

19

Octubre
Diciembre
2021

AADECA

La Revista de los Profesionales de Automatización y Control

**Trabajamos para
comunicarnos
mejor**

En esta edición

- ▶ Ingeniería básica en plantas industriales, *por Gustavo Klein*
- ▶ Diseño de una estrategia de control para evitar desvíos de presión durante la laminación de gas, *por Pablo Morales*
- ▶ Gemelos digitales de procesos y plantas calibrados eficientemente con datos de operación, *por Colm Gavin*
- ▶ Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx, *por Mirko Torrez Contreras*
- ▶ Diseño e implementación de un extractor de video-radar y seguimiento, *Nélida Gálvez, et al*



Cursos 2022

Conocimiento - Didáctica - Interacción con los alumnos...

www.aadeca.org



Medición de Caudal I

18 y 25 de mayo de 17:00 a 20:00hs

Ing. Eduardo Alvarez

Introducción a la Ciberseguridad Industrial

14, 16, 21, 23, 28 y 30 de
marzo de 18:00 a 21:00 hs

Ings. Diego Romero y Enrique Larrieu-Let



Diseño de Sistemas Integrados de Seguridad Aplicación del Ciclo de Vida de Seguridad según Norma IEC 61511

11, 13, 18, 20, 25, 27 de abril y 4 de mayo de
17:00 a 20:00 hs

Dr. Ing. Qco, Roberto Varela y Ing. Katheryn Zelaya

Ingeniería Básica en Instrumentación y Control

2, 9, 16, 23, 30 de mayo, 6, 13, 27 de junio, 4, 11 de julio,
1, 8, 22, 29 de agosto, 5 y 12 de septiembre de 17:00 a 20:00 hs

Gustavo Klein, Eduardo Alvarez, Abel Andrada, Roberto Varela,
Marcelo Petrelli, Fabiana Ferreira, Sergio Szklanny, Carlos Godfrid,
Norma Toneguzzo, Daniel Brudnick



PLC: de cero a experto

22, 24, 27 y 29 de junio
de 9:00 a 12:00 hs

Ing. Sergio Szklanny

Gestión Industrial de Mantenimiento

7 y 8 de julio de 9:00 a 12:00 hs

Ing. Daniel Delfin Ochoa



... y mucho más en www.aadeca.org

Edición 19
Octubre-Diciembre 2021

Revista propiedad:

AADECA

Asociación Argentina
de Control Automático

Av. Callao 220 piso 7
(C1022AAP) CABA, Argentina
Telefax: +54 (11) 4374-3780
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
www.editores.com.ar

EDITORES

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.

AADECA en 2021, hacia 2022

Termina el 2021. Termina un año muy especial en la vida, no solo en lo personal de cada uno de nosotros, sino también para las empresas y para nuestra institución. La pandemia que nos ha tocado vivir es un hecho histórico por el impacto que ha tenido, y ha configurado una nueva normalidad. Sin que nadie sepa a ciencia cierta qué va a significar esta afirmación, para nuestro sector es una oportunidad que debemos saber aprovechar para afianzar nuestro crecimiento.

El objetivo principal de AADECA es nuclear a profesionales, universidades y empresas para volcar los conocimientos generados y elevar así el nivel científico tecnológico con el cual podremos desempeñarnos en nuestra actividad, con mayor eficiencia y calidad. Esto es un factor fundamental para promover la innovación. Este tipo de asociativismo buscará implementar agendas de ciencia, tecnología e innovación, solucionar necesidades de capital humano, resolver problemas de infraestructura específica, establecer estándares y normativas relevantes para el sector.

Como el resto del mundo, Argentina no ha permanecido ajena al crecimiento exponencial de las actividades relacionadas con lo que hoy llamamos "economía del conocimiento", donde consideramos que nuestro aporte es fundamental para su desarrollo.

En general, se coincide en que el mundo ya no será el mismo, como así también hay coincidencia en que la economía del conocimiento ocupará un lugar cada vez más importante en la economía mundial, y es por eso por lo que debemos estar preparados para aprovechar las necesidades que surjan de esos hechos.

En este año se fijaron algunas líneas de trabajo concretas, dando continuidad a las actividades de las comisiones anteriores, ampliando nuestra cartera de capacitaciones con la incorporación de webinars y cursos de habilidades blandas para ayudar a que nuestros profesionales puedan desarrollar todo su potencial.

Hemos realizado acciones de marketing y segmentación de beneficios, lo que nos ha permitido incorporar nuevos socios adherentes. Nuestro desafío para el próximo año es llegar a más empresas y sumar un número importante de pymes, las cuales son el motor principal de nuestra economía.

Con el objetivo de lograr una mejor difusión de nuestras actividades y llegar cada vez a más personas, hemos renovado nuestra comunicación, logrando los siguientes objetivos:

- » Nuevo sitio web aadeca.org: donde confluyen los usuarios de todos los canales de AADECA, con un excelente tráfico orgánico, con un diseño actual, funcionalidades mejoradas, nuevos contenidos técnicos de lectura/descarga, información/inscripción de cursos/webinars. 2.000 visitantes únicos mensuales, 200 descargas de pdf (+30% en 3 meses)
- » Presencia en redes: LinkedIn, Facebook, Instagram, Youtube. Haciendo foco en LinkedIn, ya que fue la red elegida por los profesionales del sector. Más de 10.000 seguidores totales (+40% en 3 meses)
- » Newsletter: complementa la difusión de las redes, con una alta tasa de apertura, se envía a más de 20.000 suscriptores registrados.

Dentro de las actividades planificadas para el presente año, se incluyó también la incorporación activa de instituciones educativas, que nos permitan acercarnos a los estudiantes, para incorporarlos a la asociación.

Por último, hemos empezado a realizar reuniones con los expresidentes de nuestra institución. Para nosotros es muy importante su mirada, puesto que nos permite tener otro punto de vista de aquellos que han contribuido en cada etapa a un crecimiento sostenido de AADECA.

Se avencinan tiempos, quizás, de mayor incertidumbre, por lo que será importante que nuestra institución siga creciendo y fortaleciendo sus bases.

Disfrutemos de esta actividad desafiante y a la vez motivadora.

Ing. Raúl Di Giovambattista
Presidente AADECA

En esta edición encontrará los siguientes contenidos

Artículo técnico

Ingeniería básica en plantas industriales
Gustavo Klein

Pág. 6

Aplicación

Diseño de una estrategia de control para evitar desvíos de presión durante la laminación de gas
Pablo Morales

Pág. 10

Artículo técnico

Gemelos digitales de procesos y plantas calibrados eficientemente con datos de operación
Colm Gavin

Pág. 16



Opinión

Tu equipamiento tiene un montón para decirte, si tenés forma de escucharlo
Samantha Ruth Reyes

Pág. 22

Artículo técnico

Fundamentos de seguridad: seguridad convencional vs. seguridad combinada
Autex

Pág. 24

Artículo técnico

Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx
Mirko Torrez Contreras

Pág. 26

Descripción de productos

Acerca del rol de la robótica industrial en el proceso de automatización
Kuka Robotec

Pág. 33

Aplicación

Diseño e implementación de un extractor de video-radar y seguimiento
Nélida Gálvez, et al

Pág. 36

Entrevista

Palabra de experto: los desafíos de la ciberseguridad industrial
Schneider Electric

Pág. 48

Glosario de siglas de la presente edición

3D: tres dimensiones

ANSI (American National Standards Institute): Instituto Nacional Estadounidense de Normalización

API (Application Programming Interface): interfaz de programación de aplicaciones

ARA: Armada Argentina

ATEX: atmósferas explosivas

BI (bearing increment): aumento de rotación

CA (Cells Average): promedio de celdas

CA: corriente alterna

CC: corriente continua

CFAR (Constant False Alarm Rate): tasa constante de falsas alarmas

CLDT (Closed Loop Digital Twin): gemelo digital de lazo cerrado

COBOT (Collaborative Robot): robot colaborativo

CUT (Cell Under Test): celda de rango bajo análisis

DCS (Distributed Control System): sistema de control distribuido

DIEC: Departamento de Ingeniería Electrónica y Computadoras (de UNS)

DSP (Digital Signal Processor): procesador digital de señales

EC: estación compresora

EE. UU.: Estados Unidos

E/S: entrada/salida

EVRT: extractor de video-radar y tracking

FIUBA: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires

FPGA (Field Programmable Gate Array): matriz de puertas lógicas programable en campo

FRBB: Facultad Regional Bahía Blanca (de UTN)

HM (Heading Mark): marca de rumbo

HMI (Human-Machine Interface): interfaz humano-máquina

ID (Identification Number): número de identificación

IEC (International Electrotechnical Commission): Comisión Electrotécnica Internacional

IECEx (IEC Explosive): IEC Explosivo

IIoT (Industrial IoT): IIoT industrial

IoT (Internet of Things): Internet de las cosas

IP (Internet Protocol): protocolo de Internet

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

ISO (International Standard Organization): Organización Internacional de Normalización

IT (Information Technologies): tecnologías de la información

KPI (Key Performance Indicator): indicador de clave de desempeño

MESG (Maximum Experimental Safe Gap): brecha máxima experimental segura

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

MW (Moving Window): ventana deslizante

NEC (National Electrical Code): Código Eléctrico Nacional (Estados Unidos)

NFPA (National Fire Protection Association): Asociación Nacional de Protección contra Incendios (Estado Unidos)

NM (North Mark): marca del Norte

OT (Operational Technology): tecnología operacional

PC (Personal Computer): computadora personal

PDF (Probability Density Function): función de densidad de probabilidad

PI (PROFIBUS/PROFINET International): Profibus/Profinet internacional

PIC (Programmable Integrated Circuit): circuito integrado programable

PID: proporcional-integral-derivativo

PLC (Programmable Logic Controller): controlador lógico programable

PRF (Pulse Repetition Frequency): frecuencia de repetición de pulsos

PROFIBUS PA (Process Field Bus Process Automation): bus de campo de automatización de proceso

PROFINET (Process Field Net): red de campo de proceso

PTC: planta de tratamiento de crudo

PTG: planta de tratamiento de gas

PV (Pressure Vacuum): presión y vacío

PyME: pequeña y mediana empresa

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

REST (Representational State Transfer): Transferencia de estado representacional

SIAG: Servicio de Análisis Operativo, Armas y Guerra Electrónica (de las Fuerzas Armadas)

TG: trigger

TI: tecnología de la información

TO: tecnología operacional

UBA: Universidad de Buenos Aires

UNS: Universidad Nacional del Sur

USP: unidad de separación primaria

UTN: Universidad Tecnológica Nacional



Electrotecnia | Iluminación | Automatización y control



CONEXPO

Ciudad de Córdoba

Córdoba 2022

+ Expotrónica 2022 | **CIIECCA**

Septiembre/2022

Ciudad de Córdoba

Datos de la edición 2017:

3 Jornadas

- » Automatización y control
- » Iluminación y diseño
- » Energías renovables

23 Conferencias técnicas

Dictadas por profesionales de las empresas expositoras

1 Encuentro

Instaladores eléctricos

61 Expositores



Organización y
Producción General



Medios auspiciantes

ingeniería
ELECTRICA

-luminotecnia-

AADECA
REVISTA

www.conexpo.com.ar




CONEXPO | La Exposición Regional del Sector, 73 ediciones en 25 años consecutivos


Av. La Plata 1080 (1250) CABA | +54-11 4921-3001 | conexpo@editores.com.ar




Cronograma de cursos AADECA 2022




Introducción a la ciberseguridad industrial
 Ings. Romero y Larrieu-Let
 Inicia: 14/marzo/2022
 Duración: 6 encuentros




Diseño de sistemas instrumentados de seguridad
Aplicación del ciclo de vida de seguridad de IEC 61511
 Ings. Varela y Zelaya
 Inicia: 11/abril/2022
 Duración: 7 encuentros



Tecnología de automatización neumática y electropneumática
 Ings. Eugenio Abad Monetti y Ricardo Carmelo Minniti
 Inicia: 12/abril/2022
 Duración: 9 encuentros



Conocimientos esenciales para todo buen instrumentista
Hidráulica termodinámica y aire de instrumentos
 Ing. Sergio Szklanny
 Inicia: 27/abril/2022
 Duración: 6 encuentros



Utilización del relay inteligente como solución de bolsillo para automatizar sistemas simples y no tan simples
 Ing. Eugenio Abad Monetti
 Inicia: 6/mayo/2022
 Duración: 4 encuentros



Robótica en la Industria 4.0
 Ing. Alejandro Dovico
 Inicia: 1/junio/2022
 Duración: 8 encuentros

Más información en

<https://aadeca.org/index.php/2021/07/19/cursos-2022/>

Nuevos medios de comunicación en AADECA

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



www.facebook.com/aadecautomatico



www.linkedin.com/company/aadeca



www.instagram.com/aadeca



bit.ly/AADECA-CHANNEL



+54 911 3201-2325



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

Ingeniería básica en plantas industriales

Gustavo Klein
kleingustavo50@hotmail.com

La ingeniería básica de un proyecto constituye la primera etapa de detalle técnico, donde se define la tecnología de la planta, los equipos principales, la disposición de la planta, y otros parámetros necesarios y fundamentales de un proyecto.

Para situarnos exactamente en qué etapa del desarrollo de la ingeniería completa de un proyecto industrial se ubica la ingeniería básica, veamos el gráfico de la figura 1.

Existen etapas previas a la ingeniería básica, que son las de factibilidad y conceptual, en donde se evalúa desde el punto de vista comercial si el proyecto propuesto es o no relevante. La parte técnica interviene pero en forma general.

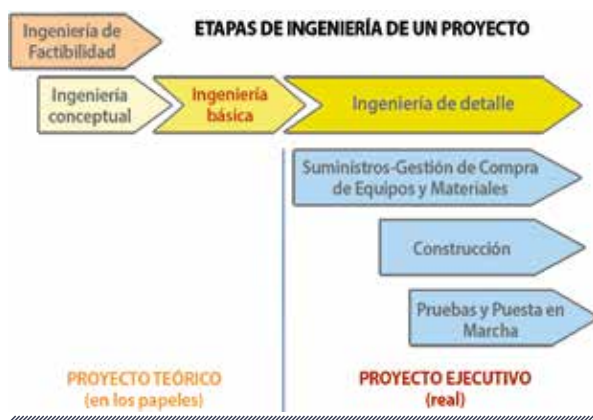


Figura 1. Etapas de ingeniería de un proyecto

Una vez atravesadas esas etapas, es cuando llega el turno de la ingeniería básica, en donde se deben seleccionar con mayor grado de detalle los procesos (tecnología), la estrategia de control y seguridad, los equipos, etc. que formarán parte del proyecto futuro.

La importancia fundamental de la ingeniería básica es que durante esa etapa se definen todos los parámetros técnicos y operativos de base de la planta, con lo cual es crítico el cuidado en el estudio, comprobación y evaluación de las premisas que serán el "cimiento" o las "bases" del "edificio", es decir, del proyecto completo.

Luego de la ingeniería básica, se desarrolla la ingeniería de detalle y compra de equipos y materiales que serán usados en la etapa constructiva de la planta. La ingeniería se materializa en la generación de documentos, planos, simulaciones, maquetas tridimensionales 3D de la futura planta, y actividades como reuniones, relevamientos, estudios especiales, etc. (ver figura 2).

La ingeniería básica de un proyecto constituye la primera etapa de detalle técnico, donde se define la tecnología de la planta, los equipos principales, la disposición.

Uno de los documentos esenciales de la ingeniería básica son los diagramas P&ID (del inglés, 'diagramas de instrumentos y cañerías'), en donde se muestran los equipos que se usarán en el proyecto, las cañerías que los vincularán y la instrumentación y control que se utilizará en la planta (ver figura 3).

Otro documento esencial es el guion o plan (*plot plan* o *layout*) de planta, en donde se ubican espacialmente los equipos e instalaciones de la planta

respetando criterios lógicos, de circulación, restricciones de seguridad y otras reglas del buen diseño de la ingeniería (ver figura 4).

La especialidad de ingeniería de instrumentación y control para plantas industriales ha pasado a ser, durante las últimas décadas, lo que podríamos llamar la "piedra angular" de la ingeniería de plantas industriales.

Durante la etapa básica, también, cada especialidad de ingeniería desarrollará los documentos necesarios para definir primariamente los equipos principales. Por ejemplo, para el caso de instrumentación y control, se prepara la información de todos los sensores, transmisores, válvulas de control/seguridad, de todo el sistema de control y de seguridad de la planta, del sistema de detección de fuego, etc.

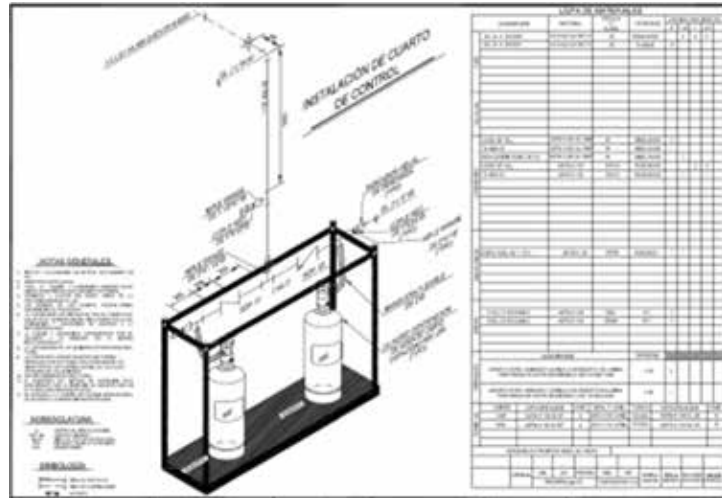


Figura 2. Durante la etapa de ingeniería de detalle, todas las decisiones de la ingeniería básica se materializan en planos, simulaciones, maquetas, etc.

