectividad, verificar que la tecnología elegida funciona correctamente, confirmar la estructura de las reuniones

y capacitar a los asistentes en la mecánica de la tarea remota. Es recomendable limitar el número de participantes activos para mantener una estructura acotada y manejable del taller.

El taller por videoconferencia debe seguir la metodología estándar HAZOP/LOPA, mediante la cual el programa y las planillas de trabajo de los estudios se comparten en pantalla dividida con los participantes remotos. La documentación técnica, como los diagramas PFD o PID, los criterios de riesgo, los diseños de procesos, la filosofía de funcionamiento, las matrices de causa y efecto, etc., deben distribuirse con anticipación, en formato electrónico o papel a todos los participantes y, además, pueden compartirse los P&IDs marcados en las pantallas del software de videoconferencia. El chat de reunión permite a los participantes generar consultas sin interrumpir a los participantes que estén emitiendo opinión, en el momento en que se plantean los distintos parámetros, desviaciones, causas, consecuencias, etc.

Completar un HAZOP/LOPA remoto es una solución que no requiere viajes o desplazamientos de personal, pero tiene desafíos específicos teniendo en cuenta la complejidad de los documentos técnicos, la dirección de los debates y la gestión del equipo de estudio distribuido en sitios remotos.

*Para superar los desafíos que implican las restricciones impuestas por la pandemia, los estudios HAZOP/LOPA se pueden llevar a cabo mediante el uso de las herramientas tecnológicas disponibles para teletrabajo.*

## Antecedentes

En la norma IEC 61882 Ed. 2.0 [4] se indica que originalmente HAZOP era una técnica desarrollada para sistemas que implicaban el tratamiento de fluidos en las industrias de procesos. Sin embargo, su área de aplicación se ha ampliado constantemente en los últimos años y en la edición 2016 de la norma se detallan múltiples ámbitos de aplicación de la metodología.

HAZOP es particularmente útil para identificar debilidades en sistemas (existentes o propuestos) que involucran el flujo de materiales, personas o información, o una serie de eventos o actividades en una secuencia planificada o los procedimientos que controlan dicha secuencia. Los estudios HAZOP también se pueden utilizar para condiciones no operativas, como el almacenamiento y el transporte. Además de ser una herramienta valiosa en el diseño y desarrollo de nuevos sistemas, HAZOP también se puede emplear para identificar riesgos y posibles problemas asociados con diferentes estados operativos de un sistema dado: por ejemplo, para puesta en marcha, espera, funcionamiento normal, apagado normal, apagado de emergencia. HAZOP es una parte integral del proceso de diseño general y uno de los métodos que se emplean para la identificación de riesgos como parte del proceso de gestión del riesgo.

*La documentación técnica, como los diagramas PFD o PID, los criterios de riesgo, los diseños de procesos, la filosofía de funcionamiento, las matrices de causa y efecto, etc., deben distribuirse con anticipación, en formato electrónico o papel a todos los participantes.*

En la norma IEC 61511 [5] se reconoce la necesidad de revalidar periódicamente los estudios HAZOP durante el ciclo de vida de seguridad. Incluso sin modificaciones y/o remodelaciones de las plantas, se recomienda actualizar los análisis de riesgos con cierta periodicidad, para asegurar que las premisas y supuestos considerados inicialmente armonizan con la experiencia operacional, con la especificación de requisitos de seguridad y con el plan de gestión de la seguridad funcional. Generalmente, se considera apropiado cada cinco años.

Los análisis de capas de protección (LOPA, por sus siglas en inglés) [6], frecuentemente se desarrollan de manera integral con el estudio HAZOP. Es una herramienta complementaria modelada para integrarse con el estudio HAZOP, que proporciona información adicional para identificar objetivos de confiabilidad adecuados para la seguridad del proceso.

Con el uso de las herramientas informáticas actuales, los estudios HAZOP/LOPA con asistencia remota no pierden la esencia ya que las actividades siguen siendo una sesión de análisis empleando la técnica de tormenta de ideas para arribar a las conclusiones apropiadas. Los conceptos básicos permanecen inalterados. La novedad es la implementación de la tecnología de la información en la etapa de sesiones de análisis.

Las tecnologías de las comunicaciones han evolucionado tanto que pueden proporcionar más flexibilidad y opciones de trabajo. Las opciones de audio y videoconferencia, así como reuniones interactivas, intercambio de pantallas de computadoras, seminarios web, etc., se han ido incrementando con el paso del tiempo. Los últimos años han dado lugar a una mayor disponibilidad de diversas técnicas de colaboración que utilizan una plataforma de estas nuevas tecnologías de la comunicación.

El aumento de la estabilidad y ancho de banda de Internet, y el aumento de la potencia de procesamiento en las computadoras, son el aporte

clave para la utilización confiable de estas herramientas de colaboración en el mundo de los negocios. Por lo tanto, la tarea a la que se enfrentan los usuarios es la de determinar la mejor manera de utilizar estas herramientas de colaboración para una actividad tan importante como la de evaluación de riesgos, especialmente en tiempos de pandemia.

## Herramientas y acceso a la sala virtual

Además del software dedicado o planillas *ad hoc* para el desarrollo y análisis de los estudios HAZOP/LOPA, se requiere de programas para la conectividad y sesiones colaborativas del grupo de estudio.

Un software fiable y versátil, montado sobre una plataforma segura y fácilmente disponible, es un requisito esencial para el desarrollo de las sesiones. El software de comunicación elegido para las videoconferencias y las funciones proporcionadas tendrán un efecto significativo en el desarrollo exitoso de las sesiones.

El software deberá estar montado en servidores con alto nivel de disponibilidad, con acceso posible desde cualquier computadora conectada a Internet, ya sea de escritorio, portátil, tableta o incluso un teléfono inteligente. El sistema operativo puede ser Microsoft y/o Apple.

*Las tecnologías de las comunicaciones han evolucionado tanto que pueden proporcionar más flexibilidad y opciones de trabajo.*



Fuente: foto por Arlington Research en Unsplash

## HAZOP/LOPA por videoconferencias

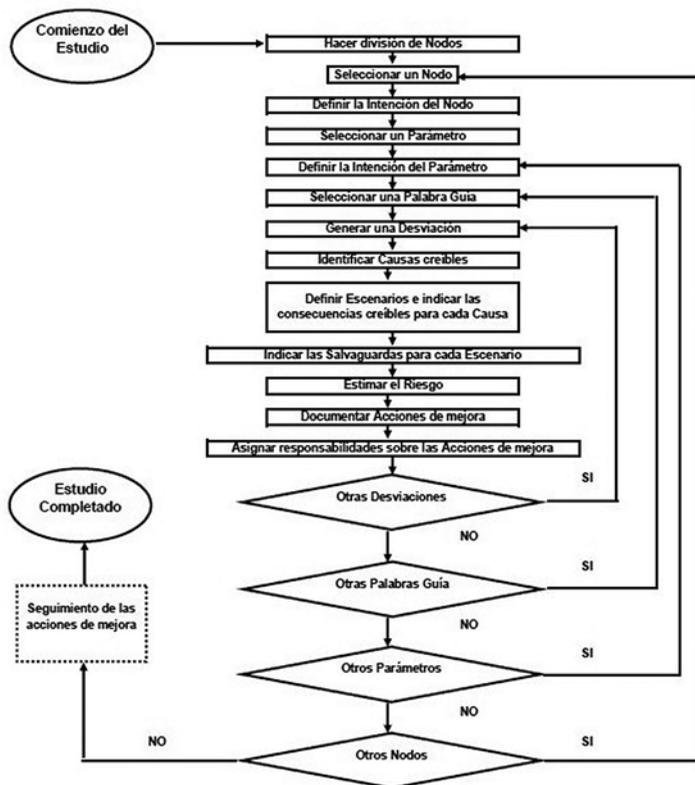
Para llevar a cabo las sesiones, se debe tener en cuenta una serie de cuestiones que, a diferencia de las sesiones grupales habituales, requieren de preparación, protocolos, procedimientos y conducción del grupo de trabajo que presentan un desafío, tanto al equipo de estudios, como al facilitador y a la empresa.

Como primera medida está la selección de la plataforma de hardware y software para videoconferencias. Esto implica un involucramiento del sector de tecnología de la información (TI) de la empresa para la determinación de las características del equipamiento y del software de videoconferencia.

Las principales características de las plataformas de videoconferencia son conectividad, capacidad para el manejo de sesiones con personal atendiendo en forma remota, capacidad para permitir la cantidad de asistentes necesaria, agenda incorporada, tecnología "amigable".

### Conectividad y equipamiento

Las soluciones de videoconferencia deben ser compatibles con redes robustas y con capacidades de ancho de banda lo suficientemente grandes como para evitar fluctuaciones y fallos. De



Modelo de diagrama de flujo  
Fuente: imagen realizada por el autor

hecho, no es una exageración decir que cualquier sistema de video es tan fuerte como la conexión más débil, ya que incluso las pantallas de mayor resolución y el software más intuitivo no será capaz de superar la infraestructura troncal que es propensa a la latencia, entendiéndose esta como el tiempo que tarda en transmitirse un paquete de datos dentro de la red (demoras en la comunicación y/o microcortes).

La mayoría de las herramientas disponibles comercialmente presentan diferentes funcionalidades. Ofrecen a los participantes la capacidad de ver inmediatamente quién está en la llamada, determinar quién está hablando en un momento dado, leer el lenguaje corporal, y otras señales no verbales, e indicar cuando tienen algo que decir.

Para aprovechar los sistemas de videoconferencia de manera tal que creen valor empresarial real es importante que las organizaciones adopten un hardware robusto, capaciten a los usuarios en las soluciones de software elegidas e implementen una conectividad sólida.

*Como primera medida está la selección de la plataforma de hardware y software para videoconferencias.*

### Preparación para una reunión remota

Para asegurarse de que una reunión remota se acerque a los objetivos propuestos, hay muchos factores que se deben tener en cuenta. Para ello hay que considerar lo siguiente:

- » Sala y ubicación. Las características de la sala, oficina o habitación desde donde se van a dirigir las sesiones del taller y su ubicación geográfica son puntos importantes que se deben considerar en caso de que algunos de los participantes residan en el área. Accesibilidad, transporte, ruta a seguir o controles de circulación son aspectos que se deben analizar para planificar reuniones exitosas y a tiempo.
- » La cantidad de asistentes. Es difícil celebrar una reunión remota con un gran número de personas y asegurarse de que todos aporten su conocimiento, en particular en sesiones de HAZOP/LOPA. Hay que ser selectivo en la invitación al personal que participará. En la preparación de las sesiones se pueden mantener reuniones previas con los distintos especialistas, para identificar causas y consecuencias más comunes y listarlas para facilitar y reducir los tiempos de trabajo del equipo completo.
- » Programación. Para planificar el mejor momento para las sesiones de análisis, es conveniente revisar los cronogramas de tareas

y disponibilidad del personal que será invitado. Se debe considerar que algunos de los participantes serán empleados de la empresa, pero otros serán contratistas que podrían no tener acceso a herramientas corporativas. Es conveniente establecer un límite de tiempo claro en las sesiones y así evitar una declinación en la participación y atención de los asistentes.

- » Agenda clara. Reunirse remotamente requiere esfuerzo, por lo que se recomienda no perder tiempo. Las sesiones de HAZOP/LOPA son actividades muy específicas, se deben planificar cuidadosamente para optimizar el tiempo y apegarse a ese plan. Es importante compartir la agenda con anticipación para que todos los invitados se puedan preparar. Se puede compartir en un documento, correo electrónico o cualquier otro formato aprobado por el usuario.

## Tecnología

Hay una gran variedad de herramientas y plataformas que se pueden usar para videoconferencias con asistencia remota de los participantes. Para ello es necesario considerar algunas características tales como posibilidad de grabación de las sesiones; manejo centralizado por el facilitador de la habilitación, o no, de micrófonos; uso compartido de pantallas; pizarrón para compartir anotaciones; seguimiento de atención; comunicaciones encriptadas; mensajes de chat por la misma plataforma u otra alternativa como WhatsApp.

Sea cual sea la tecnología, es necesario probarla antes de la sesión inicial y tener un plan "B" en caso de que algo no funcione. También es posible utilizar dos plataformas al mismo tiempo, una para comunicación con los asistentes y la otra para compartir documentación, como P&IDs.

También hay que considerar los protocolos y procedimientos de seguridad de la empresa. Si los

MIEMBROS DEL EQUIPO DE ESTUDIO HAZOP		
PROYECTO MENOR por ejemplo	PROYECTO MEDIO por ejemplo	PROYECTO GRANDE por ejemplo
Modificación Menor	Reemplazo Sección de Planta	Nueva Planta o reemplazo de más del 50% de la Planta
Líder. Personal Propio Independiente	Líder. Personal Propio Independiente	Líder. Personal Externo Independiente
Jefe de Proyecto	Jefe de Proyecto	Jefe de Proyecto
Secretario. Personal Propio	Secretario Personal Externo	Secretario Personal Externo
		Diseñador de Procesos
		Ingeniero de Diseño
Ingeniero de Proyecto/de Planta. Responsable de Oficina	Ingeniero de Proyecto/de Planta. Responsable de Oficina	Ingeniero de Proyecto Senior. Responsable de Oficina
Ingeniero de Procesos de Planta o Líder de Operaciones	Ingeniero de Procesos de Planta o Líder de Operaciones	Ingeniero de Procesos de Planta
Representante de Operaciones	Representante de Operaciones	Representante de Operaciones
	Representante de Mantenimiento	Representante de Mantenimiento
	Asesor Seguridad e Higiene	Asesor Seguridad e Higiene
	Asesor Medio Ambiente	Asesor Medio Ambiente
Otros según se requiera	Otros según se requiera	Otros según se requiera
Sector Electricidad	Sector Electricidad	Sector Electricidad
Sector Instrumentos	Sector Instrumentos	Sector Instrumentos
Sector Control Avanzado	Sector Control Avanzado	Sector Control Avanzado
Asesor Seguridad e Higiene		
Asesor Medio Ambiente		
Sector Mantenimiento		
		Proveedor de Equipos
		Contratista Obras
	Otras Especialidades	Otras Especialidades

Fuente: imagen realizada por el autor

enlaces se harán por internet abierto con comunicaciones encriptadas o por VPN de la empresa. Esta última opción requiere la habilitación a participantes externos de la empresa como pueden ser el facilitador y el secretario; los representantes de los propietarios de la tecnología; los representantes de la empresa de ingeniería y contrataciones; etc.

