



Variadores de velocidad MT:
modulares, configurables Pág. **6**



Termografía: una aliada de mantenimiento preventivo Pág. **14**



Convertor e inversor:
electrónica básica de los vehículos eléctricos Pág. **20**



**SUPLEMENTO
INSTALADORES** Pág. **31**

A better tomorrow is driven by drives

Estás listo?

No importa donde te encuentres, sea cual sea tu aplicación, estamos allí para acompañarte en una amplia gama de industrias. Ofrecemos la disponibilidad de expertos de nivel internacional, productos de calidad y soluciones de accionamientos de CA optimizadas según sea tu necesidad, que permitan al mundo del mañana hacer más con menos.

Desde 1968, hemos sido pioneros en el sector de los convertidores. En 2014 la fusión de Vacon y Danfoss dio lugar a una de las compañías más grandes del sector. Nuestros convertidores de CA pueden adaptarse a cualquier tecnología de motores. Suministramos productos en un rango de potencias de 0,18 a 5.300 KW.

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

5.000

millones de personas
en todo el mundo se
beneficiarán diariamente
con los productos de
Danfoss Drives en 2025



4.800

especialistas trabajan
para desarrollar
convertidores de
frecuencias cada vez
más eficientes



Electrotecnia | Iluminación | Automatización y control

CONEXPO

Congresos y Exposiciones



CONEXPO

Córdoba

Ciudad de Córdoba Proximamente



CONEXPO

Noa



CONEXPO

Nordeste



CONEXPO

Patagonia



CONEXPO

Litoral



CONEXPO

Cuyo



CONEXPO

Comahue

Organización y
Producción General



Medios auspiciantes



-luminotecnia-



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

Staff

Director: Jorge L. Menéndez

Depto. comercial: Emiliano Menéndez
Ejecutivos de cuenta: Diego Cocianch,
Sandra Pérez Chiclana

Arte: Alejandro Menéndez

Redacción: Alejandra Bocchio

Revista propiedad de



EDITORES SRL

CABA, Argentina
(54-11) 4921-3001
info@editores.com.ar
www.editores.com.ar

R. N. P. I.: 5352518
I. S. S. N.: 16675169

Impresa en

BUSCHI 
EXPRESS

Uruguay 235 - Villa Martelli, Bs. As.
(54 11) 4709-7452
www.buschiexpress.com.ar

Los artículos y comentarios firmados reflejan exclusivamente la opinión de sus autores. Su publicación en este medio no implica que EDITORES SRL comparta los conceptos allí vertidos. Está prohibida la reproducción total o parcial de los artículos publicados en esta revista por cualquier medio gráfico, radial, televisivo, magnético, informático, internet, etc.

En esta edición

Del ámbito fabril, muchas empresas del sector eligen este medio para anunciar nuevos productos lanzados al mercado. Danfoss, por ejemplo, y sus variadores de velocidad para media tensión, caracterizados por su modularidad y configurabilidad, que les permiten responder a las necesidades de proyectos diversos.

Se destaca especialmente Micro Control, con un sistema de canalizaciones eléctricas sin rosca para operar de manera rápida y segura. Además, Testo, presenta un caso exitoso de aplicación de termografía para el mantenimiento de 1.900 tableros de distribución en una empresa de la industria química, y aprovecha la ocasión para dar a conocer su modelo nuevo de cámara termográfica.

Respecto del aporte de actores del ámbito académico, desde la Universidad Tecnológica Nacional, Ricardo Berizzo se explaya en el convertidor y el inversor para ahondar en la electrónica básica de los vehículos eléctricos, y desde la Universidad Tecnológica de Panamá, Michael Stanimirov describe un método sencillo para el cálculo de voltajes y corrientes en circuitos eléctricos no planos (3D) aplicando el análisis de malla.

Esta edición de nuestra revista incluye el "Suplemento Instaladores". Comienza con una recomendación de su director editorial, Felipe Sorrentino: aprovechar la cuarentena para capacitarse. A tono con el consejo, publicamos los cursos y talleres de la Cámara Argentina de Instaladores Electricistas disponibles en lo que queda de este 2021, más un artículo técnico de Alberto Farina sobre la modernización de las instalaciones eléctricas, y los consejos de Luis Miravalles sobre las mejores maneras de utilizar la calefacción eléctrica.

Néstor Rabinovich también tomó la pandemia como eje, pero para analizar cómo esta situación aceleró el recambio generacional en el directorio de las empresas. Andrés Ríos, también con el foco en la organización de las empresas, da cuenta en su escrito de que, en la nueva era del aprendizaje, las que están en el centro son las personas.

Por último en el Suplemento, la descripción de una amplia gama de caños plásticos curvables autorrecuperables para canalizaciones eléctricas de hasta 1.000 V, el lanzamiento más reciente de Plásticos Lamy.

¡Que disfrute de la lectura!

Descripción de productos

Variadores de velocidad MT: modulares, configurables
Danfoss

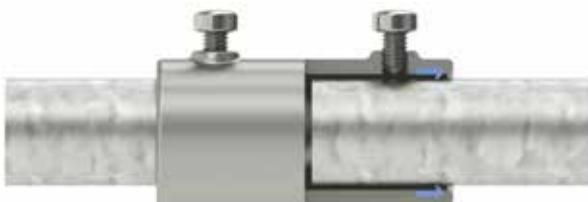
Pág. 6



Descripción de productos

Canalizaciones eléctricas sin rosca
Micro Control

Pág. 10



Aplicación

Termografía: una aliada de mantenimiento preventivo
Testo

Pág. 14



Artículo técnico

Convertor e inversor: electrónica básica de los vehículos eléctricos
Ricardo Berizzo

Pág. 20

Suplemento Instaladores

Editorial

Tenemos que seguir capacitándonos
Felipe Sorrentino

Pág. 31

Aplicación

Modernización de las instalaciones eléctricas
Alberto Farina

Pág. 32



Aplicación

Calefacción eléctrica: milagros y supersticiones que nos enseña la pandemia
Luis Miravalles

Pág. 36

Opinión

La nueva era del aprendizaje empresarial: las personas en el centro de los negocios
Andrés Ríos

Pág. 40

Aplicación

Cómo instalar caños plásticos curvables autorrecuperables
Plásticos Lamy

Pág. 44



Capacitación

Cursos y talleres para hacer en 2021
ACYEDE

Pág. 48

Opinión

Pandemia y recambio generacional
Néstor Rabinovich

Pág. 50

Artículo técnico

Análisis de malla para circuitos no planos (3D)
Michael Stanimirov y Lisseth Sandoval

Pág. 54

Línea de contactores MC2

Somos MONTERO.



Somos experiencia y confiabilidad!



1 Único con contacto auxiliar reversible MC2 -AUX-DUO, seleccionable por el usuario

- 1º: se extrae la pieza central
- 2º: se gira 180º y se transforma a función NA (normal abierto) o NC (normal cerrado).

2 Patines de teflón

- Mejor deslizamiento de la torre.
- Menor desgaste por rozamiento.

3 Único contactor con fleje de acero inoxidable

- Mejor disipación de temperatura.
- Menor desgaste por rozamiento.
- Mayor vida útil.
- Mayor potencia en menor tamaño de contactor.