En particular, la especialidad de ingeniería de instrumentación y control para plantas industriales ha pasado a ser, durante las últimas décadas, lo que podríamos llamar la "piedra angular" de la ingeniería de plantas industriales. Esto se debe a que la instrumentación y control asegura el óptimo diseño, especificación, y correcta instalación

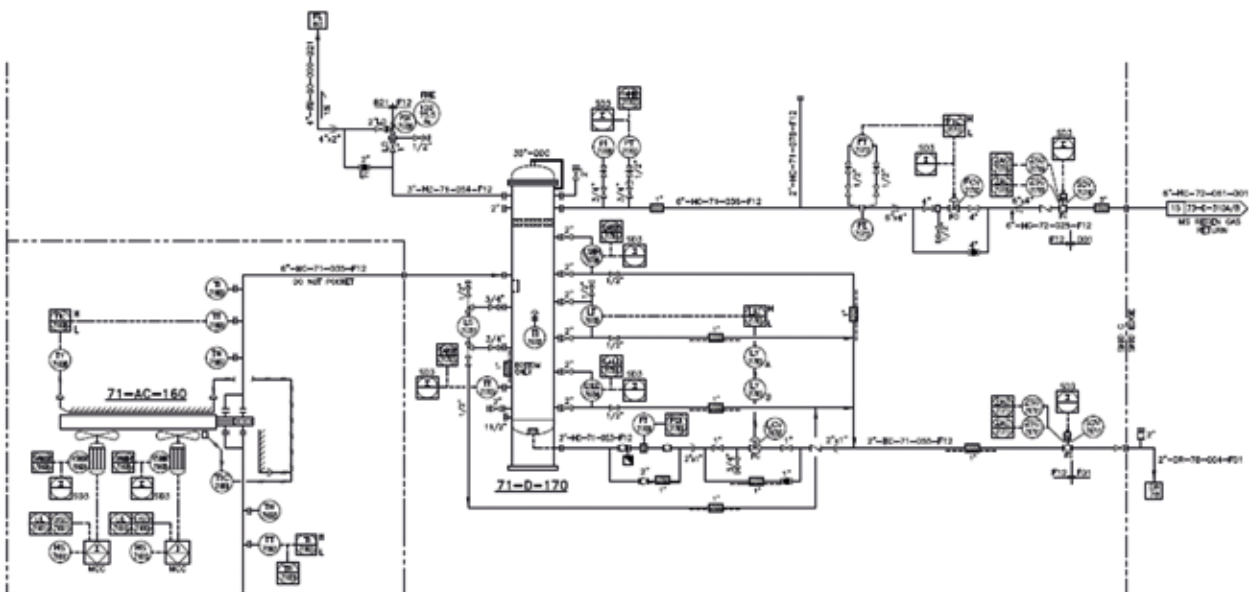


Figura 3. Diagrama P&ID

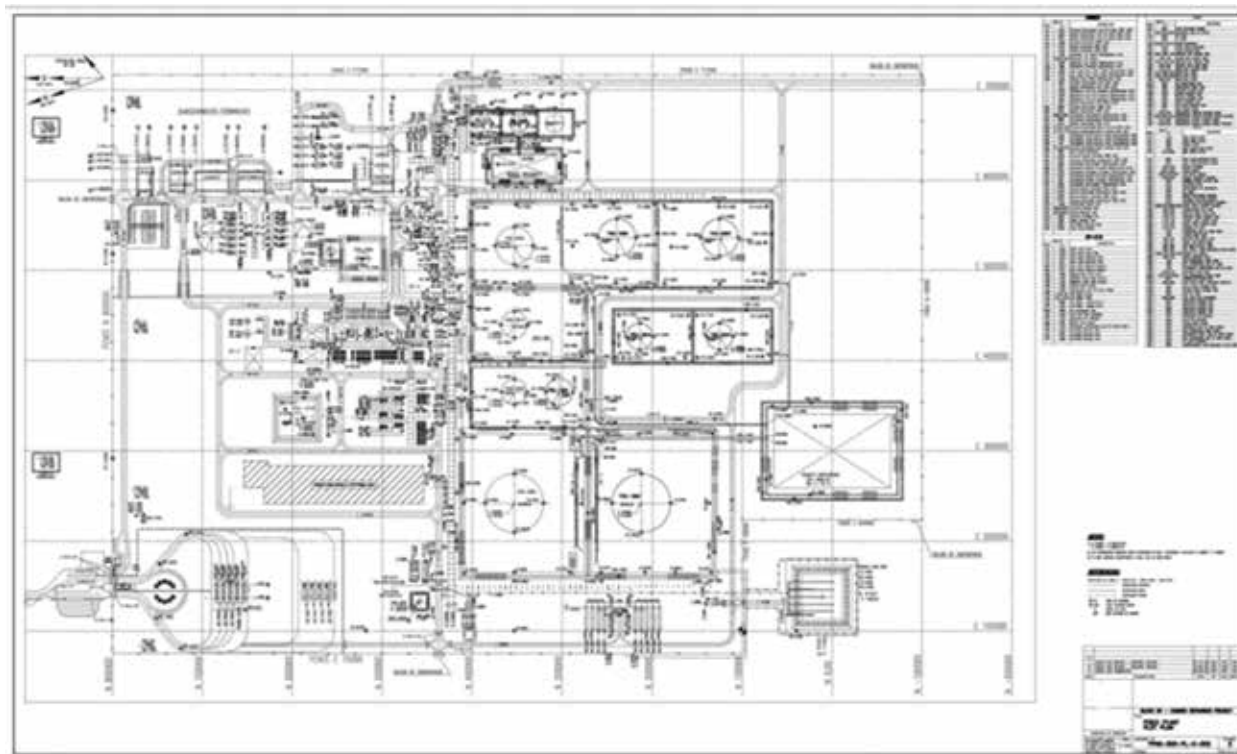


Figura 4. Plot plan o lay out de una planta

de los sensores, transmisores, controles, válvulas, sistemas de monitoreo, control y seguridad, y muchos más elementos constitutivos de las plantas industriales. Es el área ingenieril que logra que los parámetros y especificaciones de calidad y cantidad de los productos cumplan con las propuestas básicas y especificaciones planteadas previamente, y asegura a la vez los objetivos económicos, estratégicos y de otra índole de los proyectos.

Una buena y meditada ingeniería básica, comprobada y verificada, y confirmada por el cliente permitirá desarrollar las etapas siguientes sin mayores sobresaltos.

La instrumentación y el control de un proceso en una planta se constituye como el “cerebro” que la comanda, y la que “observa” la evolución de los parámetros y acciona sobre los controles para mantener las condiciones de diseño.

Otra finalidad de la ingeniería básica es habilitar la compra de los equipos principales con requisitos tales que lleven a ahorrar tiempo y alcanzar una mejor relación entre rentabilidad y utilidad. Los demás dispositivos, materiales, etc. se podrán adquirir durante las etapas de ingeniería de detalle y constructiva.

Una buena y meditada ingeniería básica, comprobada y verificada, y confirmada por el cliente permitirá desarrollar las etapas siguientes sin mayores sobresaltos, en los tiempos propuestos y con las restricciones de presupuesto estipuladas para lograr un proyecto exitoso. ❖



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

+54-11 5285-0866 - ecomunic@fi.uba.ar

Diseño de una estrategia de control para evitar desvíos de presión durante la laminación de gas

En este artículo, una presentación del trabajo final de Pablo Morales, ingeniero de YPF Upstream, en el marco del posgrado de Especialización en Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Especialización en Automatización Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de Buenos Aires
www.fi.uba.ar

En los comienzos de explotación de un yacimiento de petróleo o gas, la energía propia del reservorio permite la fluencia de los fluidos desde el fondo del pozo hasta la superficie en forma natural. A medida que el yacimiento se desarrolla, esta energía comienza a disminuir al igual que su producción. En estos casos se recurre a la sistemas de extracción artificiales tales como bombeo mecánico, bombeo electrosumergible, *plunger lift*, compresores de boca de pozo, entre otros. Para poder definir el sistema de extracción que se instalará en un pozo es necesario, entre otras variables, conocer su productividad.

Ya en superficie e independientemente del tipo de extracción, el fluido se transporta a las unidades primarias de tratamiento: el petróleo a las baterías, y el gas, a las unidades de separación primaria (USP). En ellas se realizan separaciones del tipo líquido-gas y líquido-líquido, se miden las fases, se contabiliza la producción total y finalmente se envía el producto de interés a las plantas de tratamiento de crudo (PTC) o de gas (PTG). Si el gas tiene menos presión de la requerida para ingresar a la PTG, primero se envía a una estación compresora (EC).

La laminación de un gas es una situación no deseable [...] ya que se pierde parte de la energía entregada por los compresores que lograron llevar el gas a un estado de mayor presión.

La estación compresora cuenta con máquinas de desplazamiento positivo o compresores alternativos recíprocos en los que, por medio de un pistón, se eleva la presión de sucesivos volúmenes de gas hasta un valor determinado de descarga para su envío a la planta de tratamiento de gas.

Planteo del problema

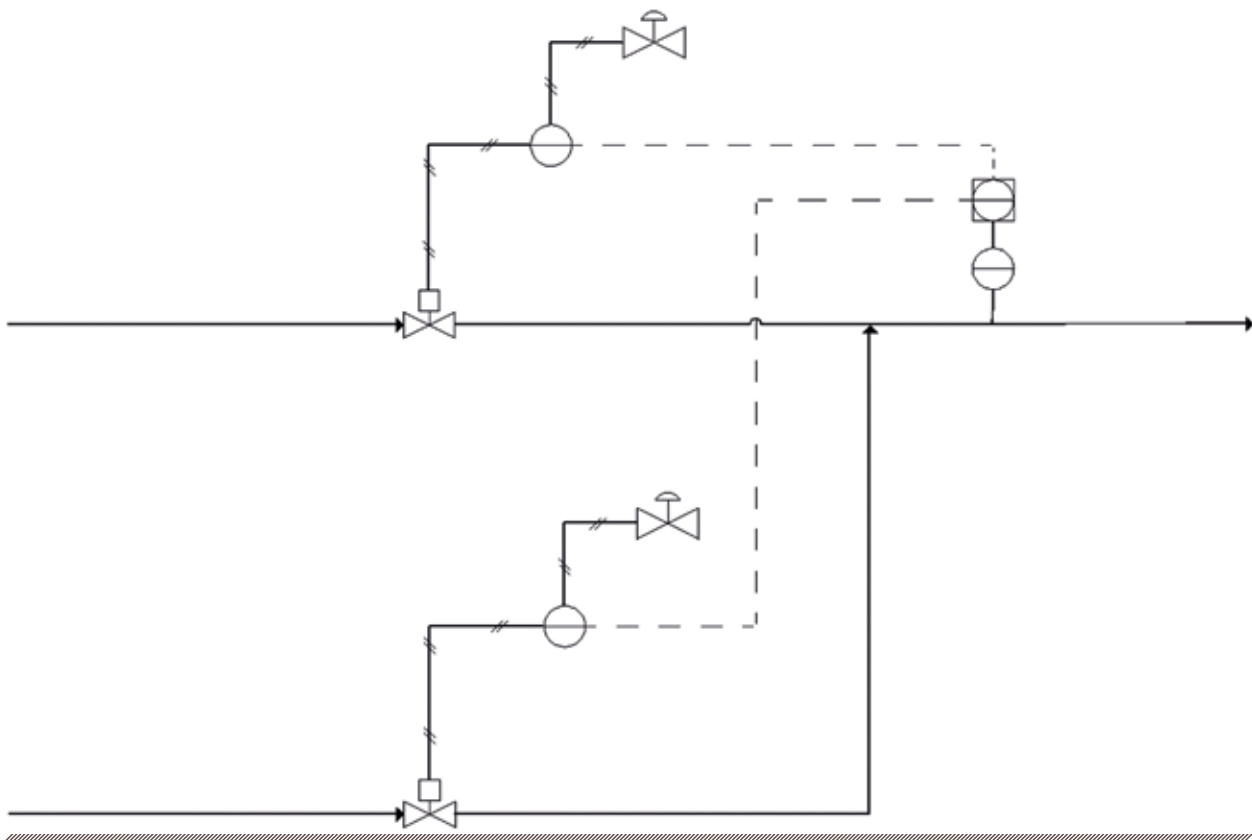
Una estación compresora de YPF cuenta con dos máquinas que reciben gas a baja presión, cercana a los 4 kg/cm². Allí, el gas se comprime hasta los 68 kg/cm² e ingresa a la planta de tratamiento. Si el caudal o la presión de succión del compresor se encuentra por fuera de la ventana operativa, la máquina detiene su funcionamiento para evitar recalentamientos o roturas internas.

En el pasado, se construyó una acometida uniendo un sistema de media presión, cercano a los 8 kg/cm², con el sistema de baja presión para suplir la disminución de caudal. La estrategia de control original constaba de dos válvulas neumáticas instaladas en cada línea (PV 100A y PV 100B) compartiendo un mismo controlador (PIC 100). La medición de presión y su transmisión se hacía

por medio del PIT 100 que se encontraba sobre la línea de succión de los compresores.

Durante los años posteriores, y a medida que el yacimiento se iba desarrollando, el volumen de gas producido a baja presión comenzó a aumentar. Con este nuevo escenario, la conexión entre los dos sistemas se empezó a utilizar solamente para corregir variaciones de presiones ocasionadas por el cierre de pozos productivos. Este proceso en el que se compensa la caída de presión de un sistema con otro es lo que se conoce como "laminación de gas".

Es necesario notar que la laminación de un gas es una situación no deseable y totalmente ineficiente ya que, como se puede observar, se pierde parte de la energía entregada por los compresores que lograron llevar el gas a un estado de mayor presión.



La problemática se desarrolló en este contexto. A medida que la presión de succión disminuía por el cierre de alguna línea de producción, la laminación resultaba tan abrupta que la presión sobrepasaba los límites establecidos por el fabricante causando el paro del compresor. No se podía sintonizar las velocidades de reacción de las válvulas correctamente. Por ejemplo, la velocidad de la PV 100B de la línea de media presión debía ser más alta que la PV 100A pero, dada la configuración, cualquier cambio en los parámetros del controlador PID afectaría la velocidad de reacción de cada lazo de control. Esta conversión trajo consigo paros repetitivos de compresores ya que no se adecuó de manera correcta el sistema control a la nueva realidad.

La utilización de Simscape es conveniente ya que, de no contar con la función de transferencia del sistema, permite obtener su modelado en forma gráfica.

Hipótesis

De acuerdo al tipo de sistema, un control de lazo cerrado Feedback es la estrategia de control apropiada para resolver la problemática de regulación de presión por laminación.

No será necesario utilizar la válvula PV 100A para realizar el control del sistema. Esta debe quedar abierta al 100% y en un futuro, quitarla de la instalación.

La válvula PV 100B instalada es de un tamaño mayor al necesario para realizar el control.

Desarrollo del trabajo

Para el desarrollo del trabajo se utiliza la herramienta *Simscape* que permite crear sistemas físicos dentro del entorno de *Simulink*. Sus librerías incluyen elementos tales como válvulas, bombas, ductos, resistencias, resortes, transmisiones, intercambiadores de calor, entre otros.

Simscape contiene dos bibliotecas que pertenecen al producto:

- » *Foundation*: contiene elementos físicos básicos y bloques de construcción, así como fuentes y sensores, organizados en sub-bibliotecas de acuerdo con la disciplina técnica y la función realizada.
- » *Utilities*: contiene bloques de entorno esenciales para crear modelos de redes físicas.

De manera orientativa, se detallan los bloques utilizados para realizar el modelo del sistema de gas planteado:

- » *Solver Configuration*: para que los cálculos puedan llevarse a cabo. Se encuentra en la biblioteca *Utilities*.
- » *Gas Properties (G)*: en él se pueden ingresar las propiedades del gas a utilizar en una red de trabajo. Cualquier circuito de gas conectado a este bloque adopta sus parámetros. También es posible tener múltiples circuitos en simulación que usan diferentes gases, pero cada uno de ellos requerirá de su propio bloque de propiedades. El bloque se encuentra en la biblioteca *Foundation*. Por defecto, el bloque presenta las propiedades del aire seco.
- » *Reservoir (G)*: establece condiciones de límite constantes en una red de gas. El volumen de gas dentro del depósito se supone infinito, por lo tanto, casi constante. El fluido sale del reservorio a la presión y temperatura del depósito e ingresa a la presión del depósito, pero su temperatura está determinada por la red de gas aguas arriba. El bloque se

encuentra en la biblioteca *Foundation*. Es necesario especificar el área de la sección transversal del puerto en la entrada. Es posible especificar la presión del yacimiento ingresando un valor, o bien, dejarlo a presión atmosférica.