También es necesario tomar en consideración el respaldo de la información que se va generando en las sesiones, ya sea en discos duros externos a las notebooks; respaldo en la nube; o en repositorios propios de la empresa. Esta es una medida de prevención para el caso en que por casos de fuerza mayor el facilitador o el secretario, por ejemplo, no puedan continuar con su tarea y se requiera la participación de un tercero en su reemplazo.

Nombre de la Empresa				Estudio HAZOP							
Proyecto:				Planta:			Fecha:				
Subsistema				P&ID:			ID Estudio No.:				
Nodo No.:				Descripción del Nodo:			Revisión:				
Intención del Nodo:				Intención del parámetro:							
Parámetro:				Nivel de Riesgo Inicial			Salvaguardas	Recomendaciones	Acciones	Responsable	Fecha Req.
Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	C	P	NR					

Fuente: imagen realizada por el autor

### Desarrollo de sesiones remotas

Dependiendo del formato, longitud y frecuencia de las sesiones, su estructura puede ser totalmente diferente. Distintos especialistas recomiendan que las sesiones no ocupen más de cuatro o cinco horas diarias, cuatro días a la semana, con cortes de 30 minutos cada dos horas de sesión para descanso. Estas son algunas prácticas recomendadas generales que ayudarán a mantenerse enfocados a los asistentes y sacar el máximo provecho de las sesiones. Asimismo, implementar las siguientes prácticas:

- » Presentar a todos y presentar la agenda de la PHA. Es necesario asegurarse de que todos los asistentes se presenten, indicando nombre, puesto de trabajo y empresa a la que pertenecen, para entender su participación en el trabajo. También, revisar la agenda para cumplir el objetivo en el tiempo acordado. Es conveniente que cada uno de los participantes se registre en forma individual ya que así se tiene un control de asistencia. En caso que algunos participantes compartan una sala, es conveniente que cada uno se registre en forma individual y que, si el seguimiento de las sesiones es compartido a través de cámaras de video, haya una cámara que enfoque a los participantes, a fin de reducir la posibilidad de conversaciones entre individuos del grupo de estudio y la otra cámara a las planillas de trabajo.
- » Responsabilidades de los asistentes. Cada asistente tendrá un rol, como en las sesiones tradicionales: facilitador, participantes y secretario, esto ayuda a involucrar a todos en el análisis.
- » Establecer expectativas claras. Las sesiones no deben terminar sin comprobar que el objetivo del día se ha cumplido, es decir, una revisión de las planillas de trabajo y los resultados obtenidos. Todos los participantes deben conocer los objetivos del estudio y las reglas de funcionamiento del HAZOP.
- » Sesión previa de ajuste. Se recomienda que se lleve a cabo una reunión previa de preparación y ajuste de las comunicaciones, accesos a redes, pruebas de audio, uso de auriculares (recomendado), pruebas de micrófonos (para evitar acoplamiento), recepción de la documentación, etc.

*En la preparación de las sesiones se pueden mantener reuniones previas con los distintos especialistas, y así identificar causas y consecuencias más comunes y listarlas para facilitar y reducir los tiempos de trabajo del equipo completo.*

## Conclusiones

Queda claro que desarrollar estudios de análisis de riesgos como HAZOP y/o LOPA vía videoconferencia, con asistencia remota de cada uno de los participantes necesarios para lograr los resultados esperados, representa un gran desafío, no sólo desde el punto de vista humano, para lograr un involucramiento profundo de los participantes, sino también para la selección e implementación de las tecnologías de equipamiento, programación y comunicación que más se adecuen para la obtención de un resultado exitoso.

Resumiendo, para asegurar el éxito de las sesiones de trabajo a llevar a cabo con participación remota de los integrantes del grupo de estudio, se deben tener en cuenta los siguientes temas:

### Equipamiento:

- » PC de escritorio, notebooks y/o netbooks. Hardware con características técnicas compatibles con el software de estudio, el software de redes, el software de comunicación y el de videoconferencia.
- » Equipamiento de comunicaciones y redes. Velocidad de carga y descarga de datos.

### Programas de aplicación:

- » Software PHA. Planillas de estudios HAZOP/LOPA.
- » Software de comunicaciones y redes
- » Software de videoconferencia
- » Diseño apropiado de la presentación en pantalla de las planillas de trabajo y de los diagramas P&ID.

### Documentación técnica.

- » Previo al inicio de las sesiones, se debe asegurar la disponibilidad de la documentación técnica actualizada requerida por el estudio que se quiere realizar. Esta documentación, una vez acordados y aprobados el alcance del estudio, los nodos, y variables, se debe distribuir con anticipación a los integrantes

del grupo de trabajo a fin de que, al inicio de las sesiones, puedan seguir en formato digital o papel, el avance del estudio. ❖

*Para aprovechar los sistemas de videoconferencia de manera tal que creen valor empresarial real es importante que las organizaciones adopten un hardware robusto, capaciten a los usuarios en las soluciones de software elegidas e implementen una conectividad sólida.*

### Referencias

- [1] PT Notes Managing Process Safety during the Pandemic. Copyright © 2020, Primatech Inc.
- [2] Video Conferences. State of Video Conferencing 2019 OWLLabs. Owl Labs Address Somerville, MA
- [3] Sistema de Gestión de Riesgos ISO 31000. Edition 2 2018-02. Risk management — Guidelines. International Organization for Standardization (ISO). Central Secretariat. Geneva Switzerland
- [4] IEC 61882 Edition 2.0 2016-03 Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide. ISBN 978-2-8322-3208-8 International Electrotechnical Commission. Geneva. Switzerland
- [5] IEC 61511-1 Edition 2.0 2016-02. Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector - Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements. ISBN 978-2-8322-3159-3. International Electrotechnical Commission. Geneva. Switzerland
- [6] Layer of Protection Analysis (LOPA): Simplified Process Risk Assessment CCPS (Center for Chemical Process Safety) ISBN: 978-0-816-90811-0 October 2001. American Institute of Chemical Engineers. Nueva York

# Importancia de las antenas en la medición de nivel de tanques con tecnología de radar (sin contacto)

Norma Toneguzzo  
Petrogreen  
ntoneguzzo@yahoo.com.ar

## Acerca de la autora

Norma G. Toneguzzo es ingeniera química egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Cuenta con más de 25 años de experiencia en Petrogreen S.A., en el área de instrumentación.



La antena es un parámetro importante en cualquier sistema de radar y, por supuesto, en la medición de nivel de líquidos con tecnología de radar.

Un buen diseño de antena influye fuertemente en el balance de potencia y en el desempeño del sistema en modo positivo. La antena actúa como un transformador de impedancia entre el radar y el espacio libre.

La ganancia de una antena se define como "La relación de la intensidad de radiación, en una dada dirección, a la intensidad que debería obtenerse si la energía aceptada por la antena fuese isotrópicamente radiada".

En adelante, veremos la influencia de distintos parámetros, como frecuencia de microonda y tamaño y tipo de antena, en la ganancia y por lo tanto en la potencia de la señal del radar.

## Potencia de la señal del radar

### Relación entre la ganancia, el tamaño de antena y la frecuencia

La generación de señal está basada en la frecuencia y el tamaño de la antena, en un principio.

La ganancia se calcula como sigue:

$$Ganancia = \eta (\pi D/\lambda)^2 \quad (1)$$

en donde "D" es el tamaño de la antena (el diámetro), " $\lambda$ " es la longitud de onda y " $\eta$ ", la eficiencia.

Si el diámetro de la antena y eficiencia son constantes, la ecuación se simplifica a

$$Ganancia = (1/\lambda)^2 \quad [2]$$

entonces, un medidor de 26 GHz de frecuencia con longitud de onda de 1,2 cm tendrá una

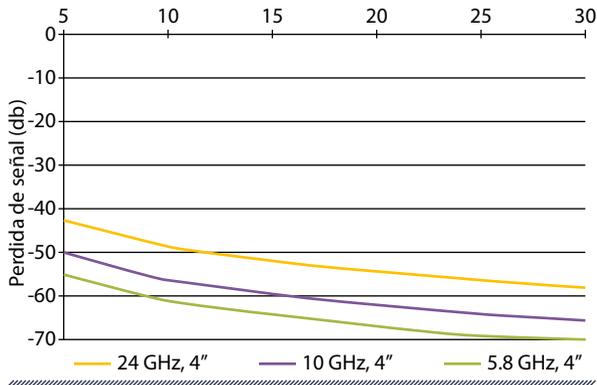


Figura 1. Diagrama de la señal recibida con el aumento de la distancia al fluido, a diferentes frecuencias, manteniendo la misma antena y la misma constante dieléctrica del fluido (DK)

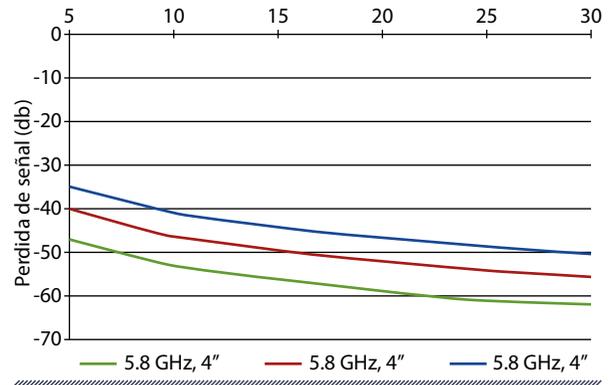


Figura 3. Señal recibida con aumento de distancia al fluido, para diferentes tamaños de antena a la misma frecuencia de microonda

ganancia seis veces mayor que un medidor de 10 GHz con longitud de onda de 3 cm.

En la figura 1 se puede apreciar la señal recibida con el aumento de la distancia al fluido, a diferentes frecuencias, manteniendo la misma antena y la misma constante dieléctrica del fluido (DK).

El ancho del haz de señal del radar es inversamente proporcional a la frecuencia del dispositivo. Así, un radar de mayor frecuencia tendrá un haz más pequeño que un dispositivo de baja frecuencia. Con la misma antena a 10 m de distancia del fluido, una antena con frecuencia de 26 GHz tiene un ancho del haz de 1,5 m, y para una frecuencia de 6 GHz, el ancho del haz es de 7 m (ver figura 2).

*Un buen diseño de antena influye fuertemente en el balance de potencia y en el desempeño del sistema en modo positivo.*

Con el aumento del diámetro de la antena para la misma frecuencia, disminuye el ancho del haz generado por el radar. En la figura 3 se puede ver la señal recibida con aumento de distancia al flui-

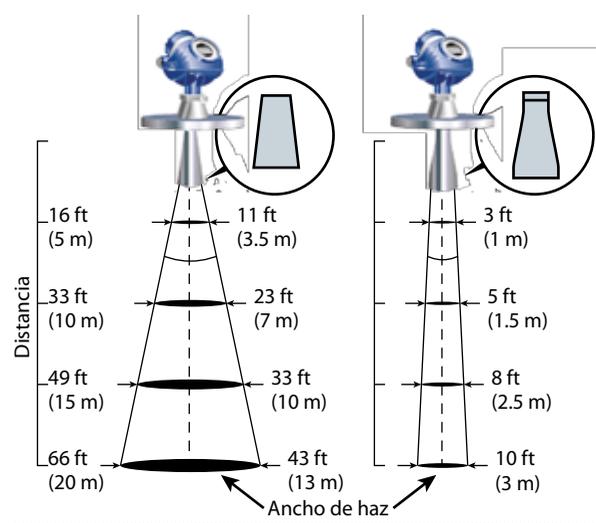


Figura 2. Comparación entre el ángulo y el ancho de haz en transmisores Rousemount 5401 (6 GHz) y 5402 (26 GHz) con antenas del mismo tipo y tamaño

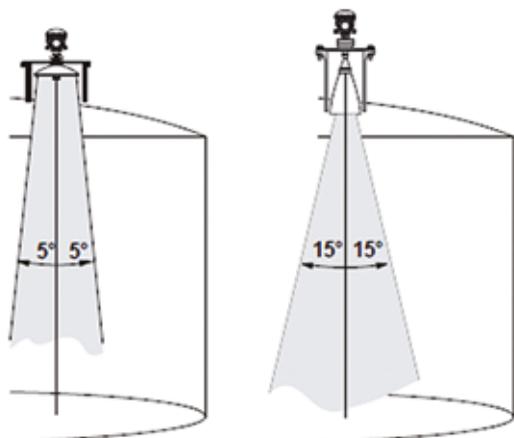


Figura 4. Esquema con antena de diámetro mayor, con un haz menor de 5°, y otra antena de diámetro menor, con un haz mayor de 15°

do, para diferentes tamaños de antena a la misma frecuencia de microonda.

Para cualquier radar, la cantidad de señal reflejada está relacionada con la constante dieléctrica del fluido que se va a medir (DK nos da una medida del poder de reflexión del fluido). Dececerá para bajas constantes dieléctricas (DK) y mayores distancias a la superficie del líquido.

Con un radar sin contacto, el tamaño de la antena necesita aumentar para permitir ambos: fuerza de señal más grande y mejor recepción de la señal reflejada. Un dispositivo de alta frecuencia permite que ocurra esta optimización mientras mantenemos el tamaño de la antena lo más pequeño posible. Detrás de los fundamentos, la capacidad de procesamiento de la señal del dispositivo determinará los resultados totales con respecto a cómo una señal se transmite y recibe eficientemente y cómo se puede manejar la pérdida de potencia.

La frecuencia usada en los radares sin contacto pueden impactar en su rendimiento. Frecuencias más bajas reducen la sensibilidad al vapor, espuma y contaminación de la antena, mientras que las frecuencias más altas mantienen el haz del ra-

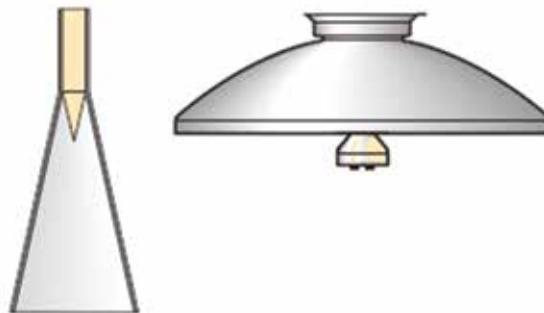


Figura 5. Diseño de antenas con goteo, sin superficies horizontales de acuerdo al API ch. 3.1B ed.1

dar más enfocado o estrecho de manera de minimizar la influencia de cuellos, paredes y objetos de disturbio.