5 AÑOS GARANTÍA PREMIUM

Accesorios disponibles:

- Enclavamiento mecánico MC2-EM
- Enclavamiento mecánico eléctrico MC2-EM-EL
- Bloques de contacto auxiliares laterales MC2-Aux-L

MC

2

CONTACTOR

línea industrial

Publicación online

ingeniería
ELECTRICA
HTML

Edición de la revista en nuestro sitio web, con un formato pensado para poder leer cómodamente, descargar artículos específicos o toda la edición en pdf



www.editores.com.ar/revistas/ie/365

ingeniería
ELECTRICA
Revista online

Tradicional y nuevo, para el que disfruta la sensación de leer la revista directamente de una pantalla



www.editores.com.ar/revistas/ie/365/display_online

CONEXPO

La mejor ocasión de conocer los últimos exponentes de la tecnología

Conferencias técnicas, Seminarios, Exposición de productos y la posibilidad de realizar todas las consultas que desee directamente al fabricante

CONEXPO Córdoba



Ciudad de Córdoba
Fecha a definir

Glosario de siglas

- 3D:** tres dimensiones
- ABS** (*Anti-lock Braking System*): sistema antibloqueo de ruedas
- ACYEDE:** Cámara Argentina de Instaladores Electricistas
- AEA:** Asociación Electro-técnica Argentina
- AFE** (*Active Front End*): interfaz activa
- AFIP:** Administración Federal de Ingresos Públicos
- ART:** aseguradora de riesgos de trabajo
- BT:** baja tensión
- CA:** corriente alterna
- CC:** corriente continua
- COPIME:** Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista
- COVID** (*Corona Virus Disease*): enfermedad del virus Corona (o Coronavirus)
- DFE** (*Diode Front End*): diodo delantero
- DSP** (*Digital Signal Processor*): procesador digital de señales
- EAC** (*Eurasian Conformity*): conformidad euro-asiática
- EPDM** (*Ethylene Propylene Diene Monomer Rubber*): caucho de etileno propileno dieno
- GmbH** (*Gesellschaft mit beschränkter Haftung*): sociedad de responsabilidad limitada
- IEC** (*International Electrotechnical Commission*): Comisión Electrotécnica Internacional
- IP** (*Ingress Protection*): grado de protección
- MT:** media tensión
- OEM** (*Original Equipment Manufacturer*): fabricante de equipos originales
- PC** (*Personal Computer*): computadora personal
- PLC** (*Programmable Logic Controller*): controlador lógico programable
- PVC:** policloruro de vinilo
- PWM** (*Pulse With Modulation*): modulación por ancho de pulsos
- QR** (*Quick Response*): respuesta rápida
- UL:** Underwriters Laboratories
- USB** (*Universal Serial Bus*): bus universal en serie
- UTN:** Universidad Tecnológica Nacional
- VUCA** (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*): volatilidad, incertidumbre, complejidad, ambigüedad

REFLEX



Instrumentos para Ensayo Diagnóstico y
Localización de Fallas en Cables de Energía

ALQUILER de INSTRUMENTAL SERVICIO TÉCNICO MEDICIONES - VENTA



LOCALIZADORES
DE FALLAS



INSTRUMENTOS PARA
ENSAYO DIELECTRICO (CC-AC)

HECHO EN
ARGENTINA



CAPACITACIÓN



ASISTENCIA
TÉCNICA



ALQUILER



MEDICIÓN



CALIBRACIÓN

SISLOC-AT SRL

FRANCISCO BILBAO 5812 - (C1440BFT) CABA - Argentina
(+54 11)4 635-1312 - info@reflex.com.ar

www.reflex.com.ar

Variadores de velocidad MT: modulares, configurables

En este artículo, se presentan nuevas líneas de drives de media tensión: Vacon® 1000 y Vacon® 3000. Se trata de variadores de velocidad modulares y configurables, capaces de adaptarse a las necesidades de diversos proyectos industriales.



Danfoss
www.danfoss.com.ar

Presentación:
<https://youtu.be/eJ1M68uHkVE>

El mercado mundial de drives de media tensión alcanza los 2.300 millones de dólares, y la empresa de origen danés Danfoss Drives está interesada en convertirse en un referente también allí. Con ese objetivo en la mira, presenta en el mercado local dos líneas nuevas de drives: por un lado, Vacon® 3000, por otro, Vacon® 1000, ambas diseñadas como oferta complementaria, tanto para fabricantes de maquinarias (OEM), como para usuarios finales.

La empresa confía en el éxito de sus pasos con una oferta de equipos modulares, complementada con una forma novedosa de entrega de los equipos. De hecho, la solución final se puede diseñar junto con el cliente, de modo tal que se puede solicitar la configuración adecuada a las necesidades específicas de los proyectos.

Vacon® 3000, Vacon® 1000, ambas líneas diseñadas como oferta complementaria, tanto para fabricantes de maquinarias (OEM), como para usuarios finales.



Vacon 1000

Vacon® 1000

Vacon® 1000 es un variador de velocidad de media tensión basado en la topología de inversor multinivel. El equipo puede satisfacer las necesidades, tanto de baja tensión, como de media tensión en un mismo proyecto. En rigor, soporta tensiones de 2.300 a 11.000 V y potencias de 210 a 13.000 kVA. El grado de protección es IP 31 (opcional, IP 42).

Otras características de la versión estándar, que responde a la normativas cUL, IEC y EAC, son el diseño modular con celdas de potencia conectadas en serie. Asimismo, el bajo contenido de armónicos y la tensión de salida multinivel. Entre las opciones adicionales, se puede encontrar la posibilidad de un diseño de redundancia N+1 y sistema by-pass (manual, auto, sincrónico).

La instalación sencilla, así como la facilidad de operación y mantenimiento completan los beneficios de Vacon® 1000 como una solución transversal a diversas industrias que requieran control de velocidad.

Vacon® 1000 es un variador de velocidad de media tensión basado en la topología de inversor multinivel.



Vacon® 3000

Vacon® 3000 es un drive de media tensión listo para usar que responde a las necesidades de la industria pesada, capaz de adaptarse a las diferentes necesidades con una integración rápida y un mantenimiento sencillo.

Gracias a la modularidad, la línea favorece a los integradores de sistemas y fabricantes de maquinaria (OEM), en tanto que implica una mejor manera de lograr mayor rendimiento.

Las tensiones y potencias que maneja la línea Vacon® 3000 son de 3.300 a 4.160 V y de 2.430 a 7.060 kVA. Se destacan, además, otras características generales, como la configuración de 12 o 24 pulsos en DFE o AFE.

La operación del equipo se vale de una interfaz con conectividad Ethernet, y respecto de quienes deben construirlo o integrarlo en un sistema mayor, la tarea se facilita por los filtros RFI y las bobinas de choque ya incluidos, lo cual implica manipular menos componentes. A la vez, los módulos monofásicos son compactos, robustos y refrigerados por líquido.

A la hora de adoptar la solución, Danfoss da la posibilidad a cada cliente de adaptar sus soluciones a las necesidades puntuales de cada proyecto, lo cual es posible gracias a la modularidad y configurabilidad de Vacon® 3000. ■■



Vacon 3000

Electricidad Segura es una meta
que nos propusimos hace más de
100 años.

Electricidad Segura es seguir avanzando
en nuevas tecnologías.

Electricidad Segura es, que al momento
de hacer una conexión, lo único que
sientas en ese momento es tranquilidad.

Electricidad Segura es saber que
hay un grupo de ingenieros detrás
de cada conexión eléctrica.

O mejor aún, es estar tan confiado
que ni necesitas saber nada.

Electricidad Segura es saber y
poder transmitirlo.

Electricidad Segura es, fue y será
siempre nuestro objetivo.

**Para la AEA, *Electricidad Segura*
es un constante legado.**



Posadas 1659 (C1112ADC) CABA
Argentina | Tel. (+54 11) 4804-1532 /3454
info@aea.org.ar