- » *Pipe Block* (G): modela la dinámica del flujo de la tubería en una red de gas debido a las pérdidas de fricción viscosa y la transferencia de calor por convección entre el gas y la pared de la tubería. Contiene un volumen constante de gas. La presión y la temperatura evolucionan en función de la compresibilidad dinámica y la capacidad térmica de este volumen de gas. El flujo se ahoga cuando en la salida se alcanza la velocidad del sonido. Los puertos A y B son de conservación de gas asociados con la entrada y salida de la tubería. El puerto "H" es el de conservación térmica asociado con la pared de la tubería. Además, hay que ingresar la geometría del ducto: sección transversal, longitud, diámetro hidráulico. Las configuraciones de fricción y transferencia de calor deben mantenerse en los valores predeterminados si la red simulada utiliza tuberías circulares estándar que se colocan en líneas rectas sin curvas. Sin embargo, si la red disponible es más compleja, los parámetros deben modificarse.
- » *Pressure & Temperature Sensor* (G): bloque sensor de presión y temperatura. No hay pérdida de carga ni temperatura en ellos, funcionan como bloques ideales. Se encuentran en la biblioteca *Foundation*. Este bloque tiene puertos de entrada ("A") y salida ("B") y bloques de salida P y T que se pueden conectar al ya conocido *Scope* para leer los datos medidos.
- » *Ball Valve* (G): modela una válvula de bola en una red de gas. El caudal se basa en el estándar ISO 6358. La válvula está compuesta de una bola esférica en un asiento redondo. El asiento puede ser afilado o cónico. El control de elevación de la válvula se establece mediante el puerto de señal física "L": cuando es cero, entonces un valor de cero corresponde a la elevación mínima y un valor de uno corresponde a la elevación máxima. El ahogue del gas ocurre cuando la relación de presión a través de la válvula alcanza la relación de presión crítica. No hay intercambio de calor con el medioambiente. Se encuentran en la biblioteca *Foundation*.
- » *2-Way Directional Valve* (G): modela una válvula direccional de dos vías en una red de gas. El caudal se basa en la norma ISO 6358. Los puertos A y B son los puertos de conservación de gas. La fracción de apertura de la válvula entre -1 y 1 se establece por el puerto de señal física "S". Una señal física positiva abre la conexión entre los puertos "A" y "B". El estrangulamiento ocurre cuando la relación de presión a través de la válvula alcanza la relación de presión crítica. No hay intercambio de calor con el medioambiente. Se encuentran en la biblioteca *Foundation*.
- » *Absolute Reference* (G): representa la referencia absoluta en una red de gas donde la presión y la temperatura son iguales a cero. Se encuentra en la biblioteca *Foundation*.
- » *Perfect Insulator*: representa un término en una red térmica sin flujo de calor y sin almacenamiento de energía. Se utiliza como aislamiento para evitar el intercambio de calor con el medioambiente y para modelar un proceso adiabático. Se encuentra en la biblioteca *Foundation*. En este bloque también se puede establecer un valor inicial y una prioridad para la temperatura en el puerto conectado.
- » *Constant Volume Chamber* (G): modela el almacenamiento de masa y energía en una red de gas. La cámara contiene un volumen constante de gas. La presión y la temperatura evolucionan en función de la compresibilidad dinámica y la capacidad térmica de este volumen de gas. Los puertos "A", "B",

“C” y “D” son los puertos de conservación de gas asociados con las entradas de la cámara. El puerto “H” es el puerto de conservación térmica asociado con la masa térmica del volumen de gas.

- » *PS-Simulink Converter*: convierte la señal física de entrada en una señal de salida *Simulink* sin unidades. Se encuentra en la biblioteca *Utilities*.
- » *Simulink-PS Converter*: convierte una señal de entrada *Simulink* sin unidades a una señal física. Se encuentra en la biblioteca *Utilities*.
- » *Terminator*: se utiliza para terminar señales de salida. Su función es prevenir advertencias de simulación por salidas no conectadas.

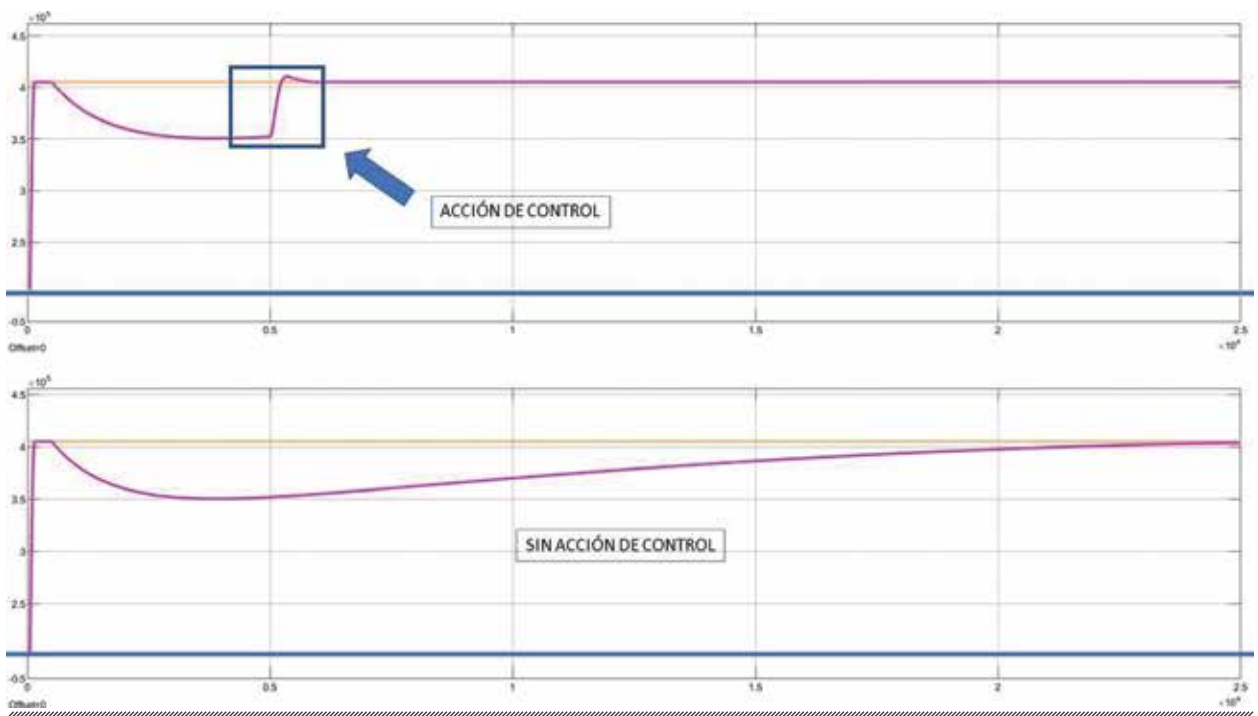
realiza el cierre programado que restringe el paso de caudal de gas. Debido a la operación de los compresores, la repentina merma del ingreso produce una pérdida de presión en el sistema. El gasoducto simulado tiene 500 metros de largo y se encuentra aislado térmicamente. El bloque *Constant Volume Chamber (G)* se utiliza para el colector de pozos como el *scrubber* de succión del compresor. En ambos casos: sin intercambio de energía con el exterior.

Cuando la presión en la línea de succión cae por debajo de 4 kg/cm² (*set point*), el PID envía una señal a la válvula de control que se encuentra en una cañería con gas a 8 kg/cm². Al realizar su apertura, se lamina el gas que se dirige a los compresores evitando la detención de las máquinas por baja presión de succión.

Finalmente, un bloque sensor permite ver la evolución de la presión referenciada a una medida absoluta.

Modelo del sistema

Un conjunto de pozos se simula utilizando bloques *Reservoir (G)* a la presión de 4 kg/cm² y, a la salida de cada uno de ellos, una válvula globo



Dada la necesidad de mantener constante el proceso de compresión, se propone realizar un control *feedback* utilizando el PIT 100, la válvula PV 100B y dejando abierta al 100% la PV 100A sin modulación.

Propuesta de cambio de válvula de control

La apertura de la válvula de control 4" es cercana al 24%. Este es un valor que requiere que todas las fallas que se pueden dar (comunicaciones, atasco de válvula, demora en la carrera, etc.) sean evitadas y, generalmente, esto no se cumple en su totalidad. Se propone utilizar una válvula de 2" de igual porcentaje, lo que genera un valor de 51% de apertura mucho más practicable que el anterior.

Se concluye que el uso del control feedback, con sus parámetros proporcional e integral encontrados, resulta ser la estrategia correcta para evitar la detención de los compresores por baja presión de succión.

Conclusiones

La simulación permite representar el sistema de ductos, sus válvulas y la variación de la presión durante el cierre de los pozos de gas en un subsistema de baja presión.

La utilización de *Simscape* es conveniente ya que, de no contar con la función de transferencia del sistema, permite obtener su modelado en forma

gráfica. Se puede observar el comportamiento del gas metano en el modelo físico.

Tal lo propuesto en la hipótesis de este trabajo, no resulta necesario modular la válvula PV 100A para poder controlar las perturbaciones de presión en el *scrubber* de succión del compresor, por lo que el controlador PIC 100 solo debe intervenir con la PV 100B y se debe dejar abierta al 100% la PV 100A.

Dada la modulación de la válvula de control que hoy se encuentra en planta, se recomienda cambiarla por una de 2" de tamaño para obtener una mejor reacción del elemento final de control.

Finalmente, se concluye que el uso del control *feedback*, con sus parámetros proporcional e integral encontrados, resulta ser la estrategia correcta para evitar la detención de los compresores por baja presión de succión, evitando así las pérdidas económicas asociadas.

Acerca de la Especialización

La carrera de Especialización en Automatización Industrial es un posgrado profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) que se cursa en tres cuatrimestres.

Durante el periodo lectivo 2019-2020 tuvo una implementación particular: por un convenio entre YPF y FIUBA, se dictó para un grupo formado exclusivamente por ingenieros e ingenieras de YPF Upstream. La experiencia resultó muy interesante y productiva, tanto para el personal técnico de YPF como para los docentes e investigadores de FIUBA.

Según el plan de la especialización, después de completar las materias de los tres cuatrimestres, el alumnado debe preparar y defender un trabajo final para obtener su título. El objetivo es integrar lo aprendido con alguna problemática del ambiente laboral en el que se desenvuelve cada estudiante. ❖

Gemelos digitales de procesos y plantas calibrados eficientemente con datos de operación

Cuando implementan un gemelo digital de lazo cerrado a lo largo de todo el ciclo de vida de un sistema, los fabricantes de máquinas y los usuarios finales pueden reducir los costos y optimizar la eficiencia.

Por Colm Gavin

Traducción y adaptación: Andrés Gorenberg
www.siemens.com



Colm Gavin es el gerente de desarrollo de cartera de Siemens Digital Industries Software. Con más de 21 años en la empresa, utiliza su experiencia en fabricación discreta para ayudar a las empresas a aprovechar las innovaciones de la Industria 4.0.



A medida que las tendencias digitales evolucionan desde la base de la automatización industrial, más personas y organizaciones se están dando cuenta de los beneficios que pueden obtener del modelado y simulación de sus sistemas de producción. Estas prácticas pueden reducir los costos de diseño y desarrollo y reducir el tiempo dedicado a la solución de problemas antes y durante la puesta en marcha.

Quizás menos conocido es un beneficio igualmente importante: la simulación también puede ayudar a optimizar continuamente la eficiencia operativa, especialmente cuando los datos de producción se utilizan para calibrar el modelo. Esta metodología se conoce como gemelo digital de lazo cerrado (CLDT, por las siglas en inglés de 'Closed Loop Digital Twin'). Un gemelo digital es una representación virtual de un activo físico. El CLDT amplía los gemelos digitales mediante el uso de datos históricos para mejorar la precisión a lo largo del tiempo. Particularmente en el manejo y fabricación de materiales, es difícil determinar la utilización de la mano de obra y la máquina, y un CLDT puede identificar y proporcionar información y recomendaciones para mejorar la eficiencia de estos sistemas. Los CLDT también proporcionan beneficios durante las etapas de diseño y puesta en marcha del ciclo de vida de un sistema, pero este artículo se centra en su uso durante la operación.

Mientras un sistema está en servicio, un CLDT ayuda a los usuarios a tomar decisiones informadas para ajustar las operaciones sobre la marcha para mejorar la eficiencia.

Los modelos antiguos se estancan

En entornos de fabricación e intralogística, los gerentes de planta se enfrentan a la difícil tarea de mantener indicadores clave de rendimiento (KPI) óptimos a pesar de los cambios diarios y no planificados en la disponibilidad de empleados, grandes pedidos inesperados entrantes o salientes y cuellos de botella en la manipulación de paquetes.

Los modelos de planta pueden ayudar al personal a identificar puntos de producción críticos para lograr objetivos operativos ambiciosos, pero muchos de estos modelos son rígidos o inexactos.

Para maximizar la eficiencia y la productividad, el personal necesita un modelo que se pueda ajustar, pero la mayoría de las instalaciones no tienen el personal capacitado o el tiempo para realizar manualmente estos ajustes. Además, con tantas variables de control, es difícil saber qué simular en un modelo. Los modelos guiados con inteligencia artificial y aprendizaje automático (machine learning) pueden aportar respuestas a estos y otros problemas.

Más personas y organizaciones se están dando cuenta de los beneficios que pueden obtener del modelado y simulación de sus sistemas de producción.

Gemelos digitales intuitivos

La metodología del gemelo digital proporciona información precisa para optimizar los parámetros para cumplir y mantener los KPI. Ampliando este concepto, un CLDT crea una réplica precisa de los estados actuales de los activos para pronosticar una precisión más allá de la de un gemelo digital estándar sin retroalimentación. Los CLDT comparan las condiciones de estado actuales con numerosas adaptaciones para determinar un estado futuro óptimo, ayudado por la inteligencia artificial y el aprendizaje automático.

En este proceso de generación y evaluación de posibles estados futuros, la potencia de la computación en la nube es inmensamente útil para la simulación y la ingesta de datos. En un escenario ideal, un fabricante de máquinas o integrador de sistemas desarrolla un CLDT para ayudar en el proceso de desarrollo, y luego lo entregan con su producto, dando a los usuarios finales la capacidad de continuar usándolo. Como se detalla a continuación, los CLDT tienen beneficios para los fabricantes de máquinas y los usuarios finales durante las fases de diseño, puesta en marcha y operación del ciclo de vida de la máquina.

Fase de diseño

Durante la fase de diseño, los CLDT permiten a los fabricantes de máquinas e integradores de sistemas demostrar persuasivamente la efectividad de su diseño a clientes potenciales, equipados con estadísticas e interfaces visuales para monitorear el rendimiento de la máquina virtual.

Estos modelos y simulaciones se pueden utilizar para predecir de manera convincente los resultados que los usuarios finales están buscando, aumentando la confianza en las propuestas de los diseñadores y permitiéndoles ganar más ofertas. Al ofrecer un CLDT con sus sistemas, los fabricantes de máquinas pueden aprovechar la inversión

más allá de la fase de diseño, creando flujos de ingresos adicionales a través de un modelo de servicios continuos. Esto les da la capacidad de hacer un seguimiento y dar soporte a los productos implementados en funcionamiento, y amplía y fortalece la relación entre los fabricantes de máquinas y los usuarios finales.

Para los usuarios finales, estos gemelos digitales aumentan los márgenes de beneficio dado que pronostican con precisión los gastos de capital y operativos, junto con el rendimiento, proporcionando una línea de base a partir de la cual aumentar la eficiencia operativa. Pueden hacerlo a través de una toma de decisiones informada con la ayuda de un CLDT.

Fase de puesta en marcha

Durante el desarrollo y la puesta en marcha, un gemelo digital combinado con un controlador lógico programable industrial (PLC) y simulación de la interfaz humano-máquina (HMI) ayuda a los ingenieros y las ingenieras a detectar errores e ineficiencias en una máquina antes de que el equipo físico y las partes móviles entren en escena. La adición de un gemelo digital a la simulación PLC y HMI es un vínculo claro entre la lógica de

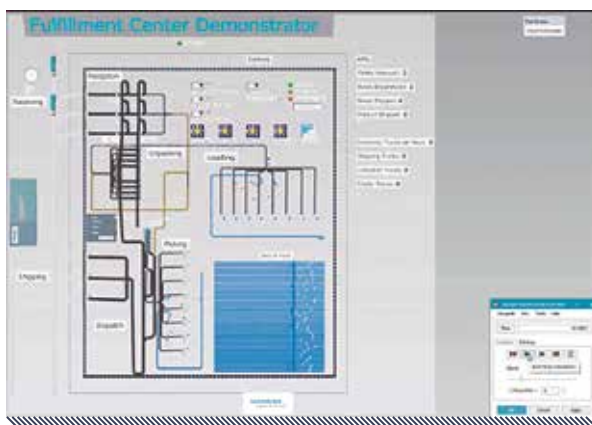


Figura 1. Los usuarios pueden ajustar los parámetros de control en software como Siemens Plant Simulation para visualizar y determinar los efectos en el rendimiento y otros KPI

programación de automatización y el rendimiento de la máquina, completo con una visualización virtual de la máquina.

Esta configuración facilita la detección de problemas desde el principio. Dado que se pueden identificar problemas posibles de forma virtual y temprana en la fase de puesta en marcha, estas herramientas limitan los cambios inesperados y costosos del proyecto. Además, una mayor capacidad de solución de problemas y pruebas virtuales acorta el tiempo de puesta en marcha física requerido, al tiempo que reduce los requisitos de mano de obra y los costos para los integradores.

La puesta en marcha más corta y efectiva beneficia a los usuarios finales porque los sistemas se inician y entran en producción a tiempo, con menores posibilidades de órdenes de cambio al final de la fase de puesta en marcha. Y a diferencia de los procesos de puesta en marcha clásicos, la simulación práctica de plantas gemelas digitales permite a los usuarios finales comenzar la capacitación del operador y los programas de ajuste de equipos mucho antes de la puesta en marcha física.

El CLDT [gemelo digital de lazo cerrado] amplía los gemelos digitales mediante el uso de datos históricos para mejorar la precisión a lo largo del tiempo.