A una cierta frecuencia, el ancho del haz es inversamente proporcional al tamaño de la antena.

*Un radar de mayor frecuencia tendrá un haz más pequeño que un dispositivo de baja frecuencia.*

### **Diseño de antena que permite el goteo (drip-off)**

Que una antena permita el goteo significa que las gotas de condensado no quedarán atrapadas en ella. Las antenas con superficie inclinada y pulida de teflón, en donde se emiten las microondas, serán menos susceptibles al agua o producto condensado. Las gotas de condensación no cubrirán la parte activa de la antena, y la señal



Figura 6. Diseño de antena sin superficies horizontales, de acuerdo a API ch. 3.1B, ed. 1

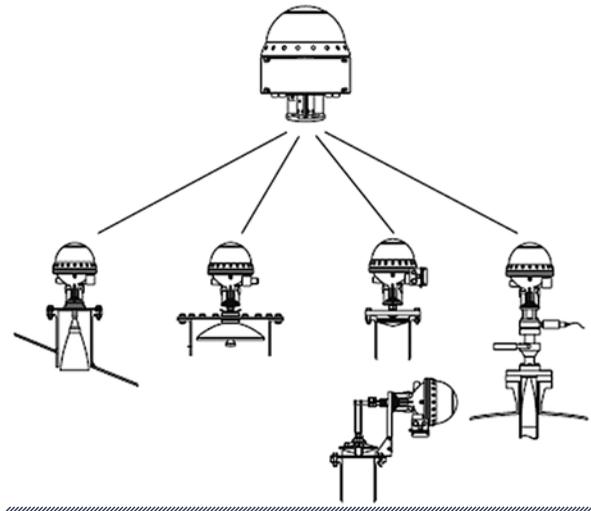


Figura 7. Diferentes tipos de antenas

del radar se debilitará menos. Esto resulta en una exactitud más alta y mayor confiabilidad.

Los diseños de antena se hacen de acuerdo a los requerimientos de diseños del API MPMS Ch 3, 1 B, del Instituto Estadounidense de Petróleo. En el párrafo B.2.4.3.3 dice: "Cuando se espera condensación, el diseño deberá permitir el escurrimiento del agua". No se admiten antenas planas.

### Diferentes tipos de antenas de medidor de nivel con tecnología de radar

Existen diferentes tipos de antenas de acuerdo al tipo de tanque, conexiones disponibles y aplicación.

Antena cónica, antena parabólica, antena array para instalación en caño guía (*still pipe*) y antenas cónicas para tanques presurizados/crionogénicos (LPG/LNG), todas ellas son las típicas antenas que se instalan en tanques de almacenaje de productos líquidos.

#### Antena cónica

La antena cónica se instala en tanques de techo fijo, con conexiones de 8", o más si se quieren exactitudes altas. Mide una gran variedad de productos de petróleo y químicos (excepto asfaltos o similares). Tiene posibilidad de inclinación ( $4^\circ$ ) para mantener alta exactitud en instalaciones cercanas a la pared del tanque.

#### Antena parabólica

La antena parabólica es ideal para instalaciones en tanques de techo fijo. Su diseño, da extrema tolerancia contra los productos pegajosos y condensador pesados tales como bitumen y asfalto. También resiste productos corrosivos con sulfúricos.

La antena parabólica tiene alta ganancia y una señal alta en relación al ruido. El diámetro de antena grande da un haz del radar más angosto, lo que implica que se puede acercar más a la pared del tanque. Se instala en una boca de hombre de 20".



Figura 8. Acceso en un caño guía

En ciertos casos, puede medir distancia a un techo flotante instalado en el tope del tanque.

### Antena para caño guía o *still pipe*

La antena para caño guía, o *still pipe*, es una antena de tamaño pequeño con diseño que permite el goteo de condensados, de superficie inclinada. Se instala sobre el caño guía existente o nuevo.

Las aplicaciones típicas son petróleo crudo almacenado en tanques con techo flotante y productos tipo gasolina con o sin techo interno flotante. Para conseguir mayor exactitud, requerida para la transferencia en custodia, se usan tecnologías que transmiten ondas del radar que viajan por el centro del caño. Esto permite eliminar la señal y degradación de exactitud, debido a depósitos o herrumbre que puede haber en el interior del caño. Se pueden instalar en caños de 5, 6, 8, 10 y 12".

Existen versiones fijas y rebatibles. Estas últimas permiten el muestreo y la medición con cinta y pilón en la misma boca.

### Antena para LPG/LNG

La antena para LPG/LNG están diseñadas para medir en tanques presurizados o criogénicos (gases licuados). La señal del radar se transmite dentro de un caño guía (*still pipe*) que habilita al me-

didor a tener un eco suficientemente fuerte aun en superficies en condiciones de ebullición.

El sello de presión está equipado con una función de doble bloqueo, que consiste en una ventana de cuarzo/cerámico y una válvula esférica a prueba de fuego. Un sensor de presión en el cabezal permite la corrección por volumen debido al vapor.

*Siempre hay una antena adecuada para un tipo de tanque específico, conexiones existentes y aplicación.*

## Conclusiones

Siempre hay una antena adecuada para un tipo de tanque específico, conexiones existentes y aplicación con el fin de obtener el mejor rendimiento, mejor exactitud y confiabilidad para la medición de nivel en líquidos almacenados en tanques con tecnología de radar.

Los fabricantes de estos dispositivos tienen el conocimiento y la experiencia para recomendar y seleccionar la mejor electrónica y antena para cada aplicación. ■

iAPG

# A AOG

XIII ARGENTINA OIL&GAS

Exposición Internacional del Petróleo y del Gas

**20 – 23.3.2022**

La Rural Predio Ferial  
Buenos Aires, Argentina

[www.aogexpo.com.ar](http://www.aogexpo.com.ar)

Organiza:



INSTITUTO ARGENTINO  
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

Realiza:



messe frankfurt

**Horario: Domingo a Miércoles de 14 a 21 hs.**

Comercializa y Realiza: Messe Frankfurt Argentina - Tel: + 54 11 4514 1400 - e-mail: aog@argentina.messefrankfurt.com

# Tecnología de radares para medir nivel: algún día, ¿será importante?

Hace treinta años, cuando Petrogreen inició con la comercialización e implementación en el mercado argentino, la tecnología de radar era una alternativa novedosa. Con el paso del tiempo, fue ganando su espacio en las plantas que requerían instrumentar tanques de depósitos o de procesos. En este artículo, un repaso acerca de lo que es la tecnología de radar.

Antonio Brito  
[antonio.brito@kairossertec.com](mailto:antonio.brito@kairossertec.com)

Kairos Sartec  
[kairossertec.com](http://kairossertec.com)

Quienes conocemos el mundo de la instrumentación industrial, sabemos que algunas marcas controlan el mercado, y a la vez, que las infinitas variables económicas han dado espacio al desarrollo de otras marcas que hoy reclaman su lugar y se abren camino demostrando calidad, solidez y buenos precios. Nuevos proveedores están tomando terreno y los clientes ven con beneplácito que, a mayor competencia, mayor oportunidad de obtener mejores prestaciones a menor precio.

Con la convulsionada situación a nivel mundial, hay que destacar una marca que ha grabado en fuego sus productos y que puede mantener su prestigio y calidad evolucionando al paso que requiere la nueva tecnología.

*Los radares son parte de la familia de instrumentos aplicados en la industria pero no son un instrumento más.*

## Hablemos de precios

Algunos podrán discrepar respecto a esto de calidad versus precio pero hoy, como tantos paradigmas que han cambiado, ya no se compra "el producto" para que dure veinte años (en general, con precio alto). Se suma la volatilidad de las tecnologías, en donde algunos productos dejan de ser compatibles en pocos años.

Y no olvidemos la nueva variable comercial: antes, quienes gestionaban una compra para una determinada aplicación ponían en juego su capacidad, prestigio, experiencia, compromiso con su empresa (áreas de compras); hoy, quienes fortuitamente pasan por esas posiciones ya no miran en retrospectiva ni a futuro su desarrollo personal internamente, ya no sienten el compromiso de comprar "bien", solo cumplen su objetivo ("Comprar lo que me piden y cumplo con el objetivo al

menor precio”). Dado que los encargados de tomar estas decisiones no se ven a sí mismos en sus posiciones a largo plazo, no necesitan gestionar bien para mantener el puesto, hoy son constantes buscadores de trabajo que anhelan desesperados llegar a la cima lo antes posible.

¿Y qué tiene que ver el precio con lo que aquí estamos tratando? Mucho. Algunos determinados productos, por el impacto de sus costos en los gastos operativos, no pueden dejarse liberados a ser adquiridos por su valor comercial. Pensemos que no siempre lo caro es lo mejor, pero sí es importante saber que si se requiere seguridad, los precios son el punto menos importante para considerar.

Para determinadas prestaciones, determinados equipos son cruciales. Hoy, cuando la seguridad operativa se enarbola como prioridad dentro de las responsabilidades para con los empleados, todavía no se aprovecha la totalidad de las prestaciones de los equipos cruciales.

Cuando decimos “los equipos”, “el producto”, hablamos de medidores de nivel para tanques de todo tipo. Hablamos de tecnología radar, que determinadas marcas comercializan en forma individual para algunas prestaciones básicas y otras, con periféricos que en forma conjunta proveen otras variables como ser temperatura y presión.

## Tecnología radar

Que hay variedad, hay variedad: contacto o no contacto, frecuencia modulada o pulsar, para líquidos o para sólidos, analógicos o digitales, baratos o caros. Hay para todos los gustos.

Pero planteo una pregunta sencilla: ¿hay en el mercado (oferta o demanda) gente capacitada para elegir qué modelo, clase, tipo, calidad, exactitud, aplicación, protocolo, conexión? Respuesta simple: muy pocos. Pocos especialistas para algo que ya por sí mismo es una especialidad.



Radar con antena para caño guía

Los radares son parte de la familia de instrumentos aplicados en la industria pero no son un instrumento más.

Más allá de cada modelo y aplicación, hay otras variables que se deben considerar y solo la experiencia es la mejor consejera, ya que no todos los comerciales tienen el conocimiento. El cliente, como víctima final de un consejo malo, puede caer en una mala inversión y como consecuencia jamás podrá tener la prestación adecuada de ese instrumento particular.

Quienes hoy comercializan tecnología de telemedición por radar en Argentina no son muchos. Todos los productos son importados, no se conoce a la fecha productos nacionales. Sus orígenes son variados, pero para decir verdad, las electrónicas internas son la mayoría orientales, de las buenas y de las no tanto. Algo hay que destacar: todos los radares disponibles cumplen con todas las especificaciones del rubro, calidad homologada a nivel internacional.



Medición manual con cinta y pilón

Hay familias de productos para aplicaciones específicas, y nos son productos que se hayan difundido masivamente, he ahí el porqué de su desconocimiento general.

Un instrumento de estas características, aplicado y acompañado de una "lógica", puede brindar cierta capacidad operativa interesante a la hora de resolver cuestiones de control.

*Que hay variedad, hay variedad: contacto o no contacto, frecuencia modulada o pulsar, para líquidos o para sólidos, analógicos o digitales, baratos o caros. Hay para todos los gustos.*

### ¿Cómo enterarse de algo que no está muy difundido?

Desde el punto de vista del área de compras, a la hora de encontrar un producto diseñado para un área determinada, ¿qué hacer?, ¿dónde buscar?, ¿Qué buscar? Hoy se googlea, se buscan distribuidores o, en el mejor caso, se hace una búsqueda global de productos. Ya ahí arrancamos con erro-

res: los que somos buscadores tenemos en claro que primero aparecerán las marcas que "influyen" en el buscador y después, muy atrás, las "otras". También existe la posibilidad de consultar a las empresas con las que ya estamos en contacto.

Una vez que tenemos varias alternativas, nos contactamos y consultamos por la variedad de ofertas. Por supuesto, si seguimos "la lógica", elaboramos una hoja de datos, pero ¿en base a qué se generó esa hoja?

Pongamos el siguiente caso: buscamos medir nivel, una variable particular. Tenemos tanques y queremos saber cuánto líquido o sólido tenemos adentro. También queremos saber si es gaseoso o híbrido.

Para la búsqueda, alguien nos dio las especificaciones, o una idea sobre qué buscar, y ya tenemos varias empresas a las que podemos consultar: Emerson (Emerson y Rosemount), Honeywell (Enraf) Endress + Hauser, Meditecna (Vega, Krohne), Siemens, Yokogawa, IPAC (Magnetrol), entre otras menos conocidas.

Quien nos solicitó el producto determinado, quizá con especificaciones muy acotadas, ¿consideró algo particular?, ¿con qué criterio, conocimiento o experiencia está haciendo el pedido? En muchos casos, ya conocer la marca implica elegir un producto o, por supuesto, conocer un proveedor ágil y hábil. Pero hay que enfocarse objetivamente a elegir, y esto requiere un proceso. A esta altura, considero el área de compras no debería tomar decisiones tan específicas.

### Radar para medir nivel

Para medir nivel, hay varias tecnologías que se usan desde hace mucho tiempo, muchas versiones de instrumentos mecánicos, eléctricos, electrónicos y más. Trataré de dar una orientación acerca de lo último en tecnología. Existe la telemedición por onda guiada, que funciona muy

bien, pero en algunos casos tiene una falencia importante: depende mucho del producto que se mide y de la aplicación.

La otra tecnología es sin contacto. Una señal emitida por el equipo, rebota en el producto y cuando retorna, mediante cálculos y otras cosas, se puede saber la distancia del equipo al producto. Entonces, así logramos dar con la altura del producto dentro del tanque.

Pero nada más lejos de lo que estamos buscando. ¿De qué estoy hablando? ¿Cómo es que no se trata solo de saber el nivel de un producto dentro de un tanque? Es innegable que esta variable se puede ver en una pantalla en el equipo o en algún periférico que cumpla esa función.

Depende de lo que cada cliente considere a la hora de adquirir este tipo de producto. ¿Sabían que hay varios protocolos de comunicación?, ¿sabían que tener la temperatura del producto medido es muy importante como dato? ¿Por qué no saber también la presión dentro del tanque en caso de ser gaseoso o híbrido, o la temperatura en el caso de los sólidos?