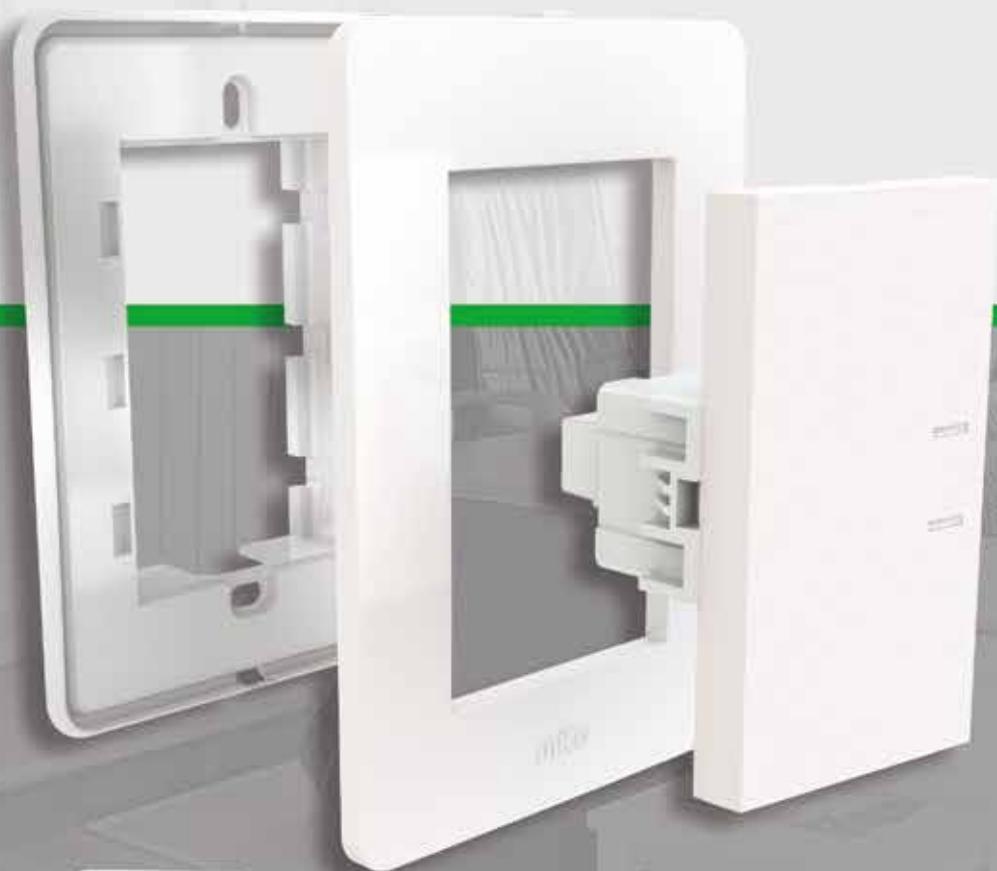
*Jorge Newbery Ingeniero Electricista,
fundador y primer Presidente de la AEA.*

Te invitamos a conocer más
acerca de nosotros entrando a

www.aea.org.ar



Diseño y
calidad a
tu alcance



Nuevos Productos

Toma USB 2A



Medidor de voltaje



Variador led



Canalizaciones eléctricas sin rosca

Daisa, sistema de canalización para llevar a cabo instalaciones eléctricas a la vista de manera rápida y segura sin la utilización de roscas ni herramientas complejas.



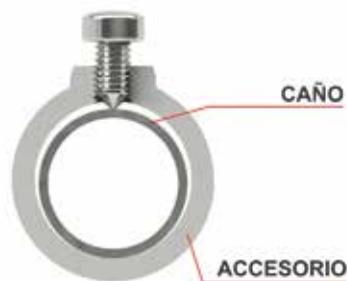
Micro Control
www.microcontrol.com.ar

Hace algunos años atrás era inevitable el uso de rocas en aquellas canalizaciones para instalaciones eléctricas a la vista donde la resistencia mecánica, la continuidad eléctrica y la estanqueidad debían ser garantizadas. Además, si bien se encontraban algunos accesorios para este tipo de cañerías, no cumplían con las exigencias requeridas por las instalaciones industriales, comerciales o residenciales.

El sistema roscado, además, presenta otras desventajas, como el hecho de que la tarea propia de roscado requiere de herramientas especiales como roscadoras, terrajas, morsas y el traslado de todos estos elementos a la obra. Asimismo, requiere de mano de obra calificada y, aun así, el tiempo consumido para realizar una rosca es muy alto: lleva entre 10 y 15 minutos, con lo cual empalmar dos tramos de caño consume, por lo menos, 20.

Para llevar a cabo una instalación, solo es necesario cortar el caño, rebabar el corte, insertarlo en el accesorio correspondiente y ajustar un tornillo.

En consideración de lo dicho es que la empresa Micro Control incorporó, hace ya varios años, la línea de caños y accesorios sin rosca para instalaciones eléctricas a la vista: Daisa.



Daisa se puede aplicar en instalaciones donde antes se colocaban accesorios roscados, y dados los beneficios que implica, el sistema se transformó en un estándar. En la actualidad está presente en todo tipo de instalaciones como terminales automotrices, industrias alimenticias, silos, laboratorios, supermercados e hipermercados, locales comerciales, entre otras.

El sistema está compuesto por diversos modelos de cajas, caño rígido, curvas y una línea completa de accesorios.

El sistema está compuesto por diversos modelos de cajas, caño rígido, curvas y una línea completa de accesorios. Cuenta con todas las ventajas de las conexiones sin rosca convencionales debido a su fácil y rápido armado, y con la seguridad que ofrecen las instalaciones roscadas.

Para llevar a cabo una instalación, solo es necesario cortar el caño, rebabar el corte, insertarlo en el accesorio correspondiente y ajustar un tornillo. Todas las cajas poseen su correspondiente tornillo de puesta a tierra de acuerdo con las normas y reglamentaciones vigentes. No obstante, la continuidad eléctrica del sistema también está asegurada porque más del 30% de la superficie del caño queda en contacto con los accesorios de conexión (cuplas, conectores, etc). El



ajuste entre los accesorios y el caño lo realiza un tornillo con recubrimiento anticorrosión de diseño especial que se clava en la cañería impidiendo que se desprenda.

Todos los productos están fabricados con una aleación de aluminio y silicio de primera calidad, fundidos o inyectados, y mecanizados con máquinas automatizadas que brindan precisión y alta productividad. En el caso de las juntas y anillos de sello, son inyectados en EPDM, un elastómero que posee excelentes propiedades dieléctricas, resistencia al envejecimiento, ozono y numerosos productos químicos corrosivos. Todas las cajas, caños y accesorios cumplen con las especificaciones de la Norma IEC 60670 o IEC 61386 según el caso.

Daisa dispone de accesorios para uso interior (grado de protección IP 20) y accesorios para uso intemperie (IP 54).

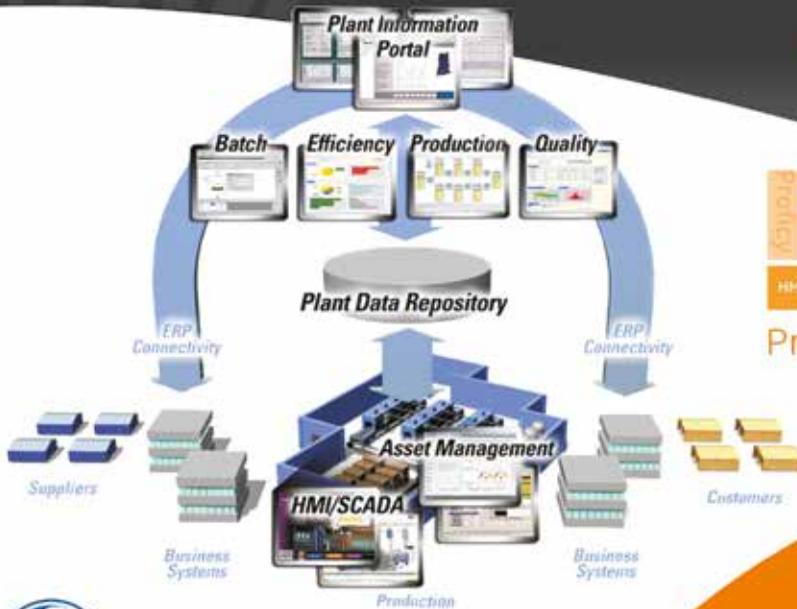
La calidad de la materia prima y la matricería utilizada dan como resultado piezas de alta durabilidad y excelente terminación superficial que aporta un valor estético adicional a la instalación, algo cada vez más valorado por proyectistas, ingenieros y arquitectos.