Fase de operaciones

A lo largo de las operaciones, un sistema de lazo cerrado aporta su mayor valor con colectores en la nube que ingieren datos de producción, proporcionando un ajuste fino continuo para estados operativos óptimos. La simulación con un gemelo digital proporciona:

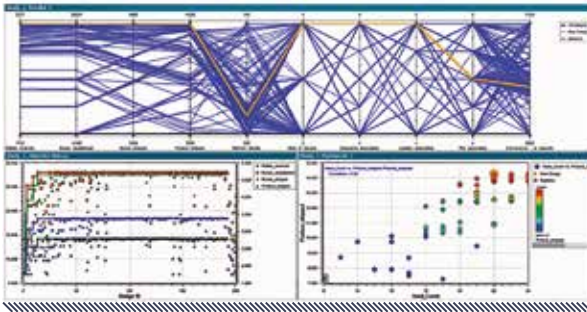


Figura 2. El software ayuda a eliminar ejemplos que no son útiles. El software de simulación de planta de Siemens, con el motor de exploración y optimización de diseño HEEDS, determina las variantes adecuadas y el mejor diseño.

- » experimentación de múltiples estados, modelando horas de producción y estimando resultados en cuestión de segundos;
- » predicción de KPI importantes, como el rendimiento, la utilización y el tiempo de inactividad.

Cerrar el círculo y suministrar una simulación con datos históricos mejora en gran medida la precisión de la simulación.

El CLDT resultante permite el ajuste fino de las operaciones dado que proporciona informes con parámetros óptimos, como la configuración de la máquina, las asignaciones de mano de obra y las capacidades de envío y recepción, a través de una combinación de simulaciones, inteligencia artificial y aprendizaje automático. El personal de la instalación puede configurar la generación automática de informes en marcos de tiempo específicos, por ejemplo, antes o durante los turnos, o en preparación para una reunión diaria del personal.

Cuando se requiere un análisis basado en humanos para aumentar un proceso de toma de decisiones, la visualización de modelos fácilmente comprensible proporciona información sobre la forma en que opera una instalación. La simulación visual ayuda a que el personal identifique los cuellos de botella de producción y las áreas donde se asignan los recursos excedentes. Permite al personal simular múltiples escenarios para responder preguntas situacionales, como "¿Qué sucede si hay menos operarios en una es-

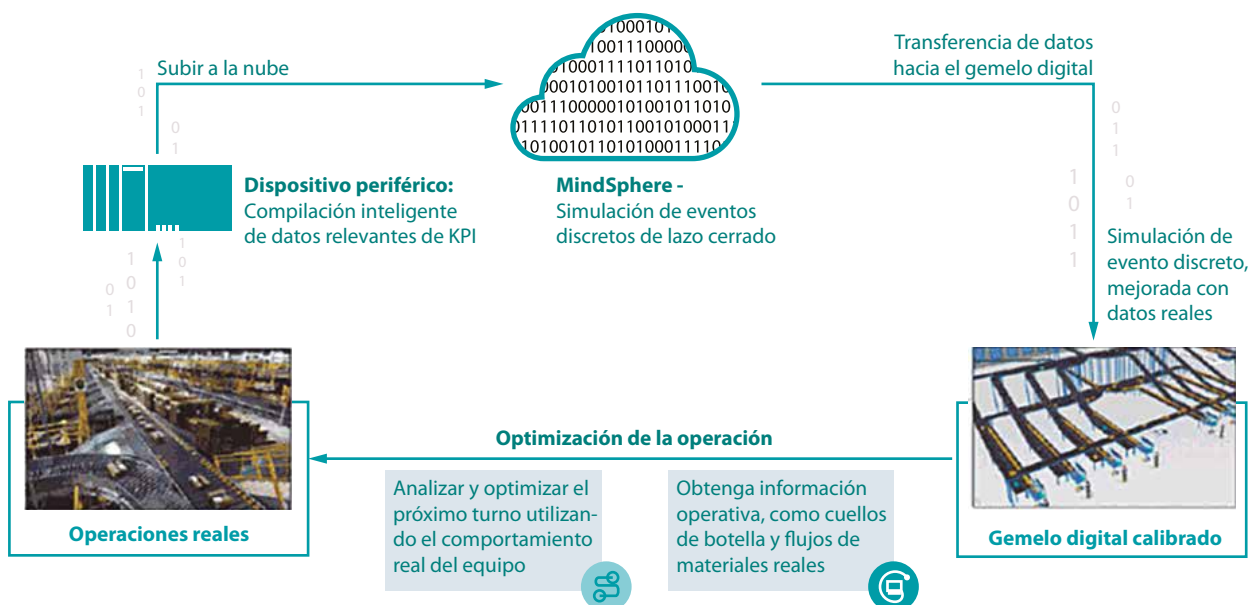


Figura 3. Una plataforma abierta en la nube de IoT, como Siemens Industrial Edge y las aplicaciones nativas de la nube, permite a los usuarios calibrar su gemelo digital con datos históricos de producción



Figura 4. Una empresa de fabricación optimizó las operaciones y predijo el rendimiento con más del 99% de precisión utilizando la metodología de gemelos digitales de Siemens con aplicaciones de simulación de planta y MindSphere

tación de recolección?" o "¿Qué pasa si se envían demasiados robots a un área (por ejemplo, picking) frente a otro (por ejemplo, carga)?".

El software CLDT brinda a los usuarios la capacidad de ajustar las variables de control y visualizar sus efectos en las operaciones (figura 1), resolviendo rápidamente estos y otros problemas.

Los elementos visuales ayudan a los usuarios a comprender mejor los números y a señalar dónde se deben realizar los cambios. Estas herramientas de software evalúan la mejor utilización de las máquinas y la mano de obra, por ejemplo, asegurando que un almacén tenga suficientes camiones disponibles en el muelle de carga para manejar los envíos salientes, pero no demasiados, para evitar el envío de camiones descargados.

En situaciones que involucran una gran cantidad de parámetros y combinaciones teóricas con las que experimentar, el software automatizado ayuda a eliminar experimentos redundantes o poco prácticos puesto que identifica inteligentemente aquellos que son factibles. Esto puede reducir miles de combinaciones a decenas o menos, identificando en última instancia el mejor conjunto de parámetros (figura 2).

Creación del CLDT calibrado

Para calibrar el CLDT, el primer paso es conectar el gemelo digital con el equipo de automatización para alimentar datos al modelo. Los dispositivos perimetrales son interfaces principales para la recopilación de datos porque pueden preprocesar los datos de la máquina antes de enviarlos a la nube para su sincronización con el algoritmo de optimización basado en datos históricos del CLDT.

Los usuarios pueden crear, operar, implementar y mantener soluciones de software en varios dispositivos perimetrales mediante aplicaciones perimetrales administradas. Numerosas aplicaciones están disponibles para analizar los datos de la máquina. Su ecosistema, incluido el control de parches y versiones, se administra a través de un sistema central implementado en la nube o en las instalaciones.

El uso de controladores de borde industrial reduce la cantidad de dispositivos que se conectan a las máquinas en la planta. También proporciona los medios para una solución de simulación local o análisis avanzado en una simulación basada en la nube.

Con una simulación en la nube en una plataforma abierta de Internet de las cosas (IoT), los usuarios pueden asignar datos desde la planta hasta el modelo de gemelo digital. Estos datos se utilizan para crear información para optimizar las condiciones y controlar las variables en las líneas de producción para maximizar el rendimiento y otros KPI. Algunas plataformas en la nube incluyen una aplicación dedicada para preparar y agregar datos de series temporales en una aplicación de simulación (figura 3).

La precisión del modelo mejora con el tiempo, a medida que se recopilan más datos y se alinean con las entradas y predicciones de las variables de control. En configuraciones avanzadas de inteligencia artificial y autoaprendizaje, los modelos pueden manipular los parámetros del PLC

para mejorar la eficiencia operativa, además de generar informes con la reasignación de recursos y activos sugerida. Este tipo de CLDT calibrado se crea como un sistema llave en mano, específico para una máquina o instalación.

Resultados: aplicaciones concretas

Una empresa de fabricación agregó una línea de producción de alto volumen en sus instalaciones, que contiene 75 máquinas, 25 robots de pick & place y cintas transportadoras para realizar operaciones complejas de manejo de materiales. La coordinación de la gran cantidad de equipos requirió una planificación cuidadosa para implementar y optimizar las operaciones después de la puesta en marcha.

El equipo del proyecto desarrolló un gemelo digital para ayudar a los esfuerzos de diseño y puesta en marcha, y cerró el lazo una vez que se instalaron las máquinas, creando un CLDT calibrado (figura 4).

Después de la calibración, el modelo predijo 105.26 trabajos por hora para un determinado turno. El turno real produjo 105 empleos por hora, logrando una precisión de producción del modelo del 99,75%.

Los CLDT tienen beneficios para los fabricantes de máquinas y los usuarios finales durante las fases de diseño, puesta en marcha y operación del ciclo de vida de la máquina.

Los CLDT optimizan la operación

Los gemelos digitales ya son ampliamente aceptados para identificar problemas potenciales al principio del diseño y del desarrollo, y así reducir la ocurrencia de errores y acelerar la puesta en marcha física. Su valor potencial se multiplica durante la operación.

Un CLDT calibrado reduce el tiempo requerido para monitorear manualmente los datos de producción y elimina las conjeturas humanas involucradas en la planificación de cambios de procedimiento y reasignación de recursos para aumentar la eficiencia. Esto se traduce en una operación optimizada y mayores márgenes de ganancia, lo que permite a los fabricantes y empresas de intralógica ser más competitivos en mercados exigentes. ❖

Tu equipamiento tiene un montón para decirte, si tenés forma de escucharlo

Samantha Ruth Reyes
Phoenix Contact
www.phoenixcontact.com.ar



Muchas organizaciones ya se han dado cuenta de que la transformación digital exige cambios en la forma de hacer negocios: podemos ver cómo está cambiando nuestro mundo debido a la digitalización. Basándonos en esto, podemos suponer que nuestro entorno industrial también empezará a cambiar significativamente más rápido en el futuro. En este mundo, todas las partes de la industria se comunican entre sí: las personas, las máquinas y los dispositivos están vinculados. Es así como Internet de las cosas se convierte en una tecnología clave para la digitalización y creación de nuevas oportunidades en la automatización industrial.

Podemos suponer que nuestro entorno industrial también empezará a cambiar significativamente más rápido en el futuro.

IIoT, un lenguaje en común

Internet industrial de las cosas (IIoT, por sus siglas en inglés) aplica el concepto de Internet de las cosas en el contexto industrial y tiene el poten-

cial de añadir valor a cualquier organización que quiera embarcarse en su implementación. A mayor cantidad de datos disponibles y procesados, sumará más valor para mi industria. Es por eso que el primer paso es comenzar a transmitir los datos, a escuchar nuestros dispositivos a partir de su conexión a la red.

Con el avance de la automatización y la integración de IIoT, la gran cantidad de tecnologías de hardware, software y modelos de comunicación disponibles es un gran reto. Ante esta diversidad de dispositivos y tecnologías, es importante para las industrias contar con equipamiento preparado para los requisitos de la automatización industrial de hoy y mañana. Es allí donde Phoenix Contact, como experta, colabora activamente para convertir la digitalización de nuestro mundo en la producción inteligente del futuro.

A mayor cantidad de datos disponibles y procesados, sumará más valor para mi industria.

PLCnext como integrador IIoT

La tecnología PLCnext es un ecosistema abierto para la automatización moderna, lista para los requisitos del mundo IIoT: combina una plataforma de control abierta, un software de ingeniería modular y la integración con servicios en la nube para una fácil y rápida adaptación a las necesidades de la industria.

Los controladores con esta tecnología pueden ir más allá de la programación tradicional con IEC 61131-3: lenguajes de programación de alto nivel y estándares de comunicación abiertos posibilitan aplicaciones en automatización industrial como análisis de imágenes con procesamiento in situ con bibliotecas como OpenCV con Python, dashboards para monitoreo y operación,



comunicación MQTT o REST API con dispositivos y servicios en la nube, uso de bases de datos en contenedores Docker, gestión de archivos y diagnóstico con herramientas de Linux o programación visual basada en JavaScript con Node-RED, entre muchas más posibilidades tecnológicas, sin olvidar la robustez, consistencia de datos asegurada y diseño ciberseguro según IEC 62443 para su implementación en ambientes industriales.

Con una baja inversión y poco esfuerzo, PLCnext facilita el primer paso al mundo de Internet industrial de las cosas, un ecosistema para automatización sin límites. ❖

Fundamentos de seguridad: seguridad convencional vs. seguridad combinada

Autex
www.autex-open.com

Nota del editor. El artículo aquí presentado es propiedad de Profinet University, traducido por Profi Argentina.

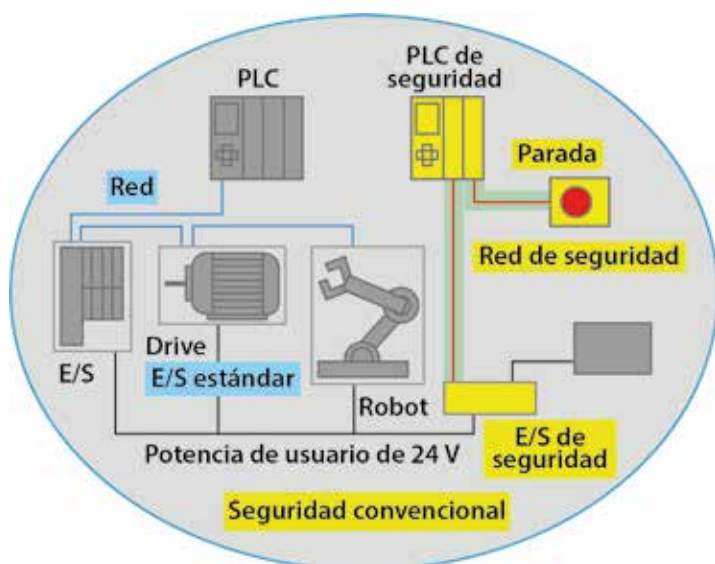


Figura 1. Sistema de seguridad convencional

Los PLC de seguridad son controladores especiales contruidos y certificados para cumplir con requisitos de seguridad internacionales como NFPA 79, IEC 62061, IEC 13849-1 o IEC 61508. Todas estas normas de seguridad definen los niveles de reducción de riesgos.

Principio de PLC de seguridad convencional

El concepto original de PLC de seguridad requería que los PLC normales y las entradas y salidas estándar no se pudieran mezclar, ni con él, ni con los componentes de seguridad en la misma red. Este enfoque dio lugar a la duplicación del cableado para las funciones, tanto de seguridad, como las no relacionadas con seguridad. También añadió complicaciones asociadas a la coordinación de dos sistemas separados. Este enfoque a veces se denomina "Seguridad convencional" (ver figura 1).

Los componentes del sistema de seguridad convencional son los siguientes:

- » PLC/DCS con programa de control
- » PLC/DCS, herramienta de ingeniería/programador
- » Sistema de E/S estándar
- » Bus de comunicación (sin seguridad)
- » PLC de seguridad dedicado con programa de seguridad
- » Herramienta de ingeniería/programador dedicado a seguridad
- » Componentes de seguridad (E/S, interruptores, actuadores con funciones de seguridad incorporadas, cortinas de luz, escáneres láser)
- » Bus independiente solo para seguridad

Principio de PLC de seguridad combinada

El mantenimiento del cableado de bus separado para el sistema de E/S estándar y el sistema E/S de seguridad resultó ser muy costoso. El uso exclusivo de PLC de seguridad y un sistema de E/S de seguridad para manejar E/S estándar y de seguridad simultáneamente también probó ser una opción onerosa. (Los sistemas de E/S de seguridad son mucho más costosos que los sistemas de E/S estándar, si no se requiere seguridad, ¿por qué pagar por ella?). El mejor ahorro de costos vino de la mano de la idea de compartir el PLC de seguridad y el bus de E/S para funciones de seguridad y estándar.

Los componentes del diseño del sistema de seguridad combinado son los siguientes:

- » PLC/DCS de seguridad con un programa de seguridad y otro para funciones no relacionadas con seguridad
- » PLC/DCS de seguridad, herramienta de ingeniería/programador
- » Sistema de E/S estándar
- » Componentes con seguridad incorporada (E/S, interruptores, actuadores con funciones de seguridad incorporadas, cortinas de luz, escáneres láser)
- » Bus de comunicación común

El concepto original de PLC de seguridad requería que los PLC normales y las entradas y salidas estándar no se pudieran mezclar, ni con él, ni con los componentes de seguridad en la misma red.

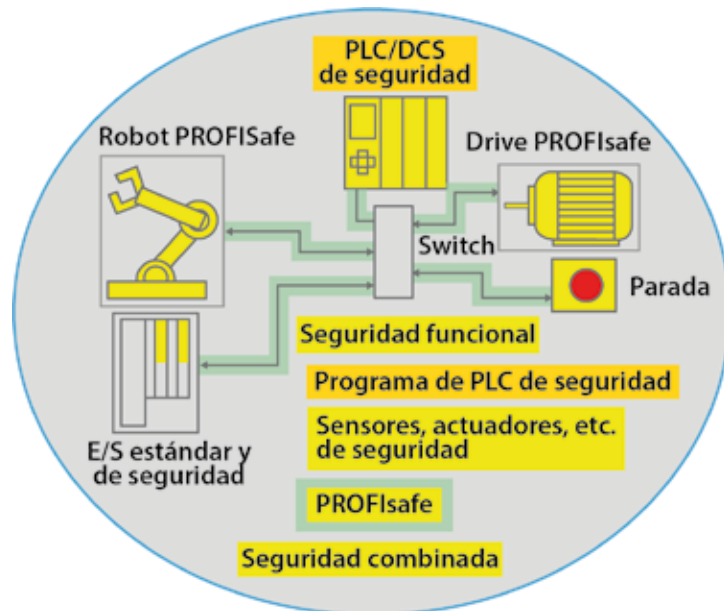


Figura 2. Sistema de seguridad combinada

Beneficios de la seguridad combinada

La combinación de los componentes de seguridad y no relacionados con seguridad en un solo sistema puede generar ahorros significativos en los costos de cableado. El uso de un PLC de seguridad para todas las funciones del PLC/Seguridad permite una sola herramienta de ingeniería para toda la programación. El enfoque combinado ahorra costos y reduce el factor de confusión asociado con el uso de varias herramientas de programación.