Hago esta observación porque hay muchos productos, algunos incluso traen su propio software, y muchas veces estas herramientas son costosas, complejas, y ni hablar a nivel mantenimiento.



Moderno radar instalado en boca de hombre, tanque de techo fijo

Esto puede asustar y particularmente me puede perjudicar, estoy yendo en contra de mis intereses: un radar de telemedición solo mide nivel. Depende del usuario saber cómo usar una simple variable y sacar el mayor provecho de un instrumento.

Considero que hace falta que todos aquellos que los quieran utilizar se informen, aprendan y saquen de los radares lo mejor y la mayor prestación: son fieles, sólidos, confiables, útiles. Hoy existen en el país una cantidad muy importante de radares, doy fe de equipos instalados que pronto cumplirán más de 25 años de trabajo ininterrumpidos, entregando una variable de nivel. Seguramente cuando fueron instalados alguien habrá dicho "Pero qué caros que son".

Sé de un hecho que considero que cambiará el uso de los radares en todos los tipos de industrias que tengan que medir algo que esté dentro de un tanque. Existen en nuestro país equipos que están avalados por la Agencia Nacional de Seguridad Vial y verificados por el INTI, sin embargo los radares que trato difundir en esta nota no son el caso.

Hay ciento de radares instalados, pero todavía no están homologados, según el conocimiento de quien escribe. Instrumentos que cumplen una importante función todavía no están considerados como prestación válida por ningún ente estatal. Es raro, se mueven millones de litros diarios de cientos de productos en nuestro país que se podrían controlar fehacientemente, pero los equipos no están validados oficialmente.

Todavía un viejo instrumento llamado "cinta y piñón", sumado a unas libretas (certificadas), son los elementos utilizados para controlar. Ni hablar del error humano que se suma a algo tan antiguo. Cuando escucho hablar de Industria 4.0, BigData, la nube, datos a granel, recuerdo esto. ❖

# Robotización en las PyME

Una guía para la implementación de tecnología en el entorno de las PYME

Jorge Javier Gleizer  
[jorgeginge@gmail.com](mailto:jorgeginge@gmail.com)

## Acerca del autor

Jorge Javier Gleizer es ingeniero mecánico recibido con Diploma de Honor y cuenta con un posgrado en Gestión de Logística Integrada, de parte de la Universidad de Georgetown, en Estados Unidos. Actualmente, se desempeña como consultor independiente.

## Para agendar



Para más información sobre robotización en las PyME, el autor dictará un curso en AADECA los próximos 1, 8, 15, 22, 29 de junio y 6, 13 y 20 de julio de 2022.

<https://aadeca.org/index.php/producto/robotica-en-la-industria-4-0/>

## La complejidad no es tecnológica, sino cultural

Más de una vez nos ha tocado visitar plantas industriales pertenecientes a PyME y observar con tristeza que, en algún rincón olvidado, cubiertos de polvo y rodeados de otros ítems cuestionables por cualquier especialista en 5S, aparecen uno o más robots fuera de servicio, inmóviles, utilizados como percheros. En algunos casos hasta se evidencia su falta de uso, producto de no haber superado la etapa de puesta en marcha inicial.

El entusiasmo del empresario PyME dispuesto a invertir en tecnología, tal vez impulsado por la visita a una exposición, o por la experiencia compartida de un colega amigo, se convierte en un camino de dificultades que no llega a buen término. Estas historias se escuchan recurrentemente.

*En el caso de una PyME deberíamos preguntarnos: ¿es una cuestión de recursos?, ¿es un tema de conocimiento?, ¿por dónde se empieza a encarar un proyecto de robotización?*

Pero, ¿cuáles son las razones que transforman una iniciativa genuina de innovación tecnológica, como la robotización de procesos, en una frustración, tanto para los impulsores del proyecto como para la organización?

Podríamos argumentar que las grandes empresas, además de poseer mayores recursos económicos, tienen una mejor infraestructura de soporte. Son capaces de construir una curva de aprendizaje en temas de robótica industrial a nivel local, creando su saber-cómo propio, pero además tienen acceso a consultar con sus casas matrices cuando la complejidad de un problema los excede.

En el caso de una PyME deberíamos preguntarnos: ¿es una cuestión de recursos?, ¿es un tema de conocimiento?, ¿por dónde se empieza a encarar un proyecto de robotización?

La complejidad inherente a la introducción de robots no es tecnológica, sino cultural. Robotizar un proceso implica, en la mayoría de los casos, reformular la operación y "hacer de manera diferente" las cosas, pero para "hacer diferente" necesitamos "pensar diferente".

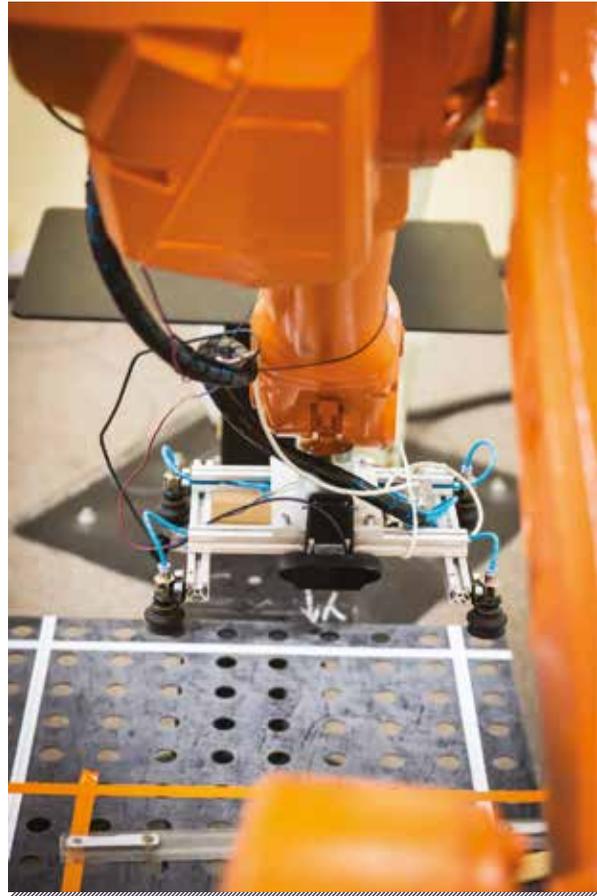
Cambiar los modelos mentales nos obliga a interpelar nuestros valores culturales, que muchas veces quedan ocultos en nuestro subconsciente. Nos exige a salir de nuestras zonas de confort. Nos obliga a crecer en madurez y cambiar nuestra perspectiva como organización. Y es aquí donde radica la verdadera complejidad.

*Robotizar un proceso implica, en la mayoría de los casos, reformular la operación y "hacer de manera diferente" las cosas, pero para "hacer diferente" necesitamos "pensar diferente".*

Podríamos vernos tentados a pensar que un robot es equivalente a cualquier otra máquina de control numérico como las que tenemos en la fábrica. En cierto sentido es así; en definitiva, un robot posee servomotores que controlan su movimiento de manera programada, pero en realidad un robot solamente es un elemento más dentro de un sistema productivo.

El robot en sí mismo es incapaz de funcionar de manera aislada, como podría operar un torno CNC. Requiere del diseño e implementación de un entorno operativo alineado con los requerimientos de dicho sistema.

Estos requerimientos exceden la infraestructura física de la celda robótica en sí misma. Exce-



den inclusive al área de operaciones, y pueden (correspondería decir "deben" en la mayoría de los casos) involucrar cambios en toda la organización, con impacto directo sobre la estrategia de operaciones de la compañía:

- » ¿Cómo es el sistema de planificación fabril?
- » ¿Cuáles son los requisitos de calidad de las piezas que ingresan en la celda?
- » En caso de que las piezas provengan de proveedores externos, ¿cómo son los contratos de suministro para evitar faltantes una vez que la celda entra en ritmo productivo?, ¿los proveedores son evaluados sistemáticamente en función de su rendimiento?

- » ¿La empresa cuenta con un departamento de ingeniería capaz de interactuar con el proveedor de robots y el integrador?
- » ¿Hay un rol definido dentro de la organización para llevar adelante la gestión de proyectos?
- » ¿El personal de mantenimiento tiene experiencia en la resolución de automatismos complejos?
- » ¿En qué contexto económico se plantea la introducción de los robots, como parte de un plan destinado a ampliar la capacidad productiva, o como un intento de reducción de costos frente a un escenario de achicamiento?

Estas son solamente algunas preguntas que muestran la naturaleza y complejidad de la decisión de inversión en robotización, y de cómo su abordaje determinará los resultados de éxito o fracaso del proyecto.

*El robot en sí mismo es incapaz de funcionar de manera aislada, como podría operar un torno CNC. Requiere del diseño e implementación de un entorno operativo alineado con los requerimientos de dicho sistema.*

## Una guía para la implementación exitosa

El curso “Robotización en PyME” intenta explicitar estas problemáticas, y aportar herramientas concretas para los siguientes objetivos:

- » Dar un panorama general de carácter introductorio a la robótica industrial
- » Hacer un diagnóstico de situación en cuanto a la madurez organizacional frente a la innovación tecnológica en las PyME
- » Identificar y ponderar las ventajas y dificultades de la robotización en la cultura PyME
- » Brindar una metodología para la implementación exitosa de proyectos de innovación tecnológica, en particular, la robotización de procesos

Sin lugar a dudas, representará un aporte de valor para las personas interesadas en avanzar en el campo de la robótica industrial en sus organizaciones.



# Sobre internet de las cosas

Guillermo Andrés Musso Rodríguez

<http://linkedin.com/in/guillermo-andrés-musso-rodríguez-42216423>

## Acerca del autor

Guillermo Andrés Musso Rodríguez es ingeniero electrónico de la UBA, y se desempeña como arquitecto de tecnología y arquitectura de redes y servicios en Telecom, en donde trabaja desde 2010.

Además, es docente en la UBA desde 2007, a cargo de asignaturas de grado en las carreras de Ingeniería Electrónica y Electricista, además de dictar asignaturas en la carrera de Especialización en Automatización Industrial.

## Para agendar



aws FESTO Honeywell PHOENIX CONTACT SIEMENS TELECOM

Para más información sobre Internet de las cosas (IoT), el autor de este artículo junto con su colega Marcelo Javier Segura, dictarán en AADECA el curso "Introducción a IoT e IIoT" entre el 5 de octubre y el 9 de noviembre.

<https://aadeca.org/index.php/producto/introduccion-a-iiot-e-iiot-5-12-19-26-10-2-9-11/>

*Internet of Things* (IoT) o en español, "Internet de las cosas", es un concepto tecnológico que comenzó a impactar e impactará cultural-, técnica- y económicamente en nuestra sociedad con un efecto transformador.

Desde hace tiempo, existen soluciones de automatización y control. Ya en 1970 se comenzó a utilizar dispositivos para el monitoreo de la distribución eléctrica de centrales, usando líneas telefónicas. A partir de ahí se comenzaron a implementar distintas soluciones de telemetría, monitoreo, automatización y control (mayoritariamente implementadas en la industria manufacturera, la industria de producción de petróleo y la industria automotriz con SCADA) que evolucionaron a finales de los '90 con la llegada de *Machine to Machine* (M2M).

En el mundo actual, Internet de las cosas es un pilar fundamental para la cuarta revolución industrial que generará una gran transformación llamada "Industria 4.0".

Las áreas potenciales para el desarrollo de IoT (donde el ámbito gubernamental posee gran injerencia) son salud, transporte público, ciudades inteligentes (*smart cities*), educación, medioambiente, agricultura y ganadería, seguridad, defensa y/o uso militar, procesos industriales, generación, transporte y distribución de energía.

*Cada cosa es identificable de forma única a través de su sistema informático y electrónico integrado, y es capaz de interoperar dentro de la infraestructura de Internet existente.*



## Definiendo IoT...

En términos generales, IoT se puede considerar como una red conformada por los siguientes elementos:

- » Sensores, para generar información
- » Identificadores, para identificar la fuente de datos (por ejemplo, sensores, dispositivos)
- » Software, para coleccionar, analizar y procesar datos
- » Conectividad, para comunicarse y notificar

En su conjunto, IoT es el internet de las cosas, con una clara identificación de elementos físicos integrados con inteligencia de software, sensores y conectividad.

El IoT permite que cosas u objetos intercambien información con el fabricante, operador y/u otros dispositivos conectados que utilizan Internet. Posibilita que los objetos físicos sean detectados (para proporcionar información específica) y controlados de forma remota a través de Internet, creando así oportunidades para una integración más directa entre el mundo físico y los sistemas de cómputo, resultando en una mayor eficiencia, precisión y beneficio económico.

Cada cosa es identificable de forma única a través de su sistema informático y electrónico inte-

grado, y es capaz de interoperar dentro de la infraestructura de Internet existente.

El principio de IoT es conectar físicamente cualquier cosa (por ejemplo, sensores, dispositivos, máquinas, personas, animales, árboles, plantas) y cualquier proceso a través de Internet para permitir funcionalidades de seguimiento y/o control. Las conexiones no se limitan a la información de los sitios, son conexiones reales y físicas que permiten a los usuarios llegar a las cosas y tomar el control cuando sea necesario. Por lo tanto, conectar objetos entre sí no es un objetivo por sí mismo, pero sí lo es el hecho de que recolectando la información generada por las cosas, y mediante inteligencia, se puedan enriquecer productos y servicios.

En términos generales, cualquier persona o cualquier máquina puede realizar el monitoreo y control de los servicios de IoT. Imaginemos como caso un ejemplo cotidiano: una persona monitorea su propiedad a través de un dispositivo móvil que se integra al sistema de seguridad autoinstalado y configurado, desde donde también puede controlar las luces, encender el aire acondicionado, apagar el calentador, etc. Otro ejemplo es el de un proveedor de servicios para monitorear y controlar servicios para sus clientes en un centro de operaciones de red (NOC, por las siglas en inglés de *Network Operation Center*).