Por último, se destaca que Daisa dispone de accesorios para uso interior (grado de protección IP 20) y accesorios para uso intemperie (IP 54). En este último caso, un anillo de sello de diseño especial colocado en un alojamiento mecanizado en el accesorio o una junta integral en el caso de las cajas múltiples es el que garantiza el correcto sellado del sistema. ■

Tu empresa crece,
nosotros te acompañamos...

ila  group

Soluciones de software, flexibles
y escalables, a la medida
de cada industria



Proficy HMI/SCADA – iFIX

25 de Mayo 81 (C1002ABA)
CABA, Argentina
Tel: +54 11 4121-0000
www.ilagroup.com
www.ge.com/digital

 **Tecnet**
by Ibermática



GE Digital

anpei **MATERIALES
ELECTRICOS**

MÁS INFO  ventas@anpei.com.ar
www.anpei.com.ar

ADELANTANDO EL FUTURO

La gama más moderna y completa en medición

HXE12DL



Medidor Monofásico
Residencial y Comercial

HXE34K



Medidor Trifásico
Comercial y Residencial

HXE110



Medidor Inteligente
Monofásico

HXE310



Medidor Inteligente
Trifásico Multitarifa

HXF300



Clase 0,5S
Medidor Trifásico
Indirecto Multitarifa

HXEP12



Medidor Monofásico
Prepago

Vinculando la conectividad digital a la conexión real.

Vivir y trabajar digitalmente es la nueva normalidad. Para las operadoras de red, esto significa gestionar un aumento casi exponencial de la demanda de ancho de banda.

En Prysmian, hemos perfeccionado nuestra experiencia técnica durante más de 140 años, creando las soluciones de comunicación líderes en la industria que usted necesita. Trabajamos de la mano con nuestros clientes, conociendo de cerca su negocio, para que podamos ayudarlo a aprovechar las nuevas oportunidades que ofrece el 5G, los centros de datos basados en la nube, la industria 4.0, las redes de acceso por radio, la electricidad pulsada y más.

Juntos, podemos impulsar las redes globales del mañana, conectando a personas de todo el mundo, hoy y en el futuro.

Termografía: una aliada de mantenimien- to preventivo

Gracias a la utilización de cámaras termográficas, una empresa alemana de la industria química hizo más eficiente el mantenimiento preventivo de más de 1.900 tableros de distribución. En este artículo, el detalle de la aplicación; asimismo, la presentación de un nuevo modelo de cámara: testo 883



Testo
www.testo.com.ar

Miles de tableros en una industria química

Cerdia Produktions GmbH es una empresa alemana de alcance mundial, dedicada principalmente a la fabricación de estopa de acetato de celulosa para la producción de filtros para cigarrillos, láminas de acetato de celulosa, y demás productos que utilizan ese mismo material. Como toda empresa del sector químico, está sujeta a exigencias legales estrictas que la llevan a revisar sus procesos continuamente, a fin de lograr mayor seguridad y eficiencia.

La sede central se encuentra en la ciudad alemana de Friburgo de Brisgovia, y opera a 120 empleados solamente en el departamento de mantenimiento, incluyendo tres equipos de maestría en el ámbito eléctrico.

Allí, funcionan un total de 1.900 armarios de distribución que se deben inspeccionar. Dado que cada uno tiene una carga distinta, están clasificados en cinco categorías de riesgo según la antigüedad de la instalación o la resistencia de la



carga. Las instalaciones de las categorías 4 y 5 se revisan anualmente, mientras que las demás, en intervalos de tres años.

En 2012, la empresa contrató prestadores de servicios externos para ejecutar el examen termográfico de los armarios. Para cada equipo, generó un archivo con imágenes térmicas hechas a mano y notas manuales que luego se trasladaron a una PC. "Menuda pila de papel solo para documentar qué imagen pertenecía a qué instalación", dijo Udo Moser, empleado del establecimiento.

En 2017, Cerdia optó por ejecutar la termografía ella misma y para hacerlo, se valió de una cámara termográfica de Testo.

Termografía por mano propia

En 2017, Cerdia optó por ejecutar la termografía ella misma y para hacerlo, se valió de una cámara termográfica de Testo. Los factores decisivos que definieron su elección fueron la tecnología SiteRecognition, la calidad de imagen y la relación precio/rendimiento, entre otros beneficios, como las posibilidades de formación y capacitación relacionadas con la termografía.

La cámara elegida para la tarea fue la testo 885, que incluye reconocimiento inteligente de mediciones y la gestión automática de imágenes. Primero, todos los armarios de distribución se introdujeron en una base de datos en el software y se generó un código individual que se colocó como etiqueta en cada armario. Esto simplifica la revisión considerablemente, porque luego, la cámara termográfica escanea el código y es capaz de asociar las mediciones nuevas con todas las otras asociadas al mismo código. Toda la información y las imágenes térmicas capturadas quedan almacenadas en la base de datos.



También gracias al software IRSoft, las imágenes térmicas se pueden analizar con detalle y es posible crear informes. La asignación de una imagen térmica al lugar de medición correspondiente se asume automáticamente también ahí.

"Ahora solo hacemos un mantenimiento preventivo a un nivel más elevado. Ya casi no tenemos anomalías térmicas urgentes", dijo Udo. En la actualidad, el mantenimiento preventivo en Cerdia consiste en escanear códigos, del resto se encarga la funcionalidad de SiteRecognition de la cámara termográfica.

También gracias al software IRSoft, las imágenes térmicas se pueden analizar con detalle y es posible crear informes.

El equipo nuevo: testo 883

Dados los buenos resultados obtenidos gracias a la implementación de equipos de Testo, Cerdia accedió a probar el nuevo lanzamiento de la empresa antes de su aparición en el mercado: la cámara termográfica testo 883.

El modelo nuevo también se presenta con formato que es posible maniobrar con una sola mano y acceder a zonas más difíciles, pero sobre todo, llega con una versión optimizada de la tecnología

gía de SiteRecognition, que es justamente la que a Cerdia le facilitó las tareas de mantenimiento.

La cámara nueva ofrece la posibilidad de generar imágenes termográficas, pero también de analizarlas en el momento, gracias a que se pueden introducir puntos de medición específicos, calcular una curva de temperatura, incluir comentarios, etc. También permite hacer una transmisión en tiempo real con un teléfono inteligente o una tablet como segunda pantalla; así como hacer mando a distancia a través de una aplicación.

A través del software, toda la información puede quedar documentada, y se pueden seleccionar datos relevantes, controlar la vista previa y enviar informes por correo electrónico o repartirlos rápidamente con colegas y superiores.

La cámara convence por su diseño práctico y manejable, el rápido enfoque manual y un manejo cómodo a través de una pantalla táctil y un joystick. Asimismo, suministra imágenes térmicas nítidas, a la vez que crea una imagen real para la documentación.

Los factores que fascinaron durante la prueba en Cerdia fueron que, por un lado, la cámara reconoció los códigos ya existentes en los armarios de distribución, y por otro, que la utilización no requirió un esfuerzo adicional. "El paquete completo convence. Adquirimos la cámara termográfica de inmediato", dijo Udo Moser.

La cámara nueva presenta las siguientes características:

- » Calidad de imagen con resolución IR de 320 x 240 píxeles (con SuperResolution 640 x 480 píxeles)
- » Reconocimiento inteligente de situación de medición y gestión automática de imágenes testo SiteRecognition
- » Importación de listas de inventario existentes, uso de códigos existentes (códigos QR, códigos de barra, Datamatrix 128)
- » Exportación de resultados de medición a programas de terceros
- » Preajustes específicos para el lugar de medición respectivo, tales como valores límite admisibles que, en caso de insuficiencia o exceso, provocan que los lugares afectados se destaquen en la imagen térmica.
- » Análisis y documentación amplios con el software testo IRSoft
- » Enfoque manual y objetivos intercambiables
- » Transferencia inalámbrica de los valores medidos desde el instrumento testo 770-3 directamente a la imagen térmica

La cámara convence por su diseño práctico y manejable, el rápido enfoque manual y un manejo cómodo a través de una pantalla táctil y un joystick.

La oferta

La adquisición testo 883 incluye la cámara termográfica en sí con objetivo estándar de 30 por 23°, maletín robusto, software profesional IRSoft, cable USB-C, fuente de alimentación USB, baterías de ion-litio, correa de transporte para la cámara termográfica, auriculares con micrófono Bluetooth, guía rápida y protocolo de calibración.