Comunicaciones PROFISafe

Profibus/Profinet International (PI) creó PROFISafe, la parte correspondiente a comunicaciones de un sistema de seguridad combinado. ❖

Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx

Parte 1

Mirko Torrez Contreras
Phoenix Contact
www.phoenixcontact.com.ar

Acerca del autor

Mirko Torrez Contreras es un consultor y capacitador especializado en la automatización de procesos. Desde el momento que descubrió el vasto y turbulento océano de los estándares sobre protección contra explosiones, no ha dejado de zambullirse en ellos cada vez que puede. Quizás lo haga debido a que, en la vida real, sea un pésimo nadador.

Este artículo cuenta con el auspicio de Phoenix Contact. Las opiniones expresadas en este artículo son estrictamente personales. Toda la información empleada en este artículo es de conocimiento público.

Introducción: una situación complicada

No puedo imaginar una tarea más desagradable para un ingeniero de aplicaciones en automatización de proceso, especialmente aquellos trabajando en América Central y Sudamérica, que tratar de armonizar las certificaciones requeridas por un dispositivo que deba ser instalado en un área clasificada (para los fines de este artículo, un "área clasificada" se entiende como un área que puede contener una atmósfera potencialmente explosiva).

Este desagrado tiene su origen en el hecho de que las regulaciones nacionales de muchos de estos países suelen admitir el uso de los estándares NEC o IECEx simultáneamente. Puesto que la elección del estándar se deja al usuario final, el cual habitualmente es una empresa internacional, una empresa con sede en los Estados Unidos generalmente seguirá el código NEC, mientras que otra con base en cualquier otro país preferirá el uso de los estándares IECEx.

Una empresa con sede en los Estados Unidos generalmente seguirá el código NEC, mientras que otra con base en cualquier otro país preferirá el uso de los estándares IECEx



Figura 1.

En consecuencia, los profesionales que trabajan en la automatización de proceso deben estar familiarizados en ambos estándares, y en muchos casos los resultados no son los deseados: plantas de proceso de una misma empresa pueden usar distintos estándares dependiendo de su ubicación, otras plantas pueden usar distintos estándares en diferentes sectores, el personal de mantenimiento debe ser entrenado para prestar servicio en instalaciones realizadas siguiendo los procedimientos descritos en el Código NEC o en los estándares IECEx, y en muchos casos el entrenamiento correspondiente no se realiza de la manera adecuada.

Y existe un problema adicional, quizás más inquietante: a veces, las personas que realizan las auditorías de áreas clasificadas son competentes en el código NEC (los más antiguos, por lo general) o en los estándares IECEx (los más jóvenes), pero raramente en ambos. La idea de que una auditoría sea realizada por una persona que no está familiarizada con el estándar que se está utilizando seguramente le quitaría a uno el sueño, si estuviera involucrado.

El resultado obvio de este conjunto de factores es generar confusión, una inadecuada comprensión de los métodos empleados para trabajar en áreas clasificadas y una mayor probabilidad de

eventos explosivos debidos, ya sea a la falta de entrenamiento, o al uso de procedimientos que pretenden cumplir con ambos estándares de manera simultánea.

Para comprender cómo se llegó a esta situación nada grata, debemos viajar en el tiempo a la segunda mitad del siglo XIX.

A veces, las personas que realizan las auditorías de áreas clasificadas son competentes en el código NEC (los más antiguos, por lo general) o en los estándares IECEx (los más jóvenes), pero raramente en ambos

Los orígenes del código NEC 500

La primera edición del Código Eléctrico Nacional (NEC, por sus siglas en inglés) fue publicada en 1897 (sí, yo también me sorprendí con este dato) y fue redactada por los miembros de la Conferencia Nacional de Estándares Eléctricos (de Estados Unidos), la cual estaba compuesta por delegados de diversas asociaciones interesadas en este tema, tales como las aseguradoras y las empresas de construcción.

Estados Unidos fue un país pionero en el uso de sistemas de distribución de energía eléctrica puesto que la tecnología se desarrolló inicialmente allí. Thomas Alva Edison (1847-1931) instaló la primera planta de generación de electricidad en Nueva York en 1882, y la compañía que fundó, después de algunas compras y fusiones, se convirtió en la poderosa General Electric Company.

Durante esos años, los conocimientos básicos sobre cómo funciona la electricidad y qué tipo de medidas de seguridad deben tenerse en cuen-

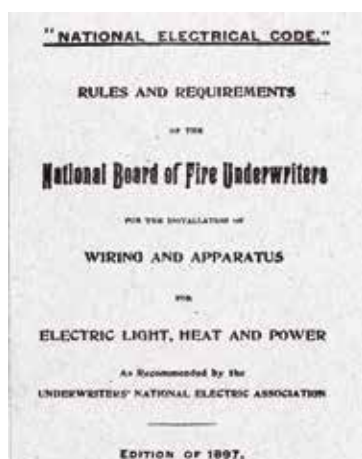


Figura 2. Primera edición del código NEC, de 1897



Figura 3. William Henry Merrill, un joven electricista, fue contratado en 1893 para realizar la verificación de seguridad de la extensa instalación eléctrica de la Feria Mundial, presentada en Chicago durante ese mismo año

ta para su uso, eran prácticamente desconocidos tanto para el público general como para la industria. Por este motivo, el peligro de los incendios ocasionados por fallas eléctricas se convirtió en un grave problema económico y social; por lo tanto, alentó la intervención de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA, por sus siglas en inglés), originalmente creada para regular la implementación de los sistemas rociadores usados para la prevención de incendios en edificios.

Dos organizaciones y tres individuos

Dos reconocidas organizaciones están ligadas a la historia del código NEC y sus orígenes, por los logros alcanzados por tres individuos excepcionales.

El primero es William Henry Merrill, un joven electricista que fue contratado en 1893 para realizar la verificación de seguridad de la extensa instalación eléctrica existente en la Feria Mundial, presentada en Chicago durante ese mismo año.

Este evento fue significativo por dos motivos: a) Edison sufrió su primera derrota ante George Westinghouse, el dueño de la Westinghouse Electric Company, la cual ganó el contrato de la Feria al basar su oferta en el uso de un sistema

de corriente alterna (CA) en lugar del sistema de corriente continua (CC) promocionado por Edison. El sistema de corriente alterna puso en práctica diversos conceptos que habían sido desarrollados en Europa durante los años previos. Era el resultado del trabajo acumulado de inventores del Reino Unido y Hungría, y de la invención en paralelo del generador de corriente alterna, del ingeniero italiano Galileo Ferraris y del inventor de origen serbio, antiguo empleado de Edison, llamado Nicola Tesla.

Merrill concibió la idea de que todo equipamiento eléctrico recién desarrollado debía ser examinado y ensayado antes de salir a la venta pública.

Después de esta experiencia, Merrill concibió la idea de que todo equipamiento eléctrico recién desarrollado debía ser examinado y ensayado antes de salir a la venta pública.

En esa época, el factor de riesgo que implicaba cualquier nuevo invento que funcionara con energía eléctrica era un tema dejado en las manos de las aseguradoras (underwriters) contra incendios y la ocasional buena voluntad de los fabricantes. Con su financiamiento, Merrill fundó el Bureau de Aseguradoras Eléctricas en 1894 el cual, siete años más tarde y después de sucesivas expansiones, se convirtió en los Laboratorios de las Aseguradoras (Underwriters Laboratories o UL), la primera organización establecida para el ensayo de seguridad y certificación de materiales eléctricos en los Estados Unidos. UL sigue operando hasta el día de hoy.

Otro personaje notable es Zachariah Allen. Hasta el año 1835, cualquier negocio contaba solamente con un método para enfrentar eventos tales como incendios, inundaciones y otros desastres: reconstruir desde cero y esperar tener más suerte la próxima vez.

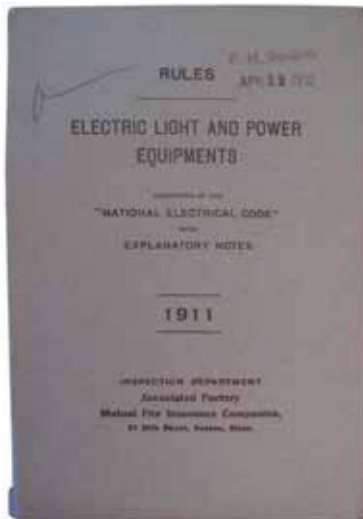


Figura 4. Edición de 1911 del Código NEC

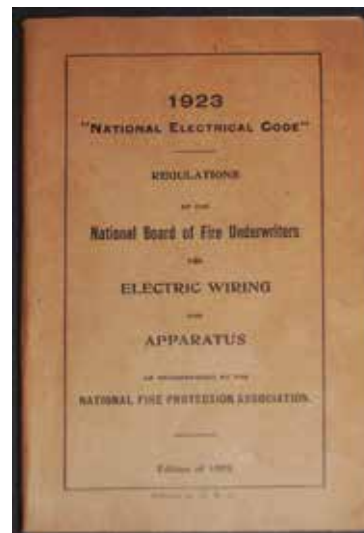


Figura 5. Edición de 1923 del Código NEC

Entonces entró en escena Zachariah Allen, el dueño de una fábrica de telas ubicada en Rhode Island (Estados Unidos). Allen era, además, un científico, abogado, inventor y un ciudadano activo en su comunidad. Inventó, desarrolló e implementó numerosas medidas de seguridad en su fábrica con la esperanza de bajar las primas de su seguro, pero su aseguradora no aceptó su pedido.

Hasta el año 1835, cualquier negocio contaba solamente con un método para enfrentar eventos tales como incendios, inundaciones y otros desastres: reconstruir desde cero y esperar tener más suerte la próxima vez.

En lugar de aceptar este resultado, Allen reunió a otros fabricantes de telas y creó una compañía de aseguradora de carácter mutual, la cual solo aseguraba fábricas que demostraran seguir prácticas de producción seguras. Este grupo de compañías se hizo conocido como las Mutuales de

Fábricas (Factory Mutuals) y el método de trabajo adoptado por ellas fue el Sistema de Mutuales de Fábricas (Factory Mutuals System).

El tercer personaje es John Freeman, un ingeniero civil que empezó a trabajar en el departamento de Inspecciones de Factory Mutuals en 1886, y durante los siguientes diez años trabajó para implementar metodologías científicas de trabajo en la organización, creando los Factory Mutuals Laboratories. Después fue nombrado presidente de la Mutual de Empresas Aseguradoras contra Incendios para Fabricantes y Mecánicos de Rhode Island y Providence (Manufacturers, Rhode Island, and Mechanics Mutual Fire Insurance Companies of Providence). Este fue el primer paso del proceso de unificación de numerosas compañías aseguradoras dentro de lo que se denominó posteriormente como el 'Sistema de Mutuales de Fábricas' (Factory Mutuals System), cuyo primer logro fue el desarrollo de un conjunto único y consistente de reglas para la fabricación de sistemas rociadores automáticos para la prevención de incendios en edificios. Esta organización continuó trabajando después de su partida y finalmente se transformó en la empresa aseguradora FM Global, la cual

sigue en operaciones hasta estos días. Una de las divisiones de FM Global es FM Approvals, descendiente directo de los Laboratorios Factory Mutuals fundados por Freeman.

La NFPA se hace cargo del código

La Conferencia Nacional de Estándares Eléctricos dejó de funcionar en 1911, cuando sus miembros decidieron que los objetivos iniciales buscados habían sido alcanzados. A partir de ese año, la publicación del Código NEC se realiza bajo el auspicio de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, de Estados Unidos (NFPA, por sus siglas en inglés, bajo el nombre oficial de Estándar ANSI/NFPA 70. También empezó a contar con el soporte del Instituto Nacional de Estándares de Estados Unidos (ANSI, por sus siglas en inglés) desde el año 1920.

La primera referencia sobre el tema de las áreas con peligro de explosión (clasificadas) apareció en la edición 1923 del Código NEC. En la edición de ese año, el Código presentó un nuevo artículo titulado "Áreas extra peligrosas". Este artículo describe los riesgos y las prácticas de prevención recomendadas para ambientes y comparti-

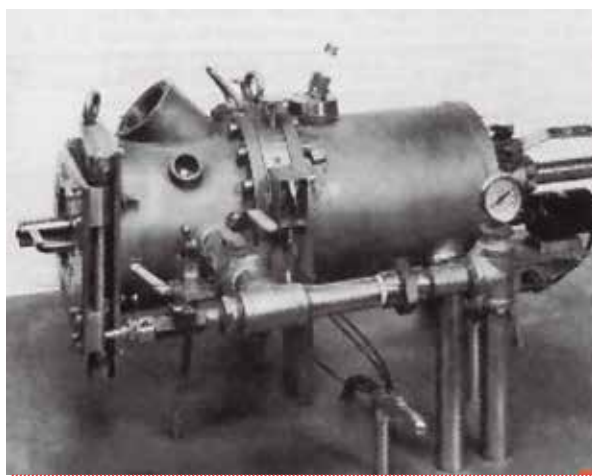


Figura 6. Aparato de prueba de Westerberg

mentos empleados para la fabricación, el uso o el almacenamiento de gases, líquidos, mezclas o cualquier otro material altamente inflamable.

La primera referencia sobre el tema de las áreas con peligro de explosión (clasificadas) apareció en la edición 1923 del Código NEC.

Las clasificaciones y el MESG

Esos años vieron el comienzo del desarrollo de dispositivos eléctricos "a prueba de explosiones" (explosion proof), los cuales tenían una envoltura protectora capaz de contener las chispas creadas por estos dispositivos y, por lo tanto, también la posterior explosión, al interior del recinto. La idea surgió después de aceptar el hecho de que, si se usaba equipamiento eléctrico estándar en un área clasificada como peligrosa, eventualmente tendría lugar una explosión.

El concepto de "Clasificaciones" requería que cualquier parte eléctrica capaz de producir chispas debía estar encerrada en un recinto a prueba de explosiones durante su funcionamiento normal.

1931 fue el año en que el Código introdujo el concepto de "Clasificaciones para áreas peligrosas". La idea era clasificar los componentes eléctricos, de acuerdo con la posibilidad de generar chispas

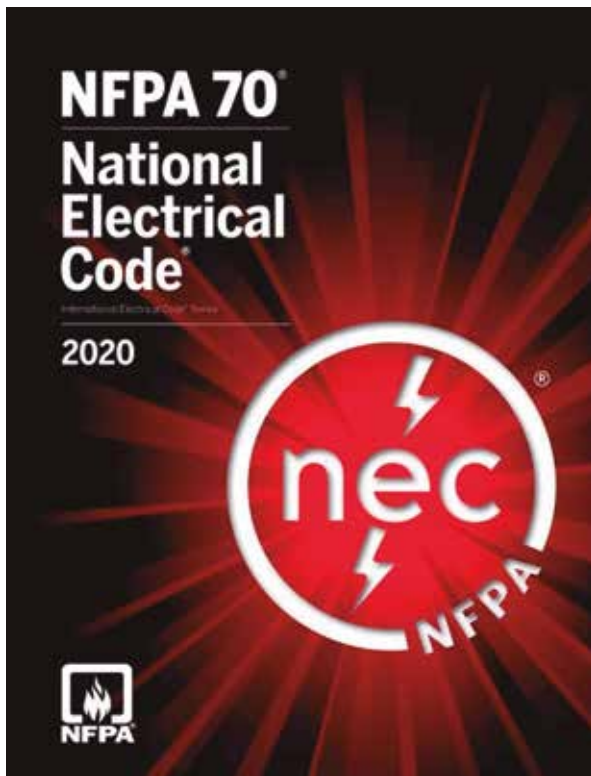


Figura 7. Última edición del Código NEC, de 2020

de cada pieza, y especificar posteriormente el tipo de envolvente adecuada.

El concepto de “Clasificaciones” requería que cualquier parte eléctrica capaz de producir chispas debía estar encerrada en un recinto a prueba de explosiones durante su funcionamiento normal.

Este requisito reconocía el hecho de que no es posible fabricar un recinto absolutamente hermético en la vida real y, por lo tanto, debe suponerse que el interior del recinto estará ocupado por la misma atmósfera potencialmente explosiva que el entorno circundante. Por lo tanto, el método a prueba de explosiones dependía del cálculo experimental de la brecha máxima experimental segura (MESG, por sus siglas en inglés) según lo determinado por el aparato de prueba de Westerberg. Este dispositivo proporciona un método para medir la altura de una ranura disponible en la envolvente necesaria para enfriar

los gases generados por la explosión, disipar su presión y apagar las llamas generadas por cada sustancia inflamable ensayada.

Los resultados del método a prueba de explosiones fueron sustanciales, y dado que la robustez de un recinto a prueba de explosiones ofrecía ventajas adicionales en algunas industrias, como la minería y la industria del gas y petróleo, se convirtió en el método usado por defecto para la instalación de equipos eléctricos en áreas clasificadas en los Estados Unidos y su área de influencia.

El código NEC hoy en día

Desde ese año, el Código NEC ha sido actualizado, reorganizado y renovado de manera continua. También ha incorporado nuevos desarrollos tecnológicos y avances en la protección contra incendios y explosiones, con ediciones nuevas cada tres años. La última disponible es de 2020.

El Código NEC es un texto masivo, el cual contiene alrededor de mil páginas en su versión original en inglés. Cubre un rango de temas tan amplio, que la NFPA publica de manera simultánea con cada nueva edición, una guía de lectura conocida como el Manual del Código NEC/NFPA 70. Este manual incluye el Código NEC y añade numerosos gráficos y comentarios para ayudar a la comprensión de los conceptos tratados.