*La seguridad es una preocupación importante para evitar el acceso de personas no autorizadas, como también de dispositivos que tengan como objetivo atacar un servicio IoT.*

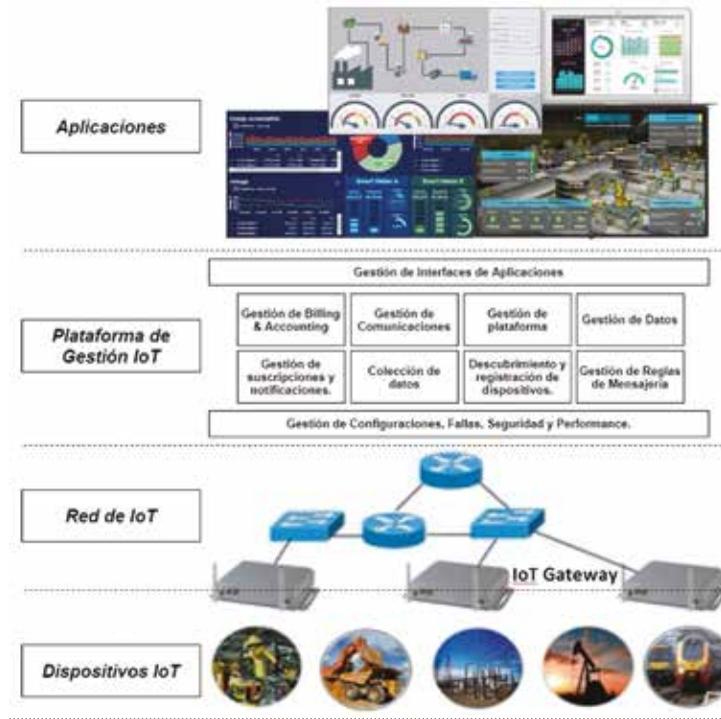
## Seguridad de dispositivos y de datos: un punto a tener en cuenta

Obviamente, la seguridad es una preocupación importante para evitar el acceso de personas no autorizadas, como también de dispositivos que tengan como objetivo atacar un servicio IoT. Se debe evitar accesos malintencionados a los sistemas y a las redes.

Las áreas de control son mucho más críticas para las aplicaciones sensibles a las compañías como, por ejemplo, el monitoreo de procesos industriales, pacientes médicos y aplicaciones bancarias.

Los datos generados por los dispositivos serán transportados por redes de IoT en todo momento, por ejemplo, desde sensores hasta el gateway y desde el gateway a los centros de cómputos de datos o también sensores. También existirá el caso del sentido contrario, desde el sistema de computación hacia los actuadores. Dado que en IoT se coleccionan datos producidos por los dispositivos, durante el transporte (seguridad de la red y del transporte) estos datos pueden ser interceptados por un dispositivo atacante que se interponga en el medio de la comunicación (comúnmente conocido como *man in the middle* —hombre en el medio—) a menos que los protocolos de transporte sean completamente seguros y estén cifrados.

*En toda solución IoT, se pueden identificar cuatro capas que sí o sí estarán presentes: dispositivos IoT, red IoT, plataforma de servicios de IoT y aplicaciones IoT.*



## IoT: un modelo de referencia

En toda solución IoT, se pueden identificar cuatro capas que sí o sí estarán presentes: dispositivos IoT (cosas), red IoT (infraestructura que transporta los datos), plataforma de servicios de IoT (software que conecta las cosas con las aplicaciones y proporciona administración general) y aplicaciones IoT (especializadas, basadas en negocios, y aplicaciones tales como gestión de relaciones con el cliente —CRM—, contabilidad y facturación y aplicaciones de *Business Intelligence* —BI, 'inteligencia en los negocios'—). El control se transmite desde un nivel al siguiente, comenzando en el nivel de aplicación (o en la generación de datos y su correspondiente procesamiento), y procediendo a los dispositivos de IoT para nivelar y respaldar la jerarquía. ■

# Cobots: tendencia en automatización con vacío

Ing. Horacio Villa  
Micro automatización  
[www.microautomacion.com](http://www.microautomacion.com)

El factor impulsor de los sistemas de automatización cada vez más modernos no son solo las nuevas posibilidades tecnológicas, sino los requerimientos de los clientes: exigen productos individualizados que deben estar disponibles en la cantidad deseada, en el lugar correcto y lo más rápido posible.

Las empresas se están adaptando cada vez más en red en sus fábricas, diseñando inteligentemente, orientándose hacia la eficiencia y organizándose de la manera más flexible posible dentro del marco de la Industria 4.0.

Cuando se trata de utilizar sistemas de vacío en automatización de procesos productivos, se observa una fuerte tendencia a la utilización de cobots, o robots colaborativos, en las líneas de producción y de logística. Esta tendencia en crecimiento se atribuye al alto retorno de la inversión y su bajo precio, en comparación con los robots clásicos.

*Cuando se trata de utilizar sistemas de vacío en automatización de procesos productivos, se observa una fuerte tendencia a la utilización de cobots.*

La diferencia de precios es considerable, dado que se vale de una programación que no requiere de conocimientos especializados, y la ayuda que implica a las personas son puntos importantes que hacen a este aspecto diferencial.

Otro punto importante es su flexibilidad, ya que no significa el uso del cobot una rigidez a una determinada línea de producción, por el contrario, su desplazamiento y reprogramación son ventajas asociadas a su utilización.

Los sistemas de agarre a medida del producto son el requisito para que los cobots puedan adaptarse con flexibilidad a casi cualquier tarea.

Para poder interactuar con su entorno y realizar las tareas que se les asignan, los robots ligeros, o cobots, cuentan con garras de manipulación que actúan de elemento interfaz con la pieza de trabajo que toman, y se convierten así en un elemento crucial para el sistema automatizado.

Dependiendo de su requerimiento, las variantes de pinzas o garras integradas a cobots pueden ser sistemas de planos aspirantes o sistemas de ventosas de diseño ligero. A continuación, un detalle de cada tipo.

### Sistemas de planos aspirantes

El sistema de planos aspirantes está integrado por un generador de vacío neumático de diseño liviano y capacidad de carga de hasta 35 kg, con módulos eyectores de alta eficiencia energética, lo que permite reducir los costos operativos de uso de aire comprimido para la generación de vacío. Suma también válvulas de control integradas para succión/purga (3), que permiten reducir los tiempos de ciclos; brida para el robot o cobot (4); sistema de monitoreo inteligente (5) y vento-

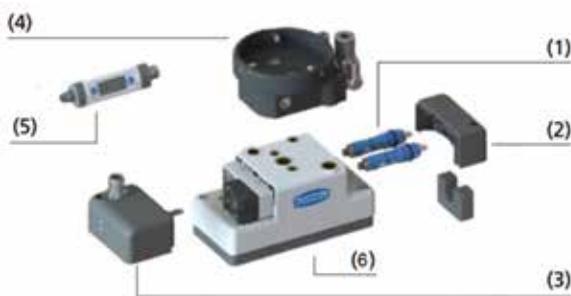


Figura 1. Sistema de agarre de planos aspirantes

1. Generador de vacío neumático | 2. Módulo eyector | 3. Válvula de control para succión/purga | 4. Brida | 5. Sistema de monitoreo | 6. Ventosas

sas, que se integran al sistema en su parte inferior (6) y pueden ser de distinto diseño o formato.

Este sistema es ideal para llevar a cabo tareas de manipulación con robots colaborativos totalmente automatizados, preferentemente para manipular piezas delicadas de la industria del vidrio o electrónica.

*Los sistemas de agarre a medida del producto son el requisito para que los cobots puedan adaptarse con flexibilidad a casi cualquier tarea.*

### Sistemas de ventosas de diseño ligero

Debido al proceso de fabricación aditiva, en el sistema de ventosas de diseño ligero, se alcanza un alto grado de flexibilidad, lo que permite adaptar y utilizar el cobot en una amplia gama de aplicaciones individuales de manipulación automatizada. Preferentemente, se utiliza en el ámbito del envase, logística, electrónica y, en general, en aplicaciones de *pick & place*.

Bien diseñados y montados, estos sistemas podrán mover, posicionar, procesar, clasificar, apilar y depositar una gran variedad de piezas y componentes en las líneas productivas o en los almacenes de logística.

### Sistemas completos

Un sistema completo generalmente está compuesto por un cobot, una brida, un generador de vacío eléctrico, una garra de vacío, el panel de operador y el software (ver figura 2).

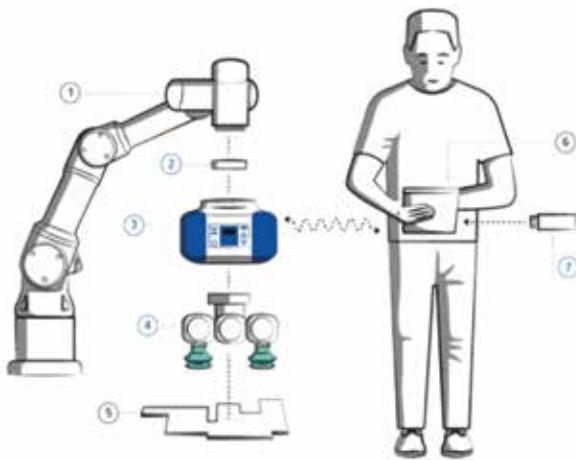


Figura 2. Sistema de ventosas de diseño ligero

1. Cobot | 2. Brida | 3. Generador de vacío eléctrico | 4. Garra de vacío | 5. Pieza de trabajo | 6. Panel de operación del cobot | 7. Software (aplicación)

Los generadores de vacío eléctricos son bombas de vacío inteligentes que hacen al sistema independiente del uso de aire comprimido como elemento generador. El vacío se genera electrónicamente a partir de una batería.

Poseen una interfaz NFC integrada para controlar y monitorear el proceso de manipulación. Esta tecnología "inteligente" permite transferir los datos desde un teléfono móvil y, debido a que el vacío se genera sin la utilización de aire comprimido y sin un tubo asociado, es liviano, fácil de transportar y flexible.

El sistema se encuentra integrado evitando, de esta forma, interferencias que pueden afectar el proceso. Son especialmente adecuados para la toma de piezas ligeramente porosas con una precisión muy alta y repetitiva.

Otros sistemas adaptados a cobots que utilizan tecnología de vacío son los denominados "plug & work", que consisten en un juego de manipulación listo para conectar con un generador de vacío eléctrico más pequeño que el anterior, brida adaptativa al cobot y ventosa in-

dividual. Este conjunto brinda la posibilidad de manipular piezas pequeñas de hasta tres kilos y posibilita la integración con máquinas automatizadas en espacios muy reducidos.

## Las tareas de los cobots

Dentro de las tareas relacionadas a los cobots, se destacan las de carga y descarga de máquina; dado que se pueden intercambiar sus sistemas de garras, se pueden utilizar en procesos que tengan diferentes piezas de trabajo.

Se pueden incorporar, opcionalmente, cámaras patrón en los cobots para la detección de superficies planas y rectangulares (*BoxPick*) o de superficies complejas y variables (*ItemPick*) utilizando dos módulos de software.

Como ejemplo de aplicación, en las pruebas de calidad o análisis de laboratorio, la incorporación de estas cámaras patrón en los cobots posibilita indicar si la pieza probada debe enviarse para su posterior procesamiento o un eventual rechazo.

Otra aplicación de los cobots son los almacenes de logística. Allí, la configuración y los procesos conectados suelen ser predecibles en gran medida, pero dado que la estructura de las mercaderías cambia constantemente, los pedidos con frecuencia no son idénticos.

Los cobots deberán lidiar con condiciones cambiantes en forma constante, adaptándose a la toma de muchos productos diferentes en cantidades exactas y aplicables a todo tipo de industria.❖

# ¿Qué es estrategia?

“Estrategia”, una palabra muy usada y, al mismo tiempo, con frecuencia abusada. En este artículo vamos a ver su definición, y algunos ejemplos de mi actividad profesional.

**Carlos Behrends**  
[carlos@behrends.com.ar](mailto:carlos@behrends.com.ar)



Tal vez un buen comienzo sea con ejemplos de qué no es estrategia. Por ejemplo, es posible que ya hayas escuchado alguna de estas frases:

- » Nuestra estrategia es ser líderes de mercado
- » Nuestra estrategia es crecer 10%
- » Nuestra estrategia es proveer el mejor servicio



## Sobre el autor

Carlos Behrends es ingeniero químico por la Universidad de Buenos Aires. Actúa como gerente general desde hace más de 30 años, con experiencia en Chile y Brasil. Es director corporativo de ventas para América del Sur de Endress+Hauser. Su LinkedIn es [www.linkedin.com/in/cbehrends/](http://www.linkedin.com/in/cbehrends/)

Estos son todos ejemplos meritorios de cosas que queremos ser, y pueden ser buenos mensajes de posicionamiento de una gestión. Pero en sí no constituyen una estrategia. Hay muchas definiciones de “estrategia”, la que a mí más me gusta es “ Conjunto coherente de acciones que resuelven un desafío”. Esta definición sigue un clásico que recomiendo: *Good strategy, Bad strategy*, de Richard Rumelt. ¡Lectura obligatoria si te interesa el tema de estrategia! Uno de los elementos claves en la definición de una estrategia son, no solo las acciones que tomaremos, sino también una determinación firme sobre qué acciones dejaremos de hacer, ya que nos distraen de nuestro objetivo, con frecuencia, absorbiendo recursos.

Siguiendo nuestra definición, debemos elegir qué desafío queremos resolver, diagnosticar el

problema que implica este desafío, identificar en qué contexto y con qué recursos podemos resolverlo, y con eso definir un conjunto coherente de acciones. Este último es el punto más difícil: con el fin de satisfacer a todas las partes involucradas, organizaciones poco comprometidas con sus estrategias terminan definiendo una lista casi infinita de acciones, poco conectadas entre ellas, con baja sinergia, y que demandan recursos. Conclusión: la estrategia perdió fuerza.

Hace dos décadas, cuando llegué a Brasil a liderar la compañía en la que aún hoy trabajo, teníamos una organización pequeña con un mercado enorme. Entusiasmados por tener una organización propia en Brasil, nuestros colegas europeos venían en cantidad a visitarnos, para “ayudarnos” a atacar todas las oportunidades posibles, en todos los mercados. Visto a la distancia, dos décadas después, el resultado era esperable: sí, vendimos más. Y perdimos mucho dinero... Después de ese entusiasmo inicial, trabajamos durante tres días para definir nuestra estrategia. En un escenario de recursos limitados y mercados grandes, la tentación es hacer todo. Fue fácil definir mercados foco, fue difícil renunciar a varios mercados, incluso al mercado de gas y petróleo brasileño, que en esos años tenía inversiones de miles de millones de dólares. Tres meses después de haber implementado nuestra estrategia, tuvimos una prueba de fuego: un colega de Alemania quería que participemos de un proyecto en O&G (gas y petróleo). Decir que “no” demandó mucha disciplina, autoridad y convicción.