También es posible optar por el set, que suma un teleobjetivo de 12 por 9°, baterías adicionales y estación de recarga de baterías. Esto favorece estar equipado ante cualquier eventualidad, además de la ventaja de obtener beneficios económicos a la hora de adquirir los equipos en conjunto, antes que por separado. ■■



PARA SEGUIR CRECIENDO JUNTOS

En **Cimet Optel** desarrollamos una nueva identidad que nos posiciona globalmente en nuestro negocio, celebrando nuestra historia y trayectoria.

Definimos nuestra marca, en línea con las nuevas exigencias que nos impone el contexto: mayor competitividad, cambios más vertiginosos y mayor velocidad en el manejo de la información en la comunicación entre empleados, clientes y proveedores.

Una marca es una realidad en la que intervienen numerosos agentes y es el resultado de múltiples factores y experiencias.

La marca actúa como verdadero concepto brújula y contribuye a expresar una mayor consistencia, continuidad, innovación, responsabilidad y sostenibilidad. Por eso, en **Cimet Optel**, conectamos con el optimismo de mirar al futuro, y este cambio de identidad nos renueva tanto en imagen como en la visión de los negocios que proyectamos.

Los invitamos a ser parte de este cambio y del proyecto **Cimet Optel**.

Planta José León Suárez
Administración Central
Calle 47 N° 8029 (B1655BS1),
José León Suárez, Buenos Aires, Argentina
(+54 11) 7079-3020

Planta Quilmes
Av. 12 de Octubre 2130 (B1879AAF),
Quilmes Oeste, Buenos Aires, Argentina
(+54 11) 4003-0000

 www.cimet.com  info@cimet.com



CIMET OPTEL
ENERGÍA QUE CONECTA



Su mejor socio para las tareas de mantenimiento: nueva testo 883

Con la cámara termográfica testo 883 no se le escapará ninguna anomalía térmica en la ejecución del mantenimiento eléctrico y mecánico.

Además, la cámara termográfica con tecnología testo SiteRecognition almacena directamente junto a la imagen el lugar de medición correspondiente a la imagen térmica.

www.testo.com.ar

Testo Argentina S.A.

Yerbal 5266 - 4° Piso (C1407EBN) Buenos Aires
Tel.: (011) 4683-5050 - Fax: (011) 4683-2020
info@testo.com.ar - www.testo.com.ar



KEARNEY & Mac CULLOCH
Lawyers - Patents and Trademarks

Con la experiencia adquirida a través de más de treinta años en el ejercicio de la profesión de Agentes de la Propiedad Industrial y la especialización derivada del asesoramiento y la atención de litigios relativos a marcas, patentes de invención, modelos y diseños industriales; nuestro Estudio se encuentra entre los más reconocidos de la República Argentina, en esta materia.

Brindamos nuestros servicios en las siguientes áreas:

- ▶ Marcas
- ▶ Patentes - Modelos de utilidad - Modelos y diseños industriales
- ▶ Propiedad intelectual y derechos de autor
- ▶ Registros de dominios
- ▶ Transferencia de tecnología
- ▶ Asesoramiento jurídico judicial y extrajudicial

KEARNEY & MAC CULLOCH

Av. de Mayo 1123 Piso 1° (1085) CABA, Argentina
Tel: +54 11 4384-7830 | Fax +54 11 4383-2275
mail@kearney.com.ar | www.kearney.com.ar

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN MATERIA
DE AISLACIÓN ELÉCTRICA

etelec®

MiniBox

SHELL
BOX

BOX
SPRING



Las nuevas cajas de empalme aisladas en gel, en conjunto con sus conectores, han sido diseñadas para aislar y proteger conexiones eléctricas de la humedad y polvo de manera sencilla, rápida y segura sin necesidad de utilizar herramientas especiales.

IPX8



Ver video



 /microcontrolsa

 /microcontrolsa

 /Micro Control

 /Micro Control SA

 ventas@microcontrol.com.ar

 +54 11 4270-3291 al 5

 Cno. Gral. Belgrano Km 10,5
(1876) Bernal Oeste - Buenos Aires
Parque Industrial y Tecnológico Quilmes

 www.microcontrol.com.ar

Conversor e inversor: electrónica básica de los vehículos eléctricos



Los inversores y los convertidores son dispositivos (módulos de circuitos electrónicos) distintos e independientes, pero se pueden combinar con el fin de operar en la administración de energía, ya sea para accionar las ruedas, ya sea para recargar las baterías de los vehículos eléctricos.

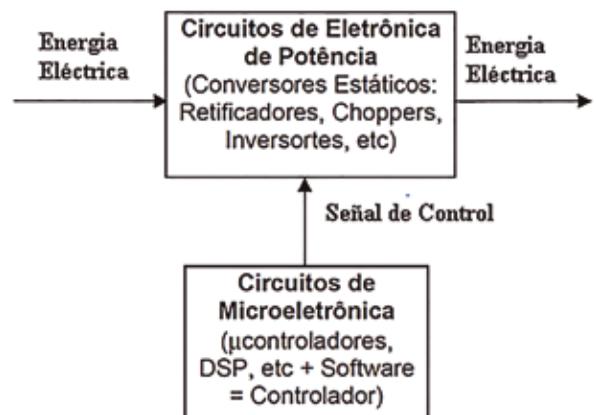
Ambos dispositivos están basados en una arquitectura definida en dos bloques:

- » Bloque de circuito principal (electrónica de potencia).
- » Bloque del circuito de control (microelectrónica aplicada).

Los circuitos principales de los elementos mencionados están dotados de ciertos arreglos específicos, y tienen en común el agregado de componentes de electrónica de potencia (inte-



Ricardo Berizzo
Cátedra Movilidad Eléctrica
UTN Rosario
rberizzo@gmail.com



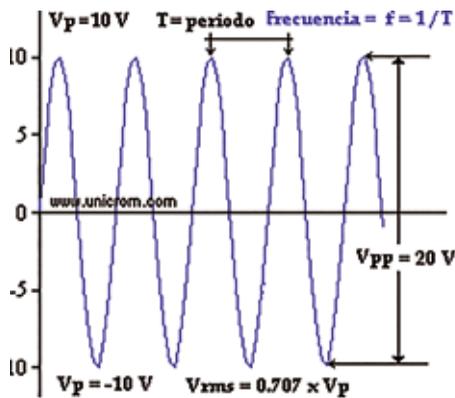
Arquitectura definida de convertidores e inversores

ruptores estáticos), gracias a los cuales pueden administrar corrientes eléctricas de valor elevado. En el ámbito de los sistemas que constituyen un vehículo eléctrico, los inversores y los conversores, como se verá más adelante, pueden trabajar individualmente o en conjunto.

El inversor

En principio, un inversor es un dispositivo que convierte la energía eléctrica proveniente de una fuente de corriente continua en corriente alterna, de modo tal que pueda usarse para accionar un dispositivo de corriente alterna, por ejemplo, un motor eléctrico de corriente alterna.

Al contrario de la energía eléctrica en corriente continua, que se caracteriza por una polaridad definida y constante, la corriente alterna se caracteriza por alternar sucesivamente la polaridad a lo largo del tiempo.



Ejemplo de corriente alterna



Ejemplo de corriente continua

La cantidad de veces que alterna la polaridad de la energía eléctrica en corriente alterna en una unidad de tiempo se denomina "frecuencia". Por ejemplo, que la frecuencia de red en nuestro país sea de 50 Hz significa que la polaridad cambia 50 veces por segundo. De este modo, un motor eléctrico alimentado por energía eléctrica en corriente alterna de frecuencia fija tendrá una velocidad fija. Entonces, un inversor de un vehículo eléctrico entregará al motor (de alto rendimiento y desempeño) una corriente alterna de frecuencia variable en función del accionamiento del pedal de aceleración del auto, de modo que pueda variar la velocidad. De tal manera, por entregar la dosis correcta de energía a una determinada frecuencia, el inversor controla tanto el torque como la velocidad del motor eléctrico y, por consiguiente, determina el comportamiento de conducción.