Durante la primera mitad del siglo XX, ningún conjunto de estándares sobre protección contra explosiones tuvo tanta influencia como el artículo 500 del Código NEC. También conocido como el NEC 500, era el conjunto de regulaciones probado en el campo más grande y más ampliamente aceptado disponible en el continente americano.

Gracias a la fuerte influencia de Estados Unidos en los países de Latinoamérica, los trabajos de estandarización locales se basaron inicialmente en los creados en este país.

Las desventajas de una larga herencia

El Código NEC/NFPA70 cuenta con una larga historia, y su éxito no puede ser ignorado, pero debe cargar con la herencia de haber sido desarrollado de acuerdo con las necesidades y características específicas de un solo país.

Cuenta con desventajas en el mercado internacional: fue originalmente creado basado en el uso del sistema imperial de unidades y aun cuando hoy en día haya adoptado el sistema métrico decimal, todavía emplea tablas de conversión de unidades entre ambos sistemas, por lo que requiere gran cuidado si se usa en un ambiente de trabajo mixto.

Otra desventaja consiste en la naturaleza descentralizada de las regulaciones en Estados Unidos. El Código NEC no tiene el carácter de ley y no puede ser usado de modo obligatorio. Por este motivo, su aceptación y uso no es uniforme entre estado y estado, y en algunos casos, entre localidad y localidad. Hay casos en los cuales un estado o una localidad se demora en la adopción de las últimas versiones del Código o simplemente ignora las recomendaciones que no sean del agrado de los votantes locales.

La naturaleza de una economía globalizada, la cual favorece cada vez más la adopción de estándares internacionales, obligó a la NFPA a publicar la versión NEC 505 del Código, la cual es un intento de armonizar la metodología y nomenclatura empleada por IECEx, con las utilizadas en la versión NEC 500. Esto se hizo principalmente para permitir que los fabricantes estadounidenses pudieran exportar sus productos a los países que han adoptado el esquema IECEx.

Eso significa que una persona que trabaja en la industria relacionada con las áreas clasificadas en Estados Unidos requiere contar con conocimientos sobre tres conjuntos diferentes de estándares: NEC 500, NEC 505 e IECEx. Y también significa que los productos aptos para uso en áreas

clasificadas requieren estar certificados bajo tres conjuntos diferentes de estándares.

La naturaleza de una economía globalizada, la cual favorece cada vez más la adopción de estándares internacionales, obligó a la NFPA a publicar la versión NEC 505 del Código, la cual es un intento de armonizar la metodología y nomenclatura empleada por IECEx, con las utilizadas en la versión NEC 500.

Desde la perspectiva del usuario final, eso también se traduce en la presencia de etiquetas de certificación extremadamente complejas en los productos, lo que requiere contar con una gran familiaridad con todos los estándares aplicables.

Por supuesto que no hay una solución fácil a esta dicotomía. Mover a todo un país de un conjunto de normas a otro es una tarea enorme y compleja, especialmente uno con un gran mercado interno. Pero a medida que la economía mundial avance cada vez más hacia un sistema interconectado a nivel mundial, la necesidad de unificar los estándares se volverá imperativa. ■■

Addendum

Podrán encontrar más información sobre la relación entre los estándares NEC, ATEX e IECEx en el artículo de 2016 disponible en <https://www.linkedin.com/pulse/nec-vs-atexiecex-en-5-rounds-desde-una-perspectiva-de-mirko/>

Resulta interesante, además, ver el estado de las cosas hace cinco años.

Acerca del rol de la robótica industrial en el proceso de automatización

Kuka presentó las novedades de su catálogo, en consonancia con su visión sobre el papel que tendrá o deberá tener la robótica en el futuro.

Kuka Roboter
www.kuka.com



Peter Mohnen es el director general del grupo Kuka, un referente mundial en lo que a robótica respecta. En el marco de la feria internacional de Hannover durante este año 2021 aprovechó para dar a entender cuál es su visión sobre la robótica y, en función de eso, los objetivos que plantea para la empresa que dirige.

"Nuestra misión para 2030 es que la automatización sea más sencilla, más intuitiva y, por lo tanto, disponible para todos".

Peter Mohnen

"Nuestra misión para 2030 es que la automatización sea más sencilla, más intuitiva y, por lo tanto, disponible para todos", afirmó. El directivo entiende que la industria en su conjunto camina hacia un mayor grado de automatización y digitalización en consonancia de su objetivo de ganar eficiencia productiva, reducir costos y contribuir con la mejora del medioambiente. La robótica es una parte de ese objetivo, y es por eso que Peter orienta la innovación y desarrollo de la empresa

en ese mismo camino. En concreto, tiene hojas de ruta planteadas hasta 2030 que pretenden lograr que programar un robot sea tan fácil como trabajar con una PC hoy en día.

El proyecto es ambicioso, y quizá pueda ser acusado de demasiado optimista, pero en rigor la creciente amplitud de las aplicaciones es evidente en la industria. "Tras la pandemia de coronavirus, se producirá un verdadero impulso de la automatización, sobre todo en la logística y la sanidad, lo que tendrá un gran impacto a medio plazo", dijo.

"Tras la pandemia de coronavirus, se producirá un verdadero impulso de la automatización, sobre todo en la logística y la sanidad, lo que tendrá un gran impacto a medio plazo". Peter Mohnen

La era de la primacía de los productos individuales cede su protagonismo a una época en la que en el centro de interés estarán los softwares. El verdadero valor añadido ya no reside en un solo producto sino en los sistemas de soluciones conectadas digitalmente.

El objetivo a largo plazo es claro: todos los productos deberán estar equipados con el nuevo sistema operativo en algún momento, un proyecto en el que ya se han dado los primeros pasos. La propuesta de Kuka, entonces, incluye toda la gama completa de robots, desde componentes hasta sistemas conectados grandes y complejos, y todos incluyen un sistema operativo que ofrece acceso a todo un ecosistema de programas o aplicaciones, servicios y accesorios.

Las novedades de este 2021 en la cartera de la empresa contribuyen a que los objetivos planteados sean una realidad. La última incorpora-





ción es la plataforma móvil autónoma KMP 600, que ofrece movilidad eficiente, cooperativa y autónoma con navegación potente y segura.

El software es más decisivo que nunca: el verdadero valor añadido ya no reside en un solo producto sino en los sistemas de soluciones conectadas digitalmente.

Se destacan también como novedades los robots KR Scara y KR Delta. El primero es un equipo pensado para montar piezas pequeñas, manipular materiales o realizar pruebas en espacios muy reducidos. Es resistente, rápido y eficiente, y ofrece máxima repetibilidad y tiempos de ciclo cortos. Gracias a su amplia variedad de alimentaciones de medios integradas, es po-

sible llevar a cabo casi cualquier tarea de forma inmediata.

KR Delta, por su parte, es de tipo higiénico, es decir, está diseñado para su uso en espacios en donde las condiciones de limpieza son más exigentes, por ejemplo, en contacto directo con alimentos, medicamentos o componentes electrónicos. Su carcasa es de acero inoxidable.❖

Diseño e implementación de un extractor de video-radar y seguimiento

Nélida Gálvez, Agustín Campo Kihn, Christian Galasso,
Diego Martínez, Ricardo Cayssials y Juan Cousseau

SIAG, Armada Argentina

Universidad Nacional del Sur
www.uns.edu.ar

UTN Bahía Blanca
www.frbb.utn.edu.ar

En este trabajo se presenta el desarrollo de un extractor de video-radar y tracking (EVRT), que consiste en un sistema integrado de software y hardware, cuyo principio de funcionamiento se basa en la detección y posterior seguimiento en tiempo real de varios objetos de interés (embarcaciones, aeronaves, etc.) en forma automática y simultánea, dentro de un área, para brindar al usuario toda la información posible acerca de los objetos detectados (ubicación en rango y acimut, velocidad, aceleración, rumbo, etc.).

El principal objetivo de este proyecto es el de dotar a las unidades de la Armada Argentina de un sistema de alta complejidad con desarrollo propio adaptado a los requerimientos, versátil dentro de ciertos márgenes, con bajo costo de inversión y capacidad de producir tantos equipos como sea necesario. Brindará, además, la posibilidad de interactuar con otros proyectos ya desarrollados y en proceso de desarrollo, lo que permitirá disponer de un sistema completo de simulación, de prueba, visualización de señales radar y de extracción de la información contextual en la vigilancia marítima.

Contactos

Nélida Gálvez: ngalvez@uns.edu.ar

Agustín Campo Kihn: agustin.campo.kihn@gmail.com

Christian Galasso: christian_galasso81@yahoo.com.ar

Diego Martínez: dmmartinez7@gmail.com

Ricardo Cayssials: rcayssials@frbb.utn.edu.ar

Juan Cousseau: jcousseau@uns.edu.ar

Nota del editor. El artículo aquí reproducido fue presentado originalmente como trabajo de investigación en el Congreso Argentino de Control Automático, en el marco de la Semana de Control Automático, llevada a cabo por AADECA en 2020.



Figura 1. EVRT en funcionamiento

La señal proveniente de los objetos detectados se reproduce en la consola táctica, por lo que antiguamente, la capacidad de detección y seguimiento de los objetos estaba supeditada a la pericia de los operadores que observaban una imagen [15]. Los destellos provenientes de los objetos, también llamados “ecos”, normalmente llegan inmersos en ruido y entorno (se refiere de este modo a los ecos no deseados recibidos por el radar y que son causados por el entorno marino) [2].

La propuesta se implementa sobre un sistema de software y hardware con tecnologías modernas tales como módulos con FPGA, con capacidades de procesamiento y manejo de datos muy superiores a las del sistema anterior.

En la actualidad, los ecos radar se detectan en forma automática, con diferentes metodologías, mediante las cuales se captura la señal y se procesa con diversos algoritmos. El objetivo es lograr una indicación precisa de la ubicación, y así luego poder hacer un seguimiento en forma automática dentro de la consola táctica.

El desarrollo que se describe en el presente trabajo es la actualización de un sistema de detección y seguimiento de señales radar, en el que se utilizó como base para el procesamiento un clúster de procesadores digitales de señales (DSP) [15]. La propuesta se implementa sobre un sistema de software y hardware con tecnologías modernas tales como módulos con FPGA, con capacidades de procesamiento y manejo de datos muy superiores a la del sistema anterior, lo que trajo como consecuencia la necesidad de rediseñar una arquitectura general acorde al hardware

propuesto, como así también el estudio, investigación e implementación de los procesos en este nuevo sistema. Con el presente desarrollo se logró mejorar varios aspectos del diseño como, por ejemplo, inconvenientes en la captura y almacenamiento de los datos, antes realizada por sectores, o cuestiones asociadas a las velocidades de procesamiento. En la figura 1 se muestra el sistema en funcionamiento. En el caso de la detección se trabajó en el criterio de Neyman Pearson [13], mediante el modelado de la señal radar utilizando diferentes funciones de densidad de probabilidad (PDF, por sus siglas en inglés) [18], [14]. Se estudiaron varias técnicas para la estimación de parámetros [13], como así también los procesos CFAR [8] y ventana deslizante (MW, por sus siglas en inglés) [5]. Con respecto al proceso de seguimiento, se trabajó en la resolución de trayectorias en base a los conceptos de “correlación”, “asociación” y “predicción”, con la implementación del filtro Kalman, que aunque tiene más de cincuenta años de antigüedad se sigue utilizando [12], [19], [6].

Si bien en el mercado se presentan productos que brindan funciones similares, por ejemplo el SPx Tracking Server de Cambridge Pixel o la placa Cougar 2 Radar de Curtiss-Wright, que efectúa captura de datos, conversión de video y seguimiento de objetos de interés; tener un desarrollo propio permitirá disponer de un sistema adaptable a las necesidades de la Armada Argentina, con la posibilidad de instalarse en varias unidades de mar, de bajo costo de fabricación, instalación y mantenimiento.

El proceso de investigación para el desarrollo del EVRT lleva varios años de trabajo conjunto entre la Armada Argentina (ARA-SIAG), la Universidad Nacional del Sur (UNS-DIEC) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB), en el marco de convenios de cooperación entre las instituciones mencionadas [15], [10], con el financiamiento del Ministerio de Defensa de la República Argentina.

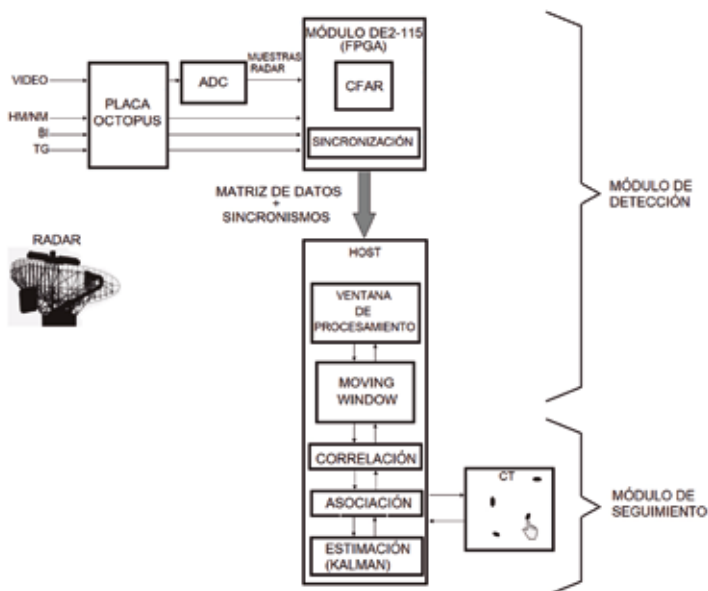


Figura 2. Estructura general del EVRT

Cabe destacar que esta sigue siendo un área de investigación de actualidad [4], y todavía quedan aspectos pendientes del procesamiento de la señal radar que se detallan en este trabajo para futuras investigaciones.

Estructura general del EVRT

Para visualizar los ecos dentro de la consola táctica, se utiliza un conjunto de señales de sincronismo que permiten representar el contenido de la señal de video-radar en forma polar. La arquitectura del EVRT, que se representa en la figura 2, consiste en una estructura sincronizada por medio de estas señales que permiten obtener las referencias necesarias para los procesos del sistema.

Su principio de funcionamiento está basado en la digitalización de la señal de retorno radar y el procesamiento en tiempo real. Los bloques dis-

tivos del sistema son los módulos de detección y seguimiento. En el módulo de detección se realiza la captura de la señal de video-radar por medio de un conversor analógico digital, luego, se procesan las muestras en rango y acimut para distinguir los ecos del ruido y entorno de mar. Estos ecos detectados pasan al módulo de seguimiento, donde mediante algoritmos de correlación, asociación y predicción se determina su trayectoria para, posteriormente, brindar resultados en la consola táctica.

Este sistema es altamente modular, se logró trabajar sobre cada bloque por separado, con entradas/salidas como parámetros, que funcionan en forma independiente, lo que facilitó realizar cada etapa por separado, permitiendo así dar continuidad al desarrollo por diferentes grupos de trabajo.

Con este método, se creó un espacio flexible, que permitió desarrollar y probar distintas alternativas de implementación por separado, con eficacia y eficiencia.

Tener un desarrollo propio permitirá disponer de un sistema adaptable a las necesidades de la Armada Argentina, con la posibilidad de instalarse en varias unidades de mar, de bajo costo de fabricación, instalación y mantenimiento.

Placa Octopus

Se diseñó un circuito de adaptación de niveles de las señales que provienen del radar o de un simu-

lador de señales radar (SIMURAD). El hardware desarrollado tiene el objetivo de adaptar y aislar las señales, con el fin de proteger los equipos involucrados. La placa se denominó "Octopus" ('pulpo' en inglés), por poseer cuatro señales de entrada y cuatro señales de salida: *trigger* (TG), *bearing increment* (BI), *heading mark* o *north mark* (HM/NM) y video-radar.

La Octopus tiene una etapa de adaptación, un buffer de distribución de señales y una etapa de amplificación, con dos circuitos amplificadores de video, uno en modo diferencial y otro en modo común, para adaptar los niveles de la señal de video a las especificaciones de los módulos de las etapas siguientes: el módulo conversor analógico digital y un conversor de barrido radar, que permite visualizar la señal en forma polar en la consola táctica.