El resultado fue extraordinario: la velocidad de crecimiento no solo no se vio afectada en nada, sino que incluso aumentó aún más. Y pasamos a dar ganancias. Hoy, dos décadas después, somos líderes indiscutidos en los mercados elegidos, y con ello somos líderes en el mercado de instrumentación brasileño. Y tenemos recursos para seguir expandiendo nuestra actuación.

## ¿Todo es estratégico?

En el abuso de la palabra “estrategia”, es fácil ver pecados por exceso y por defecto. Empecemos con el pecado por exceso: no todo es estratégico, por más que en muchas reuniones se escuche un uso extremo de “Estratégico” como adjetivo de casi cualquier acción. Una decisión es estratégica cuando demanda la aplicación irreversible de recursos importantes, aplicados a las acciones de nuestro plan estratégico. Si los recursos no son importantes, o la aplicación de estos es reversible, la decisión no es estratégica. Eso no significa que no sea una decisión importante, pero no es estratégica. Por ejemplo, después de elegir una industria foco, dedicamos vendedores que durante años trabajaron en esa industria, primero construyendo nuestra presencia, después consolidándola, hasta ser líderes de ese mercado. Si bien podíamos revertir la elección de la industria, ya habíamos dedicado mucho tiempo y recursos, por lo que mejor elegíamos bien esas industrias. Errar esa elección habría llevado nuestro plan al fracaso.

*Una estrategia es un conjunto coherente de acciones que resuelven un desafío*



El otro extremo es pecar por defecto: ignorar los detalles. Las estrategias a “10.000 metros de altura” tienden a ignorar detalles, lo que es una pena, porque con frecuencia es en los detalles en que nuestro plan de acción coherente, nuestra estrategia, puede apoyarse. Y es en esos detalles que, a veces, aparecen las grietas entre las distintas acciones que deberían ser parte de nuestro plan coherente.

### ¿Las estrategias son para siempre?

¡Claro que no! Pero vamos con calma, esto puede depender de muchos elementos, y el principal es en qué industria trabajás. Y no van a faltar consultores diciéndote que, con la digitalización, tu estrategia ya no sirve, aun cuando no se tomaron el tiempo ni de conocerla.

En mi caso, es importante considerar dos influencias: los desafíos que como compañía enfrentamos en forma global, y los desafíos únicos que enfrentamos en nuestro mercado local. Así, nuestro plan de acción coherente resulta de la intersección de desafíos globales y locales que queremos resolver. En Brasil implementamos dos estrategias hasta ahora: la de 2006 y la de 2015. Claro que las dos evolucionaron con continuos refinamientos y agregados, pero la esencia de la estrategia de 2006 persistió hasta 2014, cuando entendimos que nuestra estrategia se había agotado, y diseñamos la estrategia 2015, cuyo núcleo persiste hasta hoy, aun cuando en los últimos tres años tuvo una rejuvenecida relevante para ajustarla al negocio electrónico B2B.

Por supuesto, hablo de la estrategia que abarca los elementos más macro de nuestra actividad. Muchos otros planes de acción coherentes se desarrollan a partir de esta estrategia, para enfrentar desafíos que involucran apenas una parte de nuestra actividad.



*Una decisión estratégica demanda la aplicación irreversible de recursos importantes*

### Conclusión

La estrategia de una compañía es un tema muy importante como para ser tratado con superficialidad. Necesita de una discusión profunda, en la que se llegue a identificar con claridad el desafío que se quiere resolver, y un conjunto coherente de acciones que resuelvan ese desafío. Aun cuando puede no ser siempre el caso, si desarrollando una estrategia el resultado es una lista de acciones que tiene un poco de todo para atender a todos los *stakeholders*, lo más probable es que no hayas conseguido el conjunto de acciones coherentes, y que se dediquen recursos a temas que no llevarán a resolver el desafío planteado. ¡Será un buen momento para volver a empezar! ■

# Primeros pasos en la nube

Andrés Gorenberg  
Siemens  
andres.gorenberg@siemens.com

“Nube” es un término que se utiliza de diferentes formas y, a menudo, mantiene un significado abstracto que no se explica mucho. Normalmente, solo se logra una idea clara cuando se leen las ofertas de los proveedores de servicios en la nube y se prueban los servicios disponibles. Para nuestra sorpresa, estos primeros pasos son bastante simples. Las cuentas de prueba se crean online rápidamente y permanecen activas por un periodo de tiempo limitado o con una propuesta de funciones restringida. Esto brinda una idea de los posibles servicios que se pueden obtener por un importe determinado (ver figura 1).

*“Nube” es un término que se utiliza de diferentes formas y, a menudo, mantiene un significado abstracto que no se explica mucho.*

La cantidad de servicios crece rápidamente y es fácil perderles el rastro. Según la industria o su uso, a menudo al cliente solo le interesa realmente una parte de estos servicios.

En general, cada servicio individual tiene, a su vez, un modelo de cotización variable que depende de su configuración.

Si la tarea específica es mover datos de la red de automatización a la nube para analizar o visualizar los datos ahí, entonces, los servicios principales que se necesitan son los de la categoría IoT. El primer paso es crear un servicio de interfaz y configurar los puntos de acceso en esta interfaz que utilizarán los dispositivos de campo.

En la mayoría de los casos, se instancia el broker MQTT y se crean los dispositivos y usuarios que pueden publicar ahí. El broker se aloja en un centro de datos (seleccionable) del proveedor de la nube al que se accede con una URL personalizada. El costo de este servicio normalmente depende de la cantidad de mensajes que se pueden en-

viar (los dispositivos de campo) al broker en un periodo determinado. Por ejemplo: 5000 mensajes por día a una tarifa mensual de 4,99 euros (en Europa). De este modo, las terminales con capacidad MQTT pueden transmitir y buscar datos de este broker.

*La implementación de la aplicación real en la nube es solo el inicio. Luego, se pueden solicitar servicios que analicen, filtren o muestren los datos del broker.*

La implementación de la aplicación real en la nube es solo el inicio. Luego, se pueden solicitar servicios que analicen, filtren o muestren los datos del broker (y, por ende, de los dispositivos de campo). Por ejemplo, el servicio de análisis de datos puede evaluar los datos del broker y filtrarlos según valores específicos. A su vez, este resultado se puede enviar a una visualización ejecutada en un servidor web (alojado por el proveedor de servicios en la nube). Por lo tanto, el estado de la planta se puede poner a disposición del técnico de servicio en cualquier momento sin tener que establecer una infraestructura propia.

Sin embargo, también podemos ver que incluso en este caso de ejemplo se requiere la interacción compleja de, al menos, cinco servicios de un proveedor en la nube (broker MQTT, análisis de datos, visualización, almacenamiento y servidor web).

*Como la conexión de los dispositivos de automatización a un broker MQTT tiene un rol fundamental, la implementación de aplicaciones industriales en la nube requiere un conocimiento minucioso del protocolo MQTT.*

Como la conexión de los dispositivos de automatización a un broker MQTT tiene un rol fundamental, la implementación de aplicaciones industriales en la nube requiere un conocimiento minucioso del protocolo MQTT. ■■

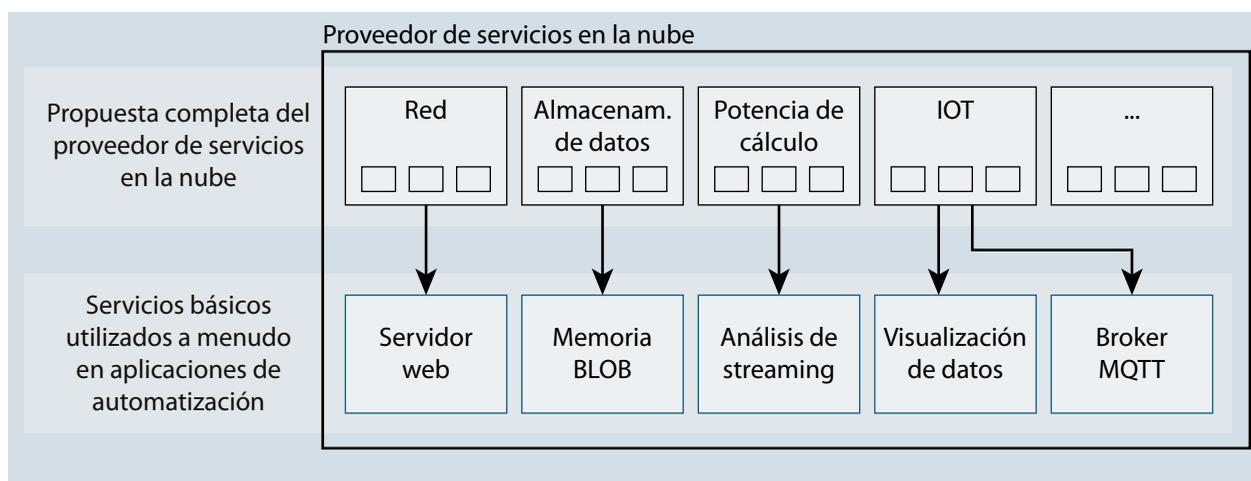


Figura 1. Servicios específicos de IIoT de proveedores de servicios en la nube

# El control automático en el siglo XXI

Por Luis Buresti  
*luis.buresti@gmail.com*

Inicialmente hay algunos comentarios generales, pero más adelante describo una serie de ejemplos que considero representativos incluyendo dos casos argentinos.

## Un poco de sarasa

Varias veces me ha ocurrido que en el medio de una reunión social o de un asado [1] que algún “amigo de la vida” me pregunte “¿A qué te dedicás exactamente?” Elaborar la respuesta siempre fue un problema, tratando de combinar palabras simples con algún detalle un poco más específico. Creo que la mayoría nunca entendió muy bien en qué consistía mi trabajo.

Obviamente, siempre hubo alguno un poco más informado que avanzó con alguna pregunta estilo: “¿Qué es exactamente control automático?”. Aquí, por supuesto, una pequeña dosis de sarasa [2] siempre venía bien. Pero como esta era una pregunta que de alguna manera podía prever, tenía respuestas más o menos estandarizadas que hacían mención al termostato que está en la pared o al flotante del depósito del inodoro.

Más de una vez, sentí que estaba parodiando alguno de esos libros de chistes y caricaturas que solía publicar la ISA. Pero bueno, creo que aunque sea de una forma aproximada y poco rigurosa conseguía transmitir el concepto.

Entiendo que si hoy en día volviese a insistir con ese tipo de respuesta, solo estaría transmitiendo un mensaje confuso y extremadamente limitado. Tal vez, una respuesta más aggiornada podría ser: “Control automático es el cohete Falcon aterrizando verticalmente en una plataforma que se mueve en el medio del Atlántico”.

## No somos nada

AADECA siempre orbitó alrededor de lo que podríamos llamar "Control Automático Industrial", en particular el control continuo, y hasta creo poder decir que se consideraba todo lo vinculado con la automatización discreta como un "arte menor".

Este enfoque "industrial-céntrico" tiene cierta lógica, ya que es bastante claro que el control automático, tal como lo conocemos hoy en día [3], nació para resolver problemas concretos de la era industrial. Sin ir muy lejos, pensemos en las famosas bolas de Watt.

Hace ya algún tiempo que me formulé a mí mismo la siguiente pregunta: ¿cuántos lazos de control hay operando en el mundo? Cuando hablo de "Lazo de control", lo hago en términos más o menos convencionales, o sea, un sistema en donde podamos identificar algún tipo de sensor, alguna unidad de cómputo y algún tipo de actuador.

*El área industrial ya no es el núcleo principal en la actividad total de control automático y este centro de interés se ha desplazado claramente hacia aplicaciones mucho más orientadas al consumidor.*

Esta definición, en principio, deja afuera todos los lazos embebidos en chips o plaquetas electrónicas. También excluyo a todos los lazos que se incorporan solo con propósitos de seguridad (por ejemplo, un presostato que protege una caldera).

De todas maneras, es fácil notar que esta definición es muy amplia porque incluye desde un controlador de presión en una cañería hasta el sistema de guía de un misil, pasando por cosas tales

como el posicionamiento de un brazo robótico o el termostato con el que opera mi heladera. Creo que es más o menos simple intuir que esta es una pregunta muy difícil de responder con un mínimo grado de precisión. De todas maneras, propongo analizar dos casos específicos.

Haciendo un simple conteo, se puede estimar que un automóvil de gama media tiene unos 26 lazos de control [4], y se calcula que en el mundo hay en circulación unos 1.400 millones de vehículos. ¡Solo aquí podríamos contabilizar 36.400 millones de lazos!

Si, por otro lado, analizamos lo que pasa en las refinerías de petróleo, instalación que habitualmente se cita como ejemplo clásico de la industria de procesos, encontramos que en este momento se estima que hay unas 700 operando en todo el mundo. Según diversas fuentes, la capacidad promedio instalada de refinación es de unas 6,5 MM ton crudo/año (aproximadamente, 20.500 m<sup>3</sup>/día) con un índice Nelson de complejidad estimado en 8.1. Una planta de este tipo tiene unos 10.000 lazos de control en promedio [5] y, por lo tanto, se pueden totalizar unos siete millones de lazos.

Creo que la simple comparación de estas dos cifras ya dice mucho, aunque alguno pueda criticar que "estoy comparando perros con gatos". Como dije anteriormente, extrapolar este cálculo a todo el universo de lazos de control parece casi imposible. Existen algunos informes de la consultora Gartner que intentan alguna aproximación, pero sin conclusiones convincentes. Por lo tanto, creo que no es posible ni siquiera estimar un valor del share de los lazos industriales en el total con un mínimo grado de precisión. De todas maneras, es casi seguro que no supera el 1 o 2% en cantidad, aunque en monto económico esta participación seguramente sea bastante mayor.

Dicho esto, mi conclusión preliminar es muy simple: el área industrial ya no es el núcleo principal en la actividad total de control automático y este centro de interés se ha desplazado claramen-

te hacia aplicaciones mucho más orientadas al consumidor.

Aquí surge una segunda observación: parecería ser que hay una especie de “democratización” en el ejercicio del control automático, con una gran cantidad de nuevos participantes, muchos de ellos con profesiones bastante alejadas de las ingenierías clásicas. Hasta me atrevería a decir que muchos de estos nuevos participantes están aplicando control automáticos sin saberlo.