Independientemente de que el motor empleado en un vehículo eléctrico sea del tipo corriente alterna, asíncrono o síncrono, o corriente continua sin escobillas, el inversor funcionará de manera semejante: recibirá en su entrada una alimentación de corriente continua a partir del banco de baterías, entregando un sistema trifásico al motor.

El inversor acciona el motor eléctrico, pero si el vehículo está frenando deja de entregar energía y, en consecuencia, deja de accionar el motor. En ese momento, ocurre que la energía cinética, proveniente del movimiento inercial sobre las ruedas, fuerza el motor a girar, y entonces este se comporta como un generador de energía eléctrica.

Es por lo dicho que, técnicamente, el término "motor" no es el más adecuado para referirse a este equipamiento. En rigor, se debería denominar "máquina eléctrica". De modo que esta máquina eléctrica se comporta como motor cuando está operando en modo de tracción, pero cuando se comporta como generador es arrastrada por el sistema mecánico en el frenado.

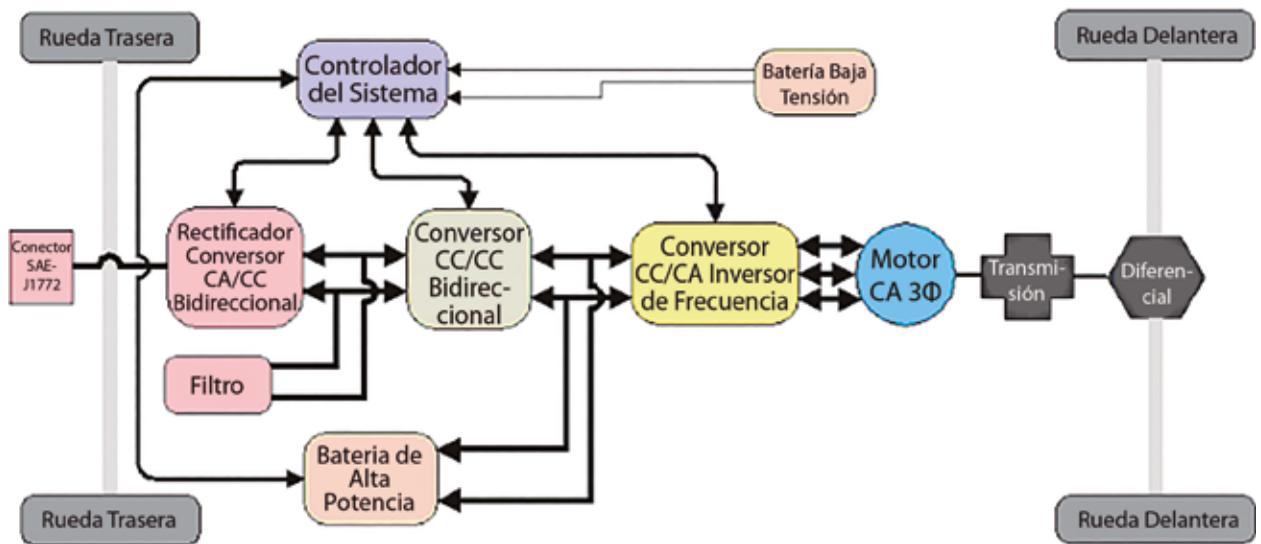


Diagrama de comportamiento de una máquina eléctrica

Cuando se acciona el pedal de freno de un vehículo eléctrico, la máquina eléctrica se comporta como generador y, por medio del inversor, se puede transferir la energía generada al banco de baterías. El inversor es un dispositivo bidireccional.

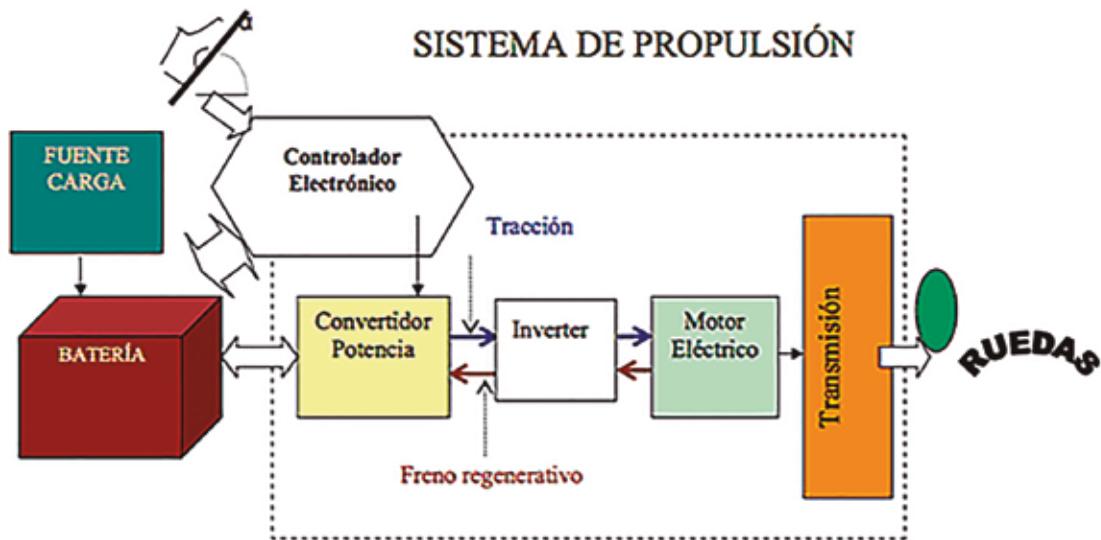
Cuando se acciona el pedal de freno de un vehículo eléctrico, la máquina eléctrica se comporta como generador y, por medio del inversor, se puede transferir la energía generada al banco de baterías. Entonces, de hecho, el inversor es un dispositivo bidireccional. Este proceso se llama "frenado regenerativo", y permite incrementar la carga del banco de baterías.

Un vehículo eléctrico también cuenta con frenos mecánicos, los cuales actúan sobre las ruedas, en general, con frenos a disco y sistema ABS. En ese caso, el par frenante que resulta de la operación de la máquina eléctrica en modo generador se suma al frenado mecánico para completar la detención del móvil. De esta forma, se desgasta menos el sistema mecánico de frenado y se gana más energía, tal como se dijo anteriormente.

Como resultado, la autonomía del vehículo está directamente relacionada con la buena eficiencia de su inversor, tanto cuando la máquina opera en modo de tracción, como cuando opera en modo de frenado regenerativo.

A pesar de que las partes de un inversor están sobre una misma placa y encapsuladas de manera tal que todos los circuitos electrónicos quedan protegidos y refrigerados, el inversor comporta básicamente dos bloques:

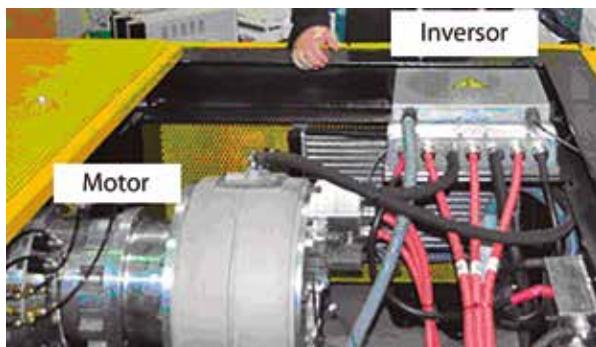
- » Bloque principal (de electrónica de potencia). Contiene un arreglo de elementos interruptores (interruptores estáticos) que son los responsables de ejecutar la conversión de corriente continua a alterna (en modo de tracción) y viceversa (en modo frenado), transportando corrientes eléctricas de valores elevados, del orden de los 200 a 300 A, y aún más dependiendo del tipo de vehículo eléctrico.
- » Bloque controlador (de microelectrónica). Está montado sobre una placa de circuito impreso integrada, dotada de un microcontrolador (en general, de 16 o 32 bits) que comanda el bloque de potencia a fin de minimizar las pérdidas de conmutación y maximizar la eficiencia térmica.