A continuación se presenta una descripción de estas señales provenientes del radar:

- » HM/NM. Se debe al movimiento de rotación de la antena y se define como un nivel lógico. De acuerdo a su configuración, puede indicar que la antena alcanza su posición norte (NM), o en el caso de un radar marítimo, indica la proa de la embarcación (HM). Según el tipo de radar, la velocidad de rotación de la antena varía de acuerdo a su aplicación y configuración. Por ejemplo, algunos radares marinos civiles tienen velocidades de rotación entre 22 y 33 rpm, y en algunas embarcaciones de alta velocidad se utilizan velocidades de hasta 45 rpm [2].
- » BI. Es un tren de pulsos producidos por el movimiento angular de la antena. Originalmente proviene de un conjunto de dispositivos mecánicos y electromecánicos que permiten medir el ángulo entre el HM/NM y el objeto de interés [2]. Este tren de pulsos puede tener una resolución de 2.048, 4.096 u 8.192 pulsos por revolución de antena. En la figura 3 se muestra un ejemplo del modo en que se relacionan las señales de HM/NM y BI,

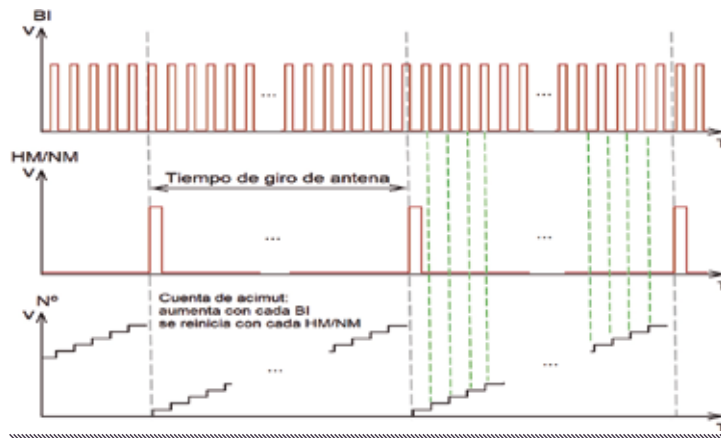


Figura 3. Relación entre las señales de bearing increment y heading mark/north mark

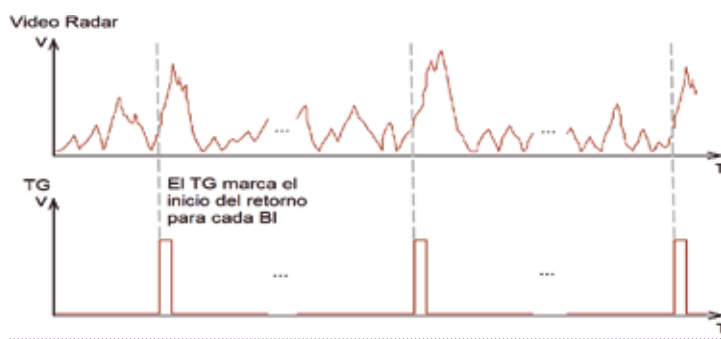


Figura 4. Señales de video y *trigger* del radar

para obtener la cantidad de BI que ocurren durante el tiempo que el radar da un giro de antena completo.

- » TG. El disparo radar consiste en un pulso rectangular muy delgado que indica el instante en el que el radar transmite el pulso de radiofrecuencia. La diferencia de tiempo entre el instante en que se produce cada pulso de *trigger* y el instante en que aparece cada eco, permite al receptor determinar la distancia a la que se encuentran los objetos que lo generan, esta distancia se denomina "rango". La frecuencia de esta señal, también llamada "frecuencia de repetición de pulsos" (PRF,

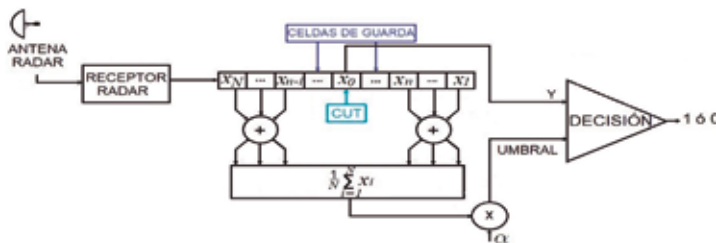


Figura 5. Esquema de celda promedio CFAR

por sus siglas en inglés), es una característica de cada sistema radar. Generalmente, se mide en pulsos por segundo o hertzios. Algunos valores típicos van desde los 850 hasta los 4.000 Hz [2]. El periodo de esta señal define el rango: a mayor periodo, mayor rango de detección. El ancho de este pulso, además, determina la discriminación en rango, o sea la capacidad de distinguir entre dos objetos cercanos.

- » Video-radar. Generada a partir de los ecos electromagnéticos recibidos, es una señal analógica de tensión en función del tiempo, cuya amplitud en un instante de tiempo está estrechamente relacionada con la intensidad en que se recibe el eco. Puede estar contaminada por el entorno marino. Se pueden obtener una o varias señales de video por unidad de ángulo. Esta señal se muestra por medio del conversor analógico digital para su procesamiento digital. La mínima velocidad de muestreo que se puede utilizar dependerá del ancho del pulso de *trigger*. Por ejemplo, si este pulso tiene un ancho de 60 ns, entonces, la mínima velocidad de muestreo deberá ser de 16,67 Msps, para conseguir por lo menos una muestra por pulso. En la figura 4, se puede apreciar la relación entre el *trigger* y la señal de video, donde el *trigger* marca el inicio del retorno para cada *bearing increment*.

Módulo de detección

La función del módulo de detección es detectar la presencia de objetos de interés en la señal de video muestreada. Consta de un proceso de detección en rango y otro en acimut. El proceso de detección en rango se denomina “tasa constante de falsas alarmas” (en adelante, ‘CFAR’, por sus siglas en inglés) y la detección en acimut se lleva a cabo con el proceso de ventana deslizante. La implementación de este módulo consta de los siguientes procesos: CFAR, transmisión de datos hacia el *host* y ventana deslizante.

Respecto de CFAR, el principal desafío que se presenta cuando se diseña un detector radar es distinguir los objetos de interés del entorno en que estos se encuentran inmersos. Mucho se ha estudiado este tema, la función del detector es la de tomar una decisión: determinar si en la celda de rango bajo análisis (CUT, por sus siglas en inglés), hay un objeto de interés, o solamente entorno. El método clásico consiste en establecer un umbral adaptativo que varíe de acuerdo a la energía del entorno contenido en la señal radar. Un algoritmo que se utiliza frecuentemente para realizar esta operación es el esquema CFAR, que estima la energía de entorno en la celda de análisis y ajusta un umbral de detección de acuerdo a la variación en las celdas adyacentes a la celda de análisis. El umbral de detección se calcula de modo tal que el detector mantiene una probabilidad de falsa alarma constante [11].

Un esquema de detección ampliamente estudiado en la literatura radar es el promedio de celdas (CA, por sus siglas en inglés) CFAR. Este procesador establece un umbral de detección por medio de la estimación del nivel medio en una ventana de detección de cierta cantidad de celdas de rango, como puede apreciarse en la figura 5. Este detector es el óptimo (maximiza la probabilidad de detección) en un entorno homogéneo cuando las celdas adyacentes a la celda de análisis contienen muestras de entorno independientes e idénticamente distribuidas caracterizado por

las funciones de densidad de probabilidad exponenciales [11].

Su principio de funcionamiento está basado en la digitalización de la señal de retorno radar y el procesamiento en tiempo real. Los bloques distintivos del sistema son los módulos de detección y seguimiento.

Teniendo en cuenta que, debido a las características del entorno marino y con el advenimiento de los radares de alta resolución, no siempre es posible modelar el entorno mediante las funciones de densidad de probabilidad exponenciales [14]. Por este motivo, se encuentran en la literatura múltiples esquemas de detección propuestos, entre los que se destacan el *greatest off* (GO), *smallest off* (SO), *ordered statistic* (OS), entre otros [16], [18], [4].

En el presente trabajo, se implementó el promedio de celdas CFAR de acuerdo al esquema que se presenta en la figura 5. Se utilizaron dos módulos de desarrollo de la firma Terasic, un conversor analógico digital THDB ADA conectado a un DE2-115, que cuenta con un dispositivo FPGA Cyclone IV de Intel, dentro del cual se implementó la arquitectura del CFAR.

El promedio de celda CFAR se describió mediante registros de desplazamiento de ancho y profundidad parametrizables, por lo que se puede adaptar fácilmente a diferentes velocidades de muestreo, ancho de conversión de la señal de video y profundidad de la ventana de ponderación.

Este esquema de detección, que solamente requiere el cálculo de un promedio, opera bajo el principio de ventana deslizante, según el cual se desplaza el mecanismo detector por toda la zona

de cobertura. Así, se evalúa la existencia de un objeto de interés mediante la comparación del nivel encontrado en la celda de análisis con el umbral de detección, que se calcula como el promedio hallado en las celdas vecinas o de referencia, multiplicado por un factor de escala (α). Las celdas de guarda (las vecinas más cercanas) se remueven del cálculo del promedio para evitar que la detección se desparrame en su vecindad. Si el valor de la celda de análisis (Y) es mayor que el valor de umbral, entonces a la salida se obtiene un '1', lo cual indica que se detectó un objeto de interés. Caso contrario, un '0' indica ausencia de objeto de interés.

Teniendo en cuenta que cada muestra proveniente del conversor analógico digital contiene 14 bits de video digital, a la salida del CFAR, se obtiene un resultado de un solo bit por muestra, que indica la detección o no en la celda de análisis. Este proceso, realizado en el dispositivo FPGA, reduce considerablemente la cantidad de bits a transmitir y procesar, logrando de este modo mejorar notablemente la velocidad de procesamiento del sistema en relación al desarrollo anterior [15].

Respecto de la transmisión de los datos hacia el *host*, para transmitir la salida del CFAR y las señales de sincronismo por Ethernet y, por consiguiente, bajar el ancho de banda requerido para su transmisión, se agrupó la información en palabras de 32 bits que se envían a un *host* por Ethernet, donde continuará el procesamiento utilizando lenguaje Python. Cada palabra debe contener los '1' y '0' de la salida del CFAR y las indicaciones de las señales de sincronismo. En los primeros 19 bits se almacena la salida del CFAR y se lleva una cuenta de la cantidad que ingresa. Las indicaciones de *trigger* y *bearing increment* se codifican, cada una de ellas, en 5 bits de acuerdo a la posición de cuenta, correspondientes a los 19 bits del CFAR. De esta manera, se preserva la relación sincrónica del muestreo de la señal de video y la ocurrencia de las señales de *trigger* y *bearing increment*. Los dos últimos bits se utilizan para

secuenciar las palabras de 32 bits transmitidas con el objetivo de verificar su correcta recepción. Posteriormente, se envía por Ethernet esta palabra, se reinicia la cuenta, se vacía el registro, y se repite el procedimiento. Los datos son recibidos por el *host* y se ordenan en una matriz, denominada "M", donde las filas representan los *triggers* y las columnas, las muestras correspondientes a cada *trigger*.

Este sistema es altamente modular, se logró trabajar sobre cada bloque por separado, con entradas/salidas como parámetros, que funcionan en forma independiente, lo que facilitó realizar cada etapa por separado.

Por su parte, el módulo de ventana deslizante, también denominado "MW", en dos dimensiones, tiene el objetivo de realizar un análisis en acimut, evaluando la cantidad de detecciones que arrojó el CFAR para cada retorno, y filtrando falsas detecciones. Para ello, registra los últimos tres conjuntos de muestras en rango, correspon-

diente a los últimos tres *triggers*. A medida que las muestras del último *trigger* van llegando, analiza la cantidad de '1' provenientes del CFAR, dentro de una ventana de 3x3 (tres muestras en rango por tres muestras en acimut). Este algoritmo utiliza un criterio de tipo m/n, para decidir si se detectó un objeto de interés [5], o sea, si de 'm' muestras, 'n' son '1', se determina la presencia de un *plot*. El conjunto de *plots* detectados se transfiere al módulo de seguimiento.

Módulo de seguimiento

El desarrollo del módulo de seguimiento se realiza en lenguaje Python/NumPy en el *host*. El proceso se inicia desde la consola táctica, por un operador, quien selecciona un eco con el *mouse* o desde una pantalla táctil. Esta selección da inicio al proceso de seguimiento automático, que se realiza del siguiente modo: una vez que el operador envía su solicitud, comienza un proceso iterativo, donde se localiza el objeto, se calcula su velocidad, aceleración, se estima su trayectoria, etc. Este proceso abre una ventana de datos centrada en el punto de inicio del seguimiento o en la última posición del eco. Posteriormente, se predice su próxima ubicación, para desplazar la ventana a esta nueva posición, donde se analizan

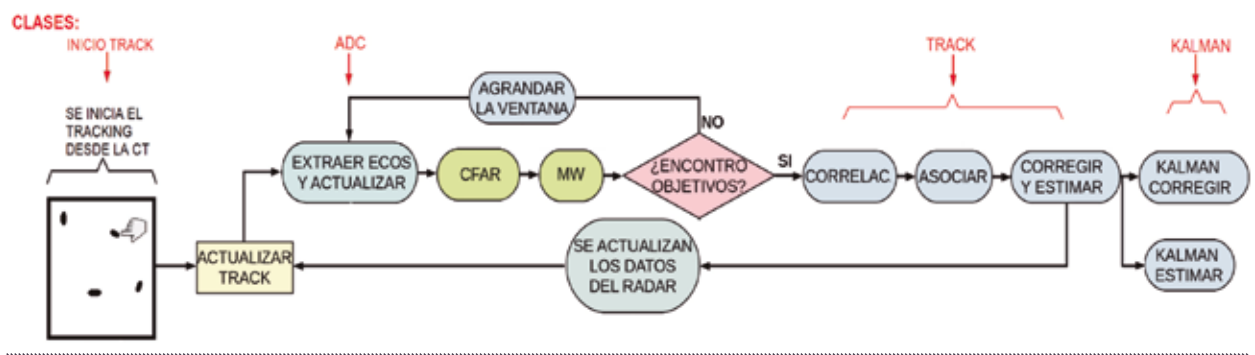


Figura 6. Estructura del software

los datos provenientes del detector en el siguiente giro del radar. Si no se encuentra la detección del eco dentro de esta ventana, se agranda y se vuelven a solicitar los datos al proceso de detección. La ventana se agranda en cada giro del radar hasta un nivel máximo, cuando se consigue este máximo sin detectar un objeto, el objeto se da por perdido, pero en el caso en que la detección sea positiva, se incorporan los ecos a la matriz de correlación y se asocian entre sí, luego, se predice su nueva ubicación.

Dentro de este módulo, se pueden distinguir los bloques, definidos como "clases". El modelado en clases de todo el sistema permite una plataforma de desarrollo y verificación de conceptos Agile [1]. La utilización de Python y cocotb [3] ha posibilitado técnicas de simulación de *hardware-in-the-loop* flexibles para la evaluación y análisis de diferentes métodos de procesamiento en hardware [17]. En la figura 6 se puede apreciar un diagrama que muestra en forma general la estructura del software.

A continuación se describen las clases que componen este módulo:

- » Clase InicioTrack: inicializa el seguimiento y lo actualiza utilizando los datos provenientes de la matriz 'M'. Decide la apertura y ta-

maño de la ventana, interactúa con la clase Track.

- » Clase ADC: se encarga de recibir los nuevos datos CFAR provenientes del conversor analógico digital, también, actualiza y contiene la matriz 'M'.
- » Clase Track: almacena los datos de posición, velocidad y aceleración del eco detectado y al cual se está haciendo el seguimiento. Contiene una instancia de la clase Kalman, que se encarga de hacer las predicciones de las próximas ventanas de búsqueda.
- » Clase Kalman: implementa el filtro homónimo, un algoritmo que permite encontrar los estados de un sistema (posición, velocidad y aceleración), en base a mediciones y estados anteriores. También se encarga de predecir el estado de dichas variables [19].

La separación del proyecto en componentes y una política de documentación permitió sumar alumnos en el marco de sus prácticas profesionales supervisadas.

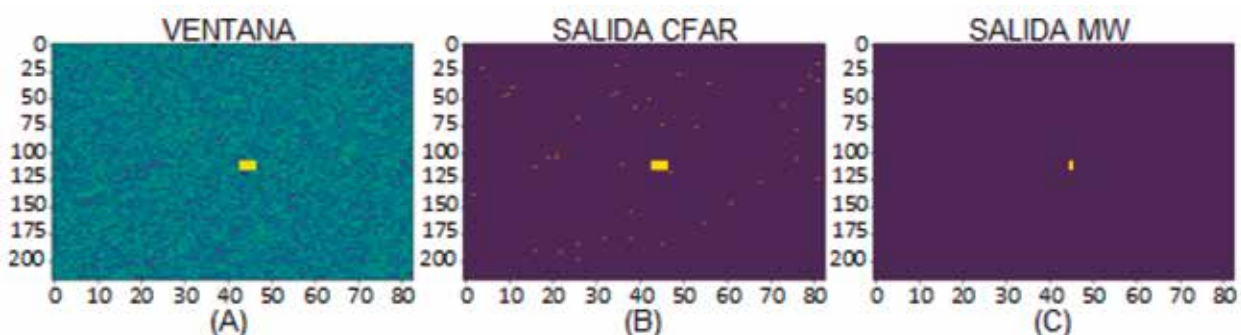


Figura 7. (A) Señal de radar muestreada; (B) salida CFAR; (C) Salida de ventana deslizante

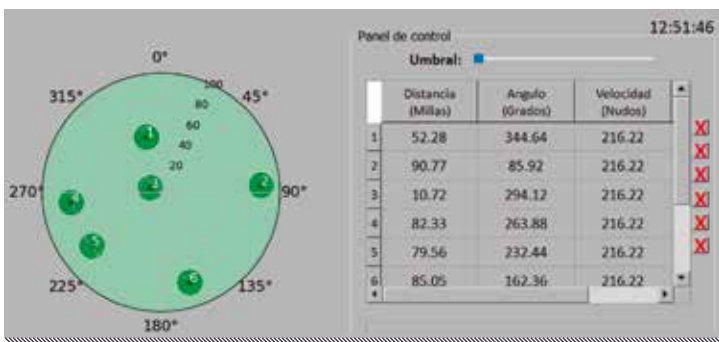


Figura 8. Interfaz gráfica

Interfaz gráfica

Se realizó una interfaz gráfica con el fin de implementar una representación intuitiva en tiempo real de la información mediante un conjunto de herramientas de soporte desplegables que permiten al operador el fácil entendimiento y respuesta ante eventos que surjan.

Debido a que el rendimiento es un factor importante y altamente requerido en este tipo de sistemas, se realizó un riguroso estudio y análisis de las cantidades de operaciones necesarias entre cada barrido del radar con el fin de brindar toda la información dentro del tiempo disponible. Para ello se optó por una arquitectura multi-hilo que realiza todas las operaciones posibles en paralelo y en forma coordinada.

Esta interfaz se realizó en lenguaje Python, con el objetivo de interactuar con el sistema de una manera amigable. Esta permite que desde la consola táctica, el operador dé inicio al proceso de seguimiento mediante la selección de los ecos.