## ¿Cómo hacen las cuentas?

Surge otra pregunta: ¿qué tipo de matemática se está utilizando? En primera instancia, parecería ser que nuestro “amado” PID ha perdido preponderancia, aunque se puede comprobar que aún es el algoritmo subyacente en muchísimas de las aplicaciones nuevas. Muchas veces he llegado a pensar que se están usando nuevas y vistosas denominaciones y terminologías solo por razones de marketing.

También creo que hay proliferación de algoritmos “estilo PID adaptativo” [6], algunos de los cuales funcionan con el agregado de matemática bastante sofisticada. Y, por supuesto, también se ha difundido enormemente lo que podríamos llamar “algoritmos de control por reglas” (que claramente tienen su origen histórico en los métodos de lógica difusa más redes neuronales), que parecen haber encontrado una gran cantidad de diversos caminos.

También tenemos que preguntarnos: ¿cómo se elaboran estos nuevos algoritmos? Aquí la respuesta podría inquietar a muchos. Un camino es, obviamente, “alguien los inventa”, pero el otro mecanismo de desarrollo que se está generalizando es el que se basa en procedimientos de *machine learning*. Esta “guerra” de criterios es bastante evidente en una aplicación muy de moda: los drones, sean estos aéreos, terrestres, marinos o espaciales. De todas maneras, se advierte que

algunos están utilizando estructuras de control hipercomplejas, la mayoría de las veces ocultas tras descripciones o narrativas bastante “esotéricas”.

A este respecto, voy a decir una obviedad: no hay que olvidar que un “controlador” es algo que intenta mantener una salida en un valor deseado, independientemente de las perturbaciones que puedan presentarse. ¿Por qué digo esto? Creo que la información que puede proporcionar un radar que está mapeando un blanco que se acerca a 3.000 km/h, o un LIDAR que intenta determinar qué obstáculos hay alrededor de un vehículo, debe estar a años luz en complejidad de una simple señal de 4-20 mA, pero aun así debo encontrar el procedimiento para simplificar la maraña de datos y elaborar una pequeña cantidad de señales que se envíe efectivamente a los elementos finales de control, que siempre son relativamente pocos.

Y *last but not least* [sic, “último pero no menos importante”] está lo que llamo “instrumentos virtuales”, aunque si usase lenguaje un poco más riguroso debería llamar “observadores”. Claramente, surgen de otra de las premisas básicas de esta actividad: “No se puede controlar, lo que no se puede medir”, y claro está que hay muchos casos en donde medir es muy difícil (o incluso imposible) ya sea por razones técnicas o económicas. Aquí también se advierten algunas soluciones bastante creativas, aunque considero que a largo plazo la gran proliferación de sensores de bajo costo, para toda variable que uno pueda imaginar, va a ir en desmedro de estas técnicas.

Creo que para ilustrar un poco mejor todas estas tendencias e ideas es conveniente pasar a algunos ejemplos concretos, y al hacer esto seguramente voy a dejar muchas cosas en el tintero.

## Elon Musk siempre cae parado

El primero de estos ejemplos es precisamente el ya mencionado aterrizaje vertical de la sección booster del cohete Falcon-9. Debo reconocer que no puedo ocultar mi admiración cada vez que veo alguno de los videos que muestran esa secuencia.

Me atrevo a ponerlo en primer lugar porque creo que los problemas que ha superado son inigualables. Para entender la complejidad, basta pensar en las velocidades, masas y geometrías involucradas, en las perturbaciones ambientales, en la estrechez de los márgenes de la zona de estabilidad (lo que se suele llamar "control envelope") y, sobre todo, en la dificultad para operar el principal elemento final de control. Y como "yapa", puede aterrizar en una barcaza autónoma con cierto grado de movimiento por acción del oleaje.

Cuando se hizo el lanzamiento del satélite SAOCOM-1B de INVAP/CONAE, se pudo observar muy bien cómo fue toda esta secuencia de aterrizaje.

En el video 1 se pueden apreciar algunos detalles interesantes de toda la operación de tres de los elementos finales de control [7]: el motor principal, los cohetes auxiliares y las aletas. En particular, en 1:30 se ve el patrón de flujo en las "aletas de control enrejadas".

En mi opinión, creo que se puede afirmar categóricamente que las habilidades desarrolladas por Space-X en materia de control automático son superlativas. Hace unos días, un amigo calificó como "Ascensor" al conjunto Falcon-9-Cápsula Dragón. Creo realmente que ni siquiera esta denominación es apropiada, porque aparentemente los astronautas no tocaron "ni un solo botón" entre el lanzamiento y su llegada a la ISS.

Por último, para que experimenten en carne propia las dificultades involucradas en el aterrizaje del *booster*, los invito a que traten de emular



Video 1. SAOCOM 1B | Launch and Landing  
<https://youtu.be/IXgLyCYuYA4>

toda esta maniobra con algún objeto que mantenga una relación de escala con el original. Si lo consiguen, creo que tienen un empleo asegurado en el Cirque du Soleil.

## Ningún ingeniero "como uno" trabaja por menos de 100 millones

Otro ejemplo interesante es el de los llamados "vehículos autónomos", aunque entiendo que la denominación en inglés es mucho más ilustrativa: "self-driving cars" ("vehículos que se manejan a sí mismos"). Bajo este concepto se engloban productos que todavía no están disponibles para el gran público y más aún, creo que no está para nada claro para cuándo lo van a estar. No obstante, ya hay disponibles varias soluciones que son una muy interesante "primera aproximación".

Un ejemplo representativo son los automóviles Tesla equipados con la función AutoPilot. Todavía no he tenido oportunidad de viajar en uno de esos vehículos, pero quienes lo han hecho me dicen que es una experiencia alucinante ver cómo se comporta uno de esos automóviles transitando a alta velocidad por una autopista.

Sí tuve la oportunidad de conducir algunos vehículos de versiones más o menos avanzadas de los sistemas que genéricamente se denominan "Drive Assist". Esta es una categoría algo



Video 2. "Terminator" Vs Range Rover | TerraMax | Top Gear | Series 19 | BBC  
<https://youtu.be/jV51BG1zkwU>

difusa y bajo ese paraguas caen cosas tales como control de carril de circulación, control de velocidad de cruce adaptativa, frenado de emergencia, alarmas por la presencia de objetos u otros vehículos en las "zonas ciegas" del conductor, etc. Con respecto a la combinación de las dos primeras funciones, debo mencionar que casi se comportan como un sistema de conducción autónoma cuando las condiciones son ideales; digamos, en una autopista bien demarcada, incluso si esta tiene muchas curvas. En esas condiciones el sistema Drive Assist permite conducir por decenas de kilómetros sin tocar el volante. Pero esa combinación de funciones no es un verdadero sistema *self-driving*, en la práctica hay que, como mínimo, "acariciar" el volante periódicamente porque, caso contrario, una muy molesta alarma le recuerda al conductor que debe "mantener las manos en el volante".

He tenido la oportunidad de hacer algunos ensayos en distintas condiciones ambientales (día, noche, lluvia y niebla) y con distintos grados de ocupación de la autopista, y debo reconocer que los resultados fueron increíblemente satisfactorios.

El video 2 no es nuevo y posiblemente esté "guiornado", pero creo que es un muy buen ejemplo de lo que ya existe, sobre todo considerando que el camión TerraMax que se muestra no es precisamente un Fiat 600.

Entiendo que este tipo de vehículos aún no está en circulación, pero ya se han usado extensivamente en zonas de operaciones militares.

Desde un punto de vista puramente de control, creo que hay muchísimos problemas que aún no fueron resueltos, algunos de ellos incluso de naturaleza ética (por ejemplo, el dilema del peatón y el puente [8]).

Para terminar, apporto una nota de color (de color verde): hace pocos meses se conoció que Google le pagó, en concepto de salario, más de 100 MM de dólares al gerente de proyecto de su división de vehículos autónomos por solo unos pocos años de trabajo.

## Nadia Comănesci "fue"

Quienes alguna vez pudimos ver las demostraciones del humanoide Asimo en el Miraikan de Tokyo (Museo Nacional de Ciencias Emergentes e Innovación), hemos quedado maravillados. Pero en realidad este "aparato" no hacía mucho más que patear una pelota (algo torpemente) y convertir un "gol regalado".

Hoy en día, a Asimo le costaría bastante competir con este otro "muchacho" que se muestra en el video 3.

Claramente, la empresa Boston Dynamics se ha posicionado muchos pasos adelante, y lo más alarmante es que en los videos que publican solo se ve lo que se les permite mostrar.

La gran limitación de Atlas es todavía la duración de sus pilas, pero creo que en estos momentos nos estamos acercando a un punto de quiebre en lo que respecta a las tecnologías de almacenamiento de energía. Hay que estar atento a las noticias...



Video 3. Boston Dynamics' Atlas Robot Can Do Parkour  
<https://youtu.be/hSjKoEva5bg>

## No pregunta cuántos son, sino que vayan saliendo

El siguiente no es un ejemplo “políticamente correcto”, pero ocultar la realidad es negligencia. Debo reconocer que originalmente me interesé en el sistema Phalanx-CIWS debido a un video “trucho” que circuló a inicios del año (ver video 4).

El video 4 es solo una animación, pero muestra el concepto con gran realismo.

En cambio, el video 5, si bien mucho menos elegante que el anterior, muestra una intervención real.

Esta arma antiaérea no solo tiene una mecánica muy sofisticada, sino que además cuenta con un sistema de control innovador basado en “estimaciones estadísticas del *set point*”. Es un arma que claramente redefine el concepto de “tirar al bulto” que muchas veces se escucha de boca de militares o policías. El video 6 de presentación semioficial del sistema muestra varios detalles. En 1:03 y 2:28 se puede apreciar la dimensión de las balas explosivas que dispara. Como curiosidad, cabe mencionar que en 6:35 se pueden ver algunos cuadros del video de simulación.

## El sistema asesino

Muchas veces, durante el transcurso de alguna charla sobre instrumentación, me divertía haciendo la siguiente pregunta: ¿Con qué nombre se conoce el manómetro que más muertos tiene en su haber? Respuesta: altímetro.

Una vez más, hoy en día debería reformular la pregunta. Y creo que si hablamos de ese tipo de protagonismo el MCAS (del inglés, “sistema de aumento de características de maniobra”) debe ser mencionado en primera instancia.

Es importante tener presente que cuando Boeing diseñó este sistema, simplemente trató de llevar a la aviación comercial un concepto que desde hacía años se empleaba en aviones militares: intercalar entre los mandos que opera el piloto y los actuadores de las superficies de control una unidad “transparente” que convirtiera en estable algo que era inherentemente inestable.

En este caso, el popular Boeing-737 se había convertido en inestable simplemente por tratar de estirar desmedidamente el diseño original. Con el objetivo de lograr versiones más eficientes del avión, se decidió instalar nuevos motores de mayor diámetro, pero estos no cabían fácilmente bajo las alas, por limitaciones infranqueables del tren de aterrizaje [9]. Fue entonces que los proyectistas decidieron instalar los motores “un poco más adelante y un poco más arriba”. Esto



Video 4. Simulation of the Phalanx-CIWS Anti-Aircraft Weapon  
[https://youtu.be/7zFB2J5\\_e5g](https://youtu.be/7zFB2J5_e5g)



Video 5. Phalanx CIWS shooting/defending at night  
<https://youtu.be/KsVUISS8oHs>

tuvo como consecuencia un desplazamiento del centro de gravedad que en ciertas condiciones de carga del avión lo tornaban inestable. Fue en tales circunstancias que nació el MCAS.

Lamentablemente, las validaciones de este sistema fueron un poco apresuradas y las consecuencias, catastróficas: cientos de muertos y Boeing casi al borde de la quiebra. Este es un ejemplo de todo lo que no debe ser un sistema de control, pero también muestra la preeminencia que se les asigna en muchas aplicaciones.

Con respecto al MCAS, creo que es importante hacer un comentario adicional. En el caso del accidente de avión de Lion Air, a partir de los registros del CVR y del FDR (“las cajas negras”) se pudo establecer que el piloto se dio cuenta claramente de que el MCAS estaba interfiriendo con el control de la aeronave y trató de desconectarlo en varias ocasiones, pero el MCAS se siguió reconectando automáticamente hasta que se produjo el accidente [10].

A mi criterio, esto muestra un cierto comportamiento perverso no solo del sistema en sí mismo sino sobre todo de las decisiones que tomaron los diseñadores. En definitiva, Kubrick se quedó corto con HAL-9000, el MCAS la superó ampliamente.

## A veces, lo barato no sale caro

Creo que AADECA, de alguna manera, fue precursora en el tema cuando hace ya muchos años organizó un congreso de la división Low Cost Automation del IFAC. Este es un asunto que ha evolucionado enormemente en los últimos años y que indudablemente en la IoT ha encontrado una gran aliada.

El ejemplo que ahora voy a mencionar no es estrictamente una solución de control automático, pero está muy asociado y está basado en una experiencia personal reciente.

Hace pocas semanas, me tocó analizar una aplicación de variadores de velocidad (drives) para motores tipo *brushless* (sin escobillas) con parámetros nominales de operación del orden de 100 V y 50 A.

Obviamente, mi primer intento fue consultar a quienes suministran equipamiento industrial. No voy a mencionar nombres, pero consulté a tres proveedores elegidos entre los “sospechosos de siempre”. Los precios cotizados oscilaron entre 2.000 y 4.000 dólares según las distintas opciones. Todos eran productos con gran cantidad de certificaciones y muy bien documentados.

*Control automático es el cohete Falcon aterrizando verticalmente en una plataforma que se mueve en el medio del Atlántico.*

También le solicité cotización a un proveedor de productos *board-level* que atiende al mercado OEM. En este caso, se trataba de una empresa finlandesa que parecía tener un muy buen nivel de ingeniería. Para la misma aplicación, ofrecieron productos cuyos precios oscilaban entre los 350 y 400 dólares.

Por último, contacté una empresa que atiende al “mercado amateur”. Precio en línea: 60 dólares.

Como se puede ver, “valores para todos los gustos”.

Obviamente, resolví hacer un ensayo de la placa de 60 dólares. Claramente era poco lo que se podía perder. Este es un producto fabricado en China, pero el diseñador es un joven ingeniero sueco.

Recibida la placa, una muy mala primera impresión: el “gabinete” era un film termocontraíble y todo el manual era una única página A4 con una foto que indicaba en forma críptica el detalle de cada conector. Incluía un QR para acceder al software de configuración.