Componentes del vehículo eléctrico. (Fuente: INSIA)

La autonomía del vehículo está directamente relacionada con la buena eficiencia de su inverter, tanto cuando la máquina opera en modo de tracción, como cuando opera en modo de frenado regenerativo.

Según la potencia que maneje el inverter, el bloque principal (de conmutación) precisa refrigeración con agua. Debido a la corriente elevada que maneja, las pérdidas se convierten en calor que se transmite a todos los circuitos, y por eso es necesario no sobrepasar los valores de temperatura.



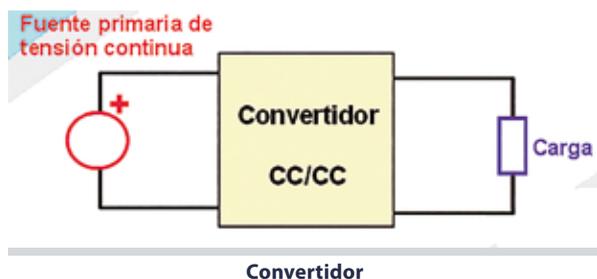
A las tareas propias del control del inverter, se suman las funciones de protección:

- » Protección del propio inverter contra sobretensiones y sobret temperatura.
- » Protección del motor contra sobrecarga y sobrecalentamiento.
- » Protección del banco de baterías contra sobrecargas de tracción durante la aceleración y contra sobretensión durante la regeneración.

Además de señalar fallas, almacenar parámetros variables en su memoria no volátil, permite hacer diagramas de tiempo de señales internas y variar funciones útiles de menor relevancia.

El convertidor (cargador del banco de baterías)

Más apropiadamente llamado "convertidor de tensión" o "convertidor CC/CC (corriente continua/corriente continua)", el convertidor es un dispositivo que modifica los parámetros eléctricos de una fuente de energía, ya sea para elevarla, ya sea para reducirla.



Los conversores CC/CC se aplican allí donde la alimentación disponible es corriente continua proveniente, por ejemplo, de un rectificador sin control, dotado apenas de diodos, o de un banco de baterías de tensión fija, cuya carga necesita tensión continua regulada que sea diferente de la que proviene de la fuente, o una tensión continua que posea un valor medio variable.

La manera más eficiente y simple de manejar valores elevados de potencia de corriente continua es también mediante un arreglo de interruptores estáticos.

Semejante a lo que ocurre en el bloque principal (electrónica de potencia) del inversor, la manera más eficiente y simple de manejar valores elevados de potencia de corriente continua es también mediante un arreglo de interruptores estáticos. Entonces, se dice que los elementos

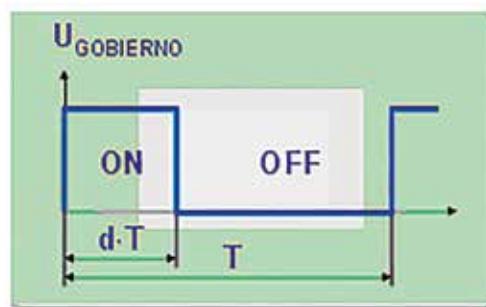
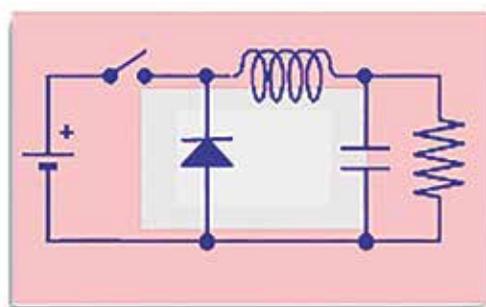
constituyentes de ese arreglo operan “en conmutación”.

La tensión fija de corriente continua se puede convertir en una tensión continua variable o regulada a través de las técnicas de modulación de ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés), lo que produce pulsos que comandarán los elementos de interrupción. Este método genera pérdidas mínimas de energía en los procesos de conversión, lo cual ocurre porque, cuando operan en modo conmutación, los interruptores estáticos presentan dos estados posibles:

- » **Conducción.** La corriente que fluye por el semiconductor (interruptor) es grande, por lo tanto la tensión sobre él es nula, lo cual implica que la potencia disipada (pérdidas) por el interruptor sea nula.
- » **Bloqueo.** La tensión que se presenta sobre los terminales del interruptor es de valor considerable y la corriente es nula, lo cual implica que la potencia disipada (pérdidas) sea nula.

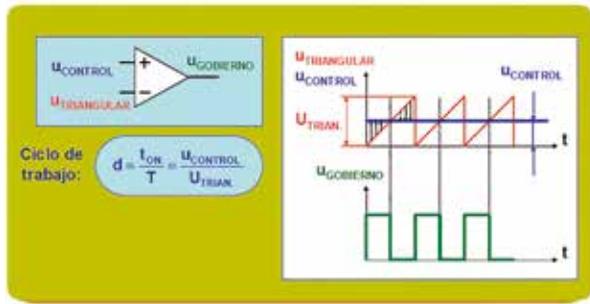
Lo dicho hasta ahora es una consideración ideal. En la práctica, los interruptores estáticos no alcanzan tal perfección y las pérdidas se manifiestan como calor.

Obviamente, este tipo de regulación no es continua, sino pulsada. La frecuencia de los pulsos utilizados para la conmutación de los interruptores es muy alta, de lo que resultan “periodos de conmutación” bastante breves.



Objetivos del circuito de control

- a) Generar la señal de control y gobierno del interruptor.
- b) Regular la tensión de salida en el valor deseado.

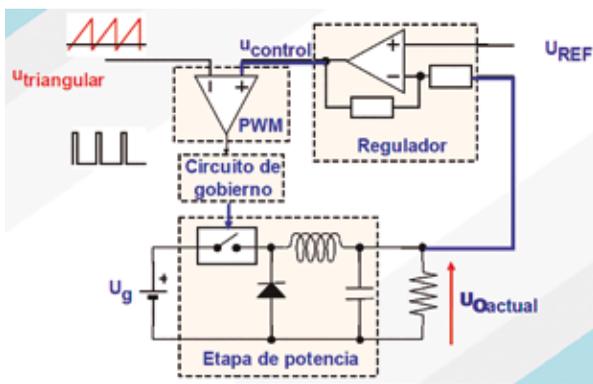


Estructura básica: modulador de ancho de pulso

Dado que los elementos que reciben la energía que proviene de los convertidores, denominados "carga" (como motores y baterías), presentan una "constante de tiempo" grande, la propia carga termina actuando como filtro y extrae de la tensión instantánea el valor medio, que es prácticamente constante.

Tanto los motores como las baterías son dispositivos que almacenan energía. Los motores lo hacen en el campo magnético que se produce en sus arrollamientos (bobinas) por el paso de una corriente eléctrica.

Tanto los motores como las baterías son dispositivos que almacenan energía. Los motores lo ha-



Estructura básica: modulador de ancho de pulso

cen en el campo magnético que se produce en sus arrollamientos (bobinas) por el paso de una corriente eléctrica, mientras que las baterías almacenan energía en todo su sistema constitutivo a través de un campo eléctrico.

Las constantes de tiempo son inherentes a los procesos de carga/descarga de esas energías en los dispositivos de almacenamiento.

Existen algunos tipos de convertidores de tensión diferentes, entre los cuales hay tres que son más comunes:

- » Convertor que disminuye la tensión, convertor "back" ("step-down").
- » Convertor que eleva la tensión, convertor "boost" ("step-up").
- » Convertor combinado que reduce/eleva, convertor "back-boost".

La aplicación más común de un convertidor de tensión es tomar una tensión de una fuente de tensión relativamente baja, y elevarla para un trabajo pesado de carga, con un consumo elevado de energía. También se puede dar el caso de ser bidireccional, es decir, que se utiliza también en el sentido inverso, para reducir la tensión. En este último caso, los convertidores utilizados en los vehículos eléctricos son del tipo bidireccional.

A pesar de los esfuerzos que se realizan para uniformar la tensión nominal de las baterías de los vehículos, el hecho es que las mismas se fabrican para un móvil específico, o sea, el valor de la tensión nominal del banco de baterías variará de acuerdo a la forma de interconexión entre las celdas de las baterías de cada módulo, entre los módulos mismos, etc.