Algunas de las funciones de esta interfaz son las siguientes:

- » desplegar un gráfico polar que representa la pantalla de barrido radar en la consola táctica, donde se pueden apreciar el desplazamiento de los móviles detectados;

- » marcar sobre la consola táctica el seguimiento de los móviles mediante una identificación y un círculo de color verde que se desplaza sobre cada *plot* seleccionado;
- » Mostrar un conjunto de resultados provenientes de los módulo de detección y seguimiento en una ventana al costado de la pantalla, indicando los datos calculados del *plot* que se detectan: distancia, acimut, velocidad, etc.;
- » incorporar algunos parámetros de configuración del sistema (inicialización, tipos de CFAR, constante multiplicadora de umbral de detección, etc.);
- » facilitar la interacción con otros sistemas, como por ejemplo el conversor de barrido radar.

En el futuro, se espera realizar más ensayos con señales simuladas y reales, como grabaciones de video crudo radar y pruebas a bordo.

Resultados

Para verificar el correcto funcionamiento de los módulos de detección y seguimiento, se simuló una señal radar mediante un conjunto de muestras, modeladas utilizando la PDF Weibull, con un objeto inmerso que responde al modelo de eco Swerling I.

El resultado de este proceso se muestra en la figura 7. Cada figura corresponde a una ventana de búsqueda en rango y acimut de 225 por 85 muestras. En (A) se representa el conjunto de datos simulados; en (B), se observa el resultado del proceso de detección en rango (CFAR), y finalmente en (C) se puede apreciar el resultado de la

detección en acimut luego de aplicar el proceso de ventana deslizante. Este proceso da como resultado el *plot* (indicación del lugar exacto donde se insertó el eco), sobre el que se realizará el seguimiento.

El módulo de seguimiento arroja como resultado la ubicación donde se detecta cada objeto de interés, dando la indicación de su posición en relación al radar, la velocidad, aceleración y trayectoria. Se pueden apreciar algunos de estos resultados en la interfaz gráfica de la figura 8. En esta interfaz se resaltan sobre un gráfico polar los *plots*, especificados con un círculo verde, con un número (ID) asociado. Cada ID corresponde a un seguimiento actual, en tiempo real de acuerdo al movimiento del móvil. El ID del objeto se corresponde con el de la tabla de la derecha, que contiene información relacionada al seguimiento activo, en tiempo real. Allí se vuelvan los resultados del proceso, indicando la posición, la velocidad y la hora en que se produjo la detección del objeto. El sistema también almacena en un archivo del estilo cuaderno de bitácora, toda la información referente a los ecos detectados.

Se encuentran en estudio y en proceso de implementación otros algoritmos, que bajo determinadas condiciones del estado de mar, podrían mejorar los resultados de las etapas de detección, por ejemplo otras estructuras de CFAR, tales como el *OS*, *censored* o *trimmed* CFAR [18], [4]. También se realizaron estudios con técnicas que utilizan redes neuronales [9]. Se investigarán, además, algunos algoritmos que podrían mejorar el seguimiento como por ejemplo, seguimiento de múltiples objetivos o Kalman extendido y *unscented*, filtro de partículas, etc. [7]. Algunas de las limitaciones que podrían presentar estos métodos es la dificultad para desarrollarlos sobre la FPGA en el caso de los procesos de detección, como así también las velocidades de procesamiento de los diferentes algoritmos de seguimiento considerando las limitaciones que estos procesos de tiempo real presentan.

Conclusiones

Este proyecto, se encuentra en una etapa avanzada de su desarrollo. Hasta la fecha, se completó la implementación de cada uno de sus componentes, como así también la integración correspondiente, llegando a realizarse pruebas de desempeño para la detección y seguimiento de ecos fijos y móviles con retornos de prueba. Estos retornos de prueba fueron modelados de acuerdo a la distribución Weibull, para representar el entorno marino con ecos de tipo Swerling I inmersos en algunos de los retornos. Se realizaron, además, pruebas utilizando las señales provenientes de un SIMURAD, diseñado por algunos de los integrantes de este proyecto.

La separación del proyecto en componentes y una política de documentación permitió sumar alumnos en el marco de sus prácticas profesionales supervisadas de carreras tales como Ingeniería Electrónica y en Computación.

Como resultado de este trabajo en equipo se pudo comprobar que esta metodología es muy eficiente, permitió desarrollar simultáneamente diferentes bloques del proyecto, integrando desarrollos basados en temas específicos tales como lenguajes de alto y bajo nivel, como Python, C/C++, lenguajes científicos, sistemas embebidos y diseño de hardware digital.

En el futuro, se espera realizar más ensayos con señales simuladas y reales, como grabaciones de video crudo radar y pruebas a bordo, que permitan cuantificar resultados en un escenario real de funcionamiento. Se aguarda, además, poder utilizar el saber práctico adquirido en nuevos proyectos relacionados con el procesamiento de la señal radar como, por ejemplo, la implementación de un conversor de barrido radar y una nueva versión mejorada de un SIMURAD. ■

Referencias

- [1] K. Beck, M. Beedle, A. van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland y D. Thomas. "Agile Manifesto," <http://agilemanifesto.org/>, 2001
- [2] A. Bole, B. Dineley and A. Wall. "Radar and Target Tracking for Professional Mariners, Yachtsmen and Users of Marine Radar," Second Edition 2005.
- [3] "Introduction - cocotb 1.0 documentation". [Online]. Available: <https://docs.cocotb.org/en/stable/>
- [4] A. De Maio and A. Aubry, "Radar Detection, Performance Analysis, and CFAR Techniques," in *IEEE Radar Conference (RadarConf)*, Boston, MA, USA, 2019, pp. 1-120, doi: 10.1109/RADAR.2019.8835617
- [5] G. Dillard, "A moving-window detector for binary integration," in *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 2-6, January 1967, doi: 10.1109/TIT.1967.1053967.
- [6] R. Faragher, "Understanding the Basis of the Kalman Filter Via a Simple and Intuitive Derivation [Lecture Notes]," in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 29, no. 5, pp. 128-132, Sept. 2012, doi: 10.1109/MSP.2012.2203621.
- [7] Ge, B.; Zhang, H.; Jiang, L.; Li, Z.; Butt, M.M. "Adaptive Unscented Kalman Filter for Target Tracking with Unknown Time-Varying Noise Covariance," in *Sensors* 2019, 19, 1371.
- [8] N. B. Gálvez, J.L. Pasciaroni, and J. E. Cousseau. "CFAR Thresholding Weibull Background", in *Asociación Argentina de Control Automático (AADECA)*, Vol. 1, pp. 1-6, 2006.
- [9] N. B. Galvez, J. E. Cousseau, J. L. Pasciaroni and O. Agamennoni, "Improved Neural Network Based Cfar Detection For Non Homogeneous Background And Multiple Target Situations", in *Latin American Applied Research Buenos Aires: PLAPIQUI (UNS-CONICET)*. 2012 vol. 42 n° 4. issn 0327-0793. pp. 343-350.
- [10] N. B. Gálvez. "Técnicas de Detección Radar en Contextos Marítimos Heterogéneos." Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2018.
- [11] P. P. Gandhi and S. A. Kassam, "Analysis of CFAR processors in nonhomogeneous background," in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 24, no. 4, pp. 427-445, July 1988, doi: 10.1109/7.7185
- [12] R.E. Kalman, "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems," in *Trans. ASME, J. Basic Engineering*, vol 82, , March 1960.
- [13] S. M. Kay. "Fundamental of Statistical Signal Processing, Estimation Theory and Detection Theory". *Prentice Hall Signal Processing Series*, 1993.
- [14] J. R. Machado Fernandez, J. C. and Bacallao Vidal, (2017) "Statistical Distributions for Sea Clutter Modeling: A Survey". *RIELAC*, Vol. XXX-VIII, pp.12-35, ISSN: 1815-5928
- [15] J. Pasciaroni, N. Galvez, J. Cousseau, D. Martínez, C. Geisbuhler and S. Burgos. "Extractor de video-radar Radar (EVR)", in *X Reunion de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC)*, pp. 1-6, Universidad Nacional de Río Negro, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina, 2013.
- [16] H. Rohling, "Radar CFAR Thresholding in Clutter and Multiple Target Situations," in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-19, no. 4, pp. 608-621, July 1983, doi: 10.1109/TAES.1983.309350.
- [17] M. Trapaglia, R. Cayssials, L. D. Pasquale, and E. Ferro, "Flexible Software to Hardware Migration Methodology for FPGA Design and Verification," in *X Southern Conference on Programmable Logic (SPL)*, Apr. 2019, pp. 39-44, doi: 10.1109/SPL.2019.8714377.
- [18] K. D. Ward, R. J. A. Tough and S. Watts "Sea Clutter: Scattering, the K-Distribution and Radar Performance," 2nd ed. London, U.K.: *Inst. Eng. Technol.*, 2013.
- [19] G. Welch and G. Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter," TR 95- 041 in *Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill*, 2002

Cursos 2022

Conocimiento - Didáctica - Interacción con los alumnos...

www.aadeca.org



Medición de Caudal I

18 y 25 de mayo de 17:00 a 20:00hs

Ing. Eduardo Alvarez

Introducción a la Ciberseguridad Industrial

14, 16, 21, 23, 28 y 30 de
marzo de 18:00 a 21:00 hs

Ings. Diego Romero y Enrique Larrieu-Let



Diseño de Sistemas Integrados de Seguridad Aplicación del Ciclo de Vida de Seguridad según Norma IEC 61511

11, 13, 18, 20, 25, 27 de abril y 4 de mayo de
17:00 a 20:00 hs

Dr. Ing. Qco, Roberto Varela y Ing. Katheryn Zelaya

Ingeniería Básica en Instrumentación y Control

2, 9, 16, 23, 30 de mayo, 6, 13, 27 de junio, 4, 11 de julio,
1, 8, 22, 29 de agosto, 5 y 12 de septiembre de 17:00 a 20:00 hs

Gustavo Klein, Eduardo Alvarez, Abel Andrada, Roberto Varela,
Marcelo Petrelli, Fabiana Ferreira, Sergio Szklanny, Carlos Godfrid,
Norma Toneguzzo, Daniel Brudnick



PLC: de cero a experto

22, 24, 27 y 29 de junio
de 9:00 a 12:00 hs

Ing. Sergio Szklanny

Gestión Industrial de Mantenimiento

7 y 8 de julio de 9:00 a 12:00 hs

Ing. Daniel Delfin Ochoa



... y mucho más en www.aadeca.org

Palabra de experto: los desafíos de la ciberseguridad industrial

A medida que las tecnologías de control y automatización avanzan y ganan protagonismo en la industria, también en la vida cotidiana de las personas, las preguntas acerca de la seguridad de los datos cobran mayor relevancia y urge obtener buenas respuestas. En este contexto, AADECA entrevistó a Roger A. Roa, Cybersecurity Sales en Schneider Electric para Latinoamérica

Schneider Electric
www.se.com



¿Por qué las industrias deberían preocuparse por la ciberseguridad?, ¿qué tan importante es para las PyMEs?

Hoy, más que nunca, las empresas deben estar en condiciones de preservar la seguridad digital de sus empleados y clientes. La línea entre TI (tecnologías de la Información) y TO (tecnología operacional en los sistemas de control) es cada vez más delgada y esto exige fortalecer la estrategia de seguridad para la infraestructura de las plantas. La ciberseguridad es parte de la nueva normalidad.

Reducir las amenazas y los riesgos de las operaciones es fundamental para mejorar la continuidad del negocio y el crecimiento en escala. Especialmente para las pymes, que buscan crecer y expandirse en un mundo cada vez más digital, la seguridad de sus plataformas es la llave para un crecimiento prolijo y sin fallas.

¿En qué sectores/rubros de la industria existen las mejores perspectivas para implementar ciberseguridad?

Muchos de los sistemas que controlan las operaciones más críticas del mundo se instalaron y desarrollaron hace décadas antes del surgimiento del IoT industrial

(IIoT), y estaban destinados a un uso a largo plazo. A medida que la digitalización prolifera rápidamente, se vuelve fundamental empezar la evaluación del riesgo en los sectores que tienen más sistemas heredados, y posteriormente un plan de ciberseguridad de extremo a extremo que permita abordar otros sistemas de control.

Cada dispositivo conectado a la red podría usarse como punto de entrada a la infraestructura para infiltrarse y manipular todo el ecosistema digital. Piense en esto: las fábricas inteligentes de hoy en día tienen cientos, e incluso miles, de sensores conectados. Es por esto que se requiere adoptar un enfoque holístico de la ciberseguridad, desde la seguridad misma del producto hasta la protección de toda la cadena de suministro.

"Especialmente para las pymes, que buscan crecer y expandirse en un mundo cada vez más digital, la seguridad de sus plataformas es la llave para un crecimiento prolijo y sin fallas".

¿Cuáles son los conceptos fundamentales de la ciberseguridad industrial?

Por muchos años, la tradicional tecnología de la información y los sistemas de operaciones tecnológicas se mantuvieron separados porque sus dominios eran manejados por distintas fuentes. Sin embargo, este paradigma está cambiando radicalmente ya que los sistemas de operaciones tecnológicas están ahora conectados a

la misma red, con direcciones IP, es decir que el control y el manejo de estas interfaces están expuestos.

¿Qué protege la ciberseguridad?, ¿datos, equipos, personas?

La ciberseguridad industrial no solo protege los datos de las empresas, sino también a las personas que trabajan en dichas industrias, sus procesos y los equipos que llevan adelante las operaciones.

Además, protege infraestructura de tecnologías de Información como los centros de datos, como la infraestructura que gestiona iluminación y aire acondicionado y en general infraestructura industrial que permiten la operación.

"Piense en esto: las fábricas inteligentes de hoy en día tienen cientos, e incluso miles, de sensores conectados. Es por esto que se requiere adoptar un enfoque holístico de la ciberseguridad".

¿Qué papel juegan los dispositivos industriales en la ciberseguridad?, ¿protegen, hay que protegerlos?

La seguridad no puede ser un pensamiento posterior, debe estar en el centro de las operaciones. En Schneider Electric consideramos la seguridad desde cero, utilizando componentes que cumplen con estándares reconocidos. EcoStruxure es nuestra arquitectura de sistema abierta e interoperable, habilitada para IIoT y centrada en el valor. Ayuda a las empresas



a pasar de maximizar solo la eficiencia del proceso al control, en tiempo real, de otras variables comerciales importantes, incluido el riesgo de ciberseguridad, el riesgo de seguridad (incluidos los riesgos ambientales), el riesgo de confiabilidad y, lo que es más crítico, la rentabilidad operativa.

¿Cuáles son los desafíos actuales de la ciberseguridad industrial?

Muchas empresas llevan años en el mercado y aseguran no haber realizado una consultoría de ciberseguridad nunca en su vida. Es esencial pasar de la reacción a la planificación y prevención proactivas específicamente para fortalecer la ciberseguridad industrial. El riesgo es demasiado grande para ignorarlo.

Algunos pasos recomendados incluyen los siguientes:

- » segmentación de la red;
- » políticas para modelos operativos y personas;
- » planes y medidas para evitar el efecto cascada;
- » asegurar la infraestructura heredada; y
- » asumir la responsabilidad compartida.

Según una encuesta de Accenture, el 79% de los directores ejecutivos dice que su organización está "adoptando tecnologías nuevas y emergentes más rápido de lo que pueden abordar los problemas de seguridad relacionados".

¿Cuáles son las estrategias actuales para defenderse de los ciberataques?

Schneider ofrece asesoramiento y, además, productos específicos para proteger los procesos contra ataques externos. Específicamente, el Modicon M580 ePAC permite a las industrias proteger sus accesos contra ataques gracias a la comunicación encriptada y asegurando un alto nivel de trazabilidad con su fácil configuración.

Como decimos en Schneider Electric, cualquier estrategia de ciberseguridad es tan fuerte como su eslabón más débil. Por eso, es fundamental identificar y mitigar riesgos aplicando soluciones de ciberseguridad 360, que fortalezcan nuestra seguridad de punta a

punta y las buenas prácticas en cada uno de los eslabones de la cadena.

Una de las medidas clave de prevención es la debida respuesta. ¿Cuáles son las lecciones aprendidas de todos y cada uno de los ataques? ¿Cómo podemos fortalecer el ecosistema digital? El ataque de ransomware Wannacry en 2017, por ejemplo, fue sorprendente mucho más allá del incidente, ya que finalmente reveló que todos los actores industriales necesitaban trabajar juntos para garantizar un camino hacia la seguridad en el mundo industrial. La necesidad de una colaboración ardiente llevó a Schneider Electric a convertirse en miembro fundador de la ISA Global Cybersecurity Alliance, por ejemplo, así como de la Coalición de Ciberseguridad.

"La ciberseguridad industrial no solo protege los datos de las empresas, sino también a las personas que trabajan en dichas industrias, sus procesos y los equipos".

¿Puede relatar y analizar algún caso concreto de aplicación?

Hemos trabajado con clientes de diferentes segmentos en la construcción y validación de su estrategia de ciberseguridad. Con algunos de ellos comenzamos realizando un asesoramiento, con el objetivo de identificar el nivel de madurez de su organización.

Con base en los hallazgos y determinadas las prioridades de cada punto, planteamos una serie de soluciones y servicios con el objetivo de minimizar los riesgos operativos y posibles ataques cibernéticos. De la misma manera, acompañamos a algunas compañías en la construcción de soluciones a temas puntuales como, por ejemplo: manejar accesos remotos, tener visibilidad permanente de las diferentes amenazas a las que están expuestos los diversos sistemas de control, entre otros. ■■

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

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

PRODUCTOS & INNOVACIONES



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