Al ensayar la plaqueta, la sorpresa fue muy grata. Estaba ante un producto increíblemente sofisticado tanto desde un punto de vista de hardware como de software. Extremadamente versátil y evidentemente apoyado en matemática muy sólida. Y como yapa, prácticamente utilizaba el mismo chipset que los productos profesionales.

Tal vez, el mayor inconveniente fue decodificar la terminología usada para identificar los parámetros de configuración, absolutamente todos los “conceptos clásicos” estaban presentes pero denominados de otra manera. Solo para dar una idea voy a decir que es una unidad cuyo modo típico de operación es mediante control vectorial,



Video 6. Just How Powerful is USA 20mm Phalanx CIWS  
<https://youtu.be/dKrpEfNaQO8>

que incluye un simple procedimiento de autorreconocimiento de los parámetros eléctricos del motor y que permite implementar fácilmente lazos de control PID de velocidad, posición o torque (¡incluyendo procedimientos de *autotuning* y curvas de caracterización!).

El software, por su parte, permite definir manualmente cada parámetro con total libertad o correr rutinas estándares de configuración (*wizards*). Y, además, incluye una muy linda herramienta de monitoreo en tiempo real que hace que la puesta en marcha sea casi un juego.

Aunque pueda parecer chocante, creo que al menos en este caso en particular se puede decir que se trata de “calidad alemana a precios de La Salada” [11].

## Tiembla “la Merkel”: un caso criocho de Industria 4.0

Es más o menos evidente que, en los últimos tiempos, las buenas noticias no son muy abundantes. Y esto es cierto en todo el mundo y muy particularmente en nuestro país. Pero “escarbando” un poco, hace un par de semanas encontré en La Nación un interesante artículo que describía las actividades de la firma Opulens/Novar, de Pilar (provincia de Buenos Aires).

Yo no tuve oportunidad de hacer una investigación detallada sobre este tema, pero de ser cierto, estaríamos ante un muy interesante ejemplo vernáculo de la llamada “Industria 4.0”.

Esta gente habría logrado una notable integración del proceso de manufactura, desde la ingeniería básica de producto (con sólidos fundamentos científicos) hasta el producto final, aplicando en forma activa muchas de las *enabling technologies* (“tecnologías habilitadoras”) de la producción moderna.

De todas maneras, también debo decir que hay algunos detalles de esta empresa que me

generan dudas, uno de ellos es el edificio que ocupan. Es un caso interesante para ser investigado con mayor profundidad.

## También somos aguafiestas

Creo que es más o menos sabido que hasta hace algunos años (algo más de una década) se consideraba que la energía eólica era un recurso interesante pero cuya única ventaja era su bajo costo operativo. Había grandes discusiones acerca de cuál era el porcentaje máximo que se podía inyectar en las redes sin desestabilizarlas. Claramente, estas dudas estaban muy fundadas: se trataba de un recurso aleatorio casi por definición y, además, las máquinas eran difíciles de controlar.

*Creo que es bastante claro que en todo esto no hay ningún milagro. Lo que sí hay es un entendimiento espectacular de la dinámica de las cosas y una aplicación hiperingeniosa de las tecnologías disponibles.*

En ese contexto se había popularizado bastante la idea de que el principal destino de la energía eólica podía ser la producción de hidrógeno y luego este (ya en un rol de “vector de energía”) sería transportado hasta los centros de consumo. Inclusive en Argentina se exploró este concepto: la empresa Hychico montó una instalación de estas características en el Yacimiento Diadema, en Comodoro Rivadavia (Chubut). Pero bueno... Creo que sabemos bien cómo terminó todo esto: el control automático le arruinó la fiesta al hidrógeno.

Un muy buen ejemplo de esto también lo informa La Nación. El sábado 15 de septiembre pasado en horas de la tarde, el aporte total al SADI de las nuevas energías renovables [12] marcó un récord de más del 22%, con la energía eólica en primer lugar. En ese momento, el consumo nacional total estaba en el orden de los 13.000 MWe y las nuevas renovables aportaban unos 2.900. Si bien esta participación (22%) está lejos de los récords mundiales, creo que se puede decir que es gracias al control automático que se pueden alcanzar rutinariamente estos aportes tan elevados cuando hasta no hace mucho se los consideraba incompatibles con la estabilidad de las redes.

Para terminar, menciono dos aspectos de este récord:

- » Lo meritorio: este valor se da en un momento en que la carga total no era muy baja. Un Domingo por la mañana bien podría haber sido el doble.
- » Lo *taken for granted* (“dado por hecho”): la verdad es que el parque eólico argentino es bastante nuevo (¡gracias a los planes Renov. Ar!) y entiendo que de lejos predominan las máquinas *direct drive*, que son muy fáciles de controlar en un amplio rango de cargas.

En este sentido, es mucho más interesante lo que ha ocurrido varias veces en España (e incluso Dinamarca), en donde el aporte eólico superó el 50%, aunque en esos casos predominan las máquinas que utilizan la tecnología anterior con caja multiplicadora.

## Minicorolario

Como lo había anticipado al comenzar con los ejemplos, son muchas más las cosas que quedan pendientes que las que se pueden incluir.

La realidad es que no incluir cosas tales como los robots de cirugía, el Segway, las plataformas

petroleras con anclaje dinámico, los sistemas de enfoque adaptativo de los grandes telescopios, los drones que se reabastecen en vuelo y aterrizan en un portaaviones [13], las motos que “hacen equilibrio”, los supermercados de Amazon, las sondas espaciales que traen muestras a la Tierra o incluso (¡y muy lamentablemente!) de la “guerra sin soldados”, es brindar un panorama muy parcial de lo que es el control automático en los inicios del siglo XXI. Seguramente, cada uno de ustedes podrá proponer otros ejemplos.

Algunas veces, hablaba de “los milagros del control automático”. Creo que es bastante claro que en todo esto no hay ningún milagro. Lo que sí hay es un entendimiento espectacular de la dinámica de las cosas y una aplicación hiperingeniosa de las tecnologías disponibles.

Sigamos mirando la película. Lo mejor (¿o lo peor?) aún está por llegar.❖

### Notas y aclaraciones

- [1] Esta aclaración es especial para los jóvenes que han pasado la mayor parte de su vida en confinamiento. Por “asado con amigos de la vida” se entendía un tipo de ritual social bastante popular en la Argentina del pasado. Tenía una liturgia bastante definida y solía tener efectos muy convenientes para los participantes. En otros países existían ceremonias similares, entre las que se pueden mencionar la barbacoa de Estados Unidos o el churrasquinho de Brasil.
- [2] Término empleado en diversos círculos académicos y políticos para denominar un procedimiento avanzado mediante el cual se le puede explicar un concepto complejo a una audiencia no iniciada en el tema.
- [3] Es importante no olvidar que es casi seguro que las primeras soluciones de instrumentación y control nacieron en el antiguo Egipto. De esa civilización son los primeros medidores de nivel (el “nilómetro” de la Isla Elefantina) y los primeros caudalímetros que se usaban para que el faraón cobrara sus impuestos. El sistema de control de nivel por flotante fue desarrollado (muy probablemente en la era Ptolemaica) para que las clepsidras funcionen con precisión.
- [4] Se llega a este conteo aproximado de mínima para un vehículo con transmisión manual considerando: ECM c/ Crucero (x12), ABS (x4), ESP (x4), EPS (x2), A/C y otros (x4). Es importante tener presente que un

vehículo más sofisticado (con transmisión automática y drive assist) puede fácilmente duplicar o triplicar este conteo.

- [5] Los valores promedio de capacidad instalada e índice de complejidad fueron tomados de diversos artículos escritos por I. Billege, S. Howesm y otros autores. Lamentablemente, la correlación entre estas variables y la cantidad de lazos de control por refinería es bastante más incierta y, según las fuentes, puede variar entre 2.000 y 10.000. Como una estimación puramente personal, he utilizado un valor medio de 5.000 lazos/refinería, valor que de todas maneras creo que tiene algún grado de consenso. Normalmente, este conteo se hace en base a la cantidad de salidas de los DCS.

Como en la práctica, cada elemento final de control casi siempre incorpora como mínimo otro lazo de control (por ejemplo, un posicionador en el caso de válvulas neumática o un encoder en el caso de variadores de velocidad), me he permitido multiplicar ese número por 2.

De todas maneras, independientemente de cómo se realice esta estimación, la proporción de resultados es básicamente la misma.

- [6] Por “PID adaptativo” entiendo un controlador que opera con un algoritmo PID convencional, pero en el cual los valores de  $k_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  son modificados en función del *set point*, de la variable medida o de algún otro factor. Con respecto a esta modificación de parámetros, a su vez parecería ser que como mínimo hay dos criterios: a) hacerlo con algún tipo de “ecuación fija”, o b) correr rutinas de *auto-tuning* para cada valor de la variable controlada o de alguna variable auxiliar.
- [7] En forma diametral, en el extremo superior del *booster*, hay también varios cohetes auxiliares que entiendo que son los principales responsables para mantener el equilibrio.
- [8] Este problema ocurre, por ejemplo, cuando un vehículo se acerca por una ruta de doble mano a un puente tipo arco, con columnas a cada lado. Muchas veces esas rutas admiten velocidades algo elevadas (digamos 80 o 90 km/h) y muchas veces los pilares de esos puentes están muy cerca de la ruta (no más de un par de metros). En estas circunstancias, si el automóvil se acerca al puente circulando a la velocidad autorizada, e inesperadamente aparece un peatón en el medio de la ruta (justo por detrás del puente), es muy probable que los tiempos de frenado no alcancen y el sistema de control deba optar: a) desviar al automóvil y eventualmente chocar con uno de los pilares del puente, casi seguro hiriendo o incluso matando al conduc-

- tor que además es el cliente; o b) seguir derecho y atropellar al peatón.
- [9] Creo que todos hemos observado que ya en el caso del los B-737 anteriores la parte inferior del alojamiento de los motores estaba “replanada”. Evidentemente, este problema venía desde hacía tiempo.
- [10] Esto sería un capítulo más de la “guerra hombre-máquina”. Creo que de cosas como esta podría derivarse un análisis infinitamente más amplio y complejo. Me imagino que todos hemos tenido experiencias más o menos similares a este respecto.  
A mi gusto, una de las facetas más irritantes de este asunto es cuando nos toca cuestionar la respuesta que nos puede dar un interlocutor que está detrás de un monitor, y solo nos afirma “es así porque lo dice la computadora”.
- [11] Respecto a este asunto de los “componentes baratos” y cómo “todo tiene que ver con todo”, vuelvo al caso de Space-X. Es sabido que esta empresa, desde sus inicios, ha utilizado un criterio de ensayo y validación a nivel de subsistema y sistema en lugar de los clásicos procedimientos desarrollados originalmente por la NASA, que requerían la calificación de cada componente en particular. Esto tuvo como mínimo dos consecuencias para Space-X, por un lado, le provocó graves contratiempos con una seguidilla de accidentes, y por el otro, le permitió reducir sensiblemente los costos al utilizar más ampliamente elementos de “calidad comercial”. Yo no quiero afirmar para nada que Space-X esté comprando “plaquetas chinas por Internet”, pero algo de eso hay.  
Es un enfoque similar al que emplean los fabricantes de *low cost satellites* (“satélites de bajo costo”) (CubeSats, Nano-Satellites, etc). Una empresa que opera en este sector es Satellogic, empresa originalmente fundada en nuestro país.
- [12] Uso la palabra “nuevas”, porque no está incluido el aporte hidroeléctrico; el cual no es nada menos que una variante clásica de aprovechamiento de energía termosolar.
- [13] Con respecto a este “asuntito” de los aterrizajes automáticos, dos comentarios adicionales:  
» En 2013, un Boeing 777 se estrella al aterrizar en el Aeropuerto de San Francisco (Estados Unidos). Era un accidente muy difícil de explicar: un avión muy moderno que funcionaba perfectamente bien, un clima espectacular, un aeropuerto muy conocido. Pero aun así, había ocurrido un accidente con varios muertos. ¿El problema? Ese día se estaba haciendo mantenimiento de algunos sistemas y el piloto estaba haciendo una aproximación automática, como siempre hacía. Cuando el B-777 se acercó a la cabecera de la pista, el piloto automático se desenganchó por falta

de alguna señal, y el piloto humano tomó el control, segundos después acaeció el accidente. Luego se supo que este piloto nunca había hecho un aterrizaje manual de un B-777 en la vida real, solo lo había hecho durante los entrenamientos en los simuladores.  
» Hace algunos años, me tocó viajar en un vuelo de cabotaje entre Roma y Milán (Italia). Al iniciar la aproximación a Linate, el piloto avisó que había una niebla muy cerrada, que los aeropuertos alternativos tenían condiciones similares y que por lo tanto había decidido hacer un aterrizaje en modo automático. También dijo “Por favor, apaguen todos los celulares”, y agregó “A ver si entendieron, cuando dije ‘todos’ es ‘todos’”. Al llegar, me di cuenta de que la visibilidad no alcanzaba los diez metros. Del mensaje del piloto me quedaron dos impresiones: 1) que evidentemente se trataba de algo nuevo, con lo que no estaba totalmente familiarizado y que tenía miedo que pudieran existir interferencias misteriosas; b) que entendía perfectamente bien la idiosincrasia de sus pasajeros.

# Cursos 2022

Conocimiento - Didáctica - Interacción con los alumnos...

**AADECA**  
CAPACITACIÓN

[www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)



## Tecnología de Automación Neumática y Electroneumática

12, 19, 26 de Abril, 3, 10, 17, 24, 31  
de Mayo y 7 de Junio  
14:30 a 17:30hs

Ing. Eugenio Abad Monetti  
Ing. Ricardo Carmelo Minniti

## Utilización del Relay Inteligente como Solución de Bolsillo para Automatizar Sistemas Simples y no tan Simples

6, 13, 20 y 27 de Mayo  
15:00 a 18:00hs

Ing. Eugenio Abad Monetti



## Robótica en la Industria 4.0

1, 8, 15, 22, 29 de junio, 6, 13  
y 20 de julio  
18:00 a 21:00hs

Ing. Alejandro Dovico

Próximamente más cursos en [www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)

Seguinos en      

[administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org)

 011 3201-2325

# PRODUCTOS & INNOVACIONES



NEUMÁTICA  
TRATAMIENTO DEL AIRE  
PROCESOS  
HANDLING Y VACÍO  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
CAPACITACIÓN