En tanto, las experiencias de las empresas envueltas en la producción de vehículos han revelado que el nivel de tensión nominal adoptado para las baterías afecta el rendimiento de los vehículos, y por eso se tiende, poco a poco, a baterías de valor nominal estandarizado.

Las experiencias de las empresas envueltas en la producción de vehículos han revelado que el nivel de tensión nominal adoptado para las baterías afecta el rendimiento de los vehículos.

En general, las celdas de ion-litio que componen los módulos prismáticos de las baterías presentan una tensión de 3,6 a 3,8 V, y se tiende a generalizar los bancos de baterías con una tensión nominal total de 340 a 400 V.

También generalizando, los motores de corriente alterna empleados operan con tensiones nominales mayores, algunos en la banda de 400 a 650 V. Por otro lado, a fin de permitir la recarga de las baterías a partir de las instalaciones eléctricas residenciales, es preciso considerar un nivel mayor de tensión (no menor a 220/240 nominales).

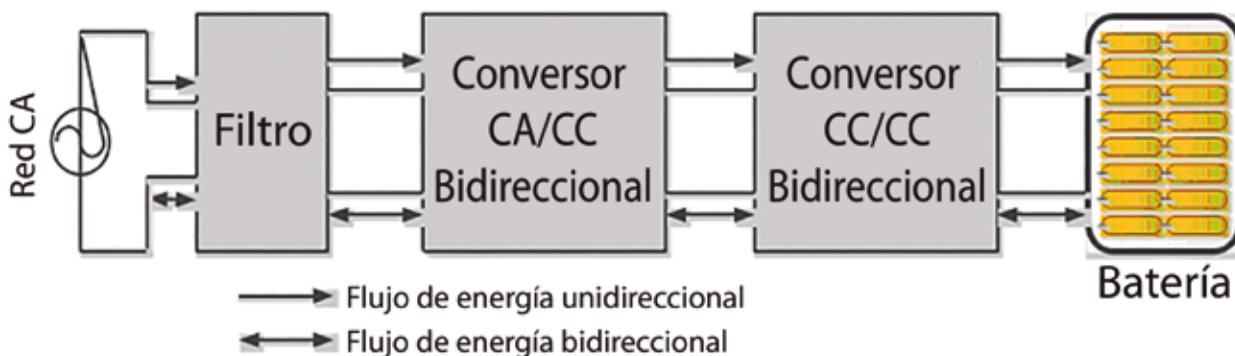
La bidireccionalidad del convertor, sumada a la bidireccionalidad del inversor, permite el frenado regenerativo que conduce a realimentar el banco de baterías, e inclusive otras operaciones interesantes como la posibilidad de devolver energía eléctrica a la red domiciliar del sistema eléctrico público.

Los cargadores deberán minimizar su impacto sobre la calidad de la energía, consumiendo corriente con un alto factor de potencia, de manera que aprovechen al máximo la energía tomada de

la red del sistema eléctrico. Eso es posible a través del empleo de topologías de corrección del factor de potencia activa, en los convertidores CC/CC Boost, que aumentan la tensión entregada por el rectificador del cargador embarcado.

La bidireccionalidad del convertor, sumada a la bidireccionalidad del inversor, permite el frenado regenerativo que conduce a realimentar el banco de baterías.

En todos los casos de convertidores e inversores, la ventilación/refrigeración adecuada es fundamental para mantener los componentes operando. Estos deben poseer su propio sistema de enfriamiento (bombas y radiadores), que será totalmente independiente del sistema de refrigeración de la máquina eléctrica. ■





SX 200 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 200 LED
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro
Dimensiones: 765 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)
Peso: 7,400 Kg. - Montaje vertical u horizontal
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts
Potencia máx. 290 Watts



SX 100 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 100 LED
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro
Dimensiones: 445 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)
Peso: 3,700 Kg. - Montaje vertical u horizontal
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts
Potencia máx. 145 Watts



SX 50 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 50 LED
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro
Dimensiones: 330 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)
Peso: 3,200 Kg. - Montaje vertical u horizontal
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts
Potencia máx. 65 Watts

DAFA

MOTORES ELECTRICOS



- Motores eléctricos blindados monofásicos de alto par y bajo par de arranque.
- Motores eléctricos blindados trifásicos.
- Amoladores y pulidoras de banco.
- Bombas centrífugas.
- Motores abiertos monofásicos y trifásicos.
- Motores con frenos.
- Motores para vehículos eléctricos.
- Motores 60 Hz.
- Motores 130 W.
- Motores monofásico 102AP.
- Motores para hormigonera.
- Bobinados especiales.
- Reparaciones

Motores especiales en base a proyectos y planos desarrollados por el cliente o por nuestra empresa.

MOTORES DAFA SRL

Tel.: (011) 4654-7415 // 4464-5815 | motoresdafa@gmail.com | www.motoresdafa.com.ar



METREL®

Cuando **MEDIR BIEN**
es lo más importante...

REPRESENTANTE AUTORIZADO

Vimelec s.a.



Micro-ohmímetro de 100 A
modelo **MI-3252**



Analizador de tierra
modelo **MI-3290**



Registrador de
calidad de energía
clase A
modelo **MI-2892**



Relaciómetro
modelo **MI-3280**



Medidor de tensión
de paso y contacto
modelo **MI-3295**



Comprobador multifunción
para cumplir la SRT 900/15
modelo **MI-3102BT**
y **MI-3102HBT**



Vimelec s.a.

Salcedo 3823 (C1259ABY) CABA | Argentina
Telefax: +54 11 4922-9702 /9996
vimelec@vimelec.com.ar | www.vimelec.com.ar

NÖLLMANN

Soluciones Eléctricas

ESTRUCTURAS PARA INTEMPERIE TIPO SHELTER

Se desarrollan Centros Transportables para instalación intemperie. Se emplean como sub-estaciones transportables para distribuir la energía eléctrica en MT y BT.

Comúnmente utilizados en lugares donde no es conveniente instalar sub-estaciones de obra civil, como por ejemplo en Minería, Refinerías, Instalaciones con ambientes con alto contenido de contaminación ambiental, etc.

Características: Estructura solidaria resistente; Placas pasamuros; Piso técnico y/o removible; Paneles con aislamiento térmico y acústico; Bandeja pasacables; Aire acondicionado; Sistema de detección y extinción de incendio; Paneles de puertas desmontables con cierre antipático; Iluminación interior y exterior; Estructura base con orejas de hierro para permitir el izamiento con grúas de alta capacidad de carga; Condiciones ambientales según necesidad; etc.

Una de las ventajas principales es que todo el equipamiento sale probado totalmente de fábrica y, además, ante posibles cambios de ubicación del equipo, no se producen pérdidas en las inversiones fijas.



PRINCIPALES APLICACIONES

- Transformación de energía eléctrica
- Distribución y/o control de sistemas eléctricos o procesos.
- Control y supervisión de sistemas para telecomunicaciones.
- Fines específicos, ligados a procesos especiales.



CENTRO DE CONTROL DE MOTORES PROTOCOLIZADOS RESISTENTE AL ARCO INTERNO

NOLLMANN S.A. cuenta con la licencia y calificación en la integración de paneles LOGSTRUP. El sistema de cuadro modular LOGSTRUP-OMEGA es un conjunto de equipamiento de BT. Su diseño cumple con las exigencias en la norma IEC 61439-1/-2.

Tablero certificado multimarca
a

ESTÁNDARES DE SEGURIDAD

- Ensayo tipo IEC 60439-1 / 61439-1-2
- Forma de compartimentación 3a/3b/4a/4b
- Prueba de arco interno IEC 61641
- Protección de arco en cada unidad
- Sistema de barras de 2000A a 6500A inc.
 - ▶ Barra de bus principal: de 2000A a 6500A inc.
 - ▶ Bus de dist: de 800A a 2000A inc.
 - ▶ ACB: de 1250A a 5400A inc.
 - ▶ MCCB: de 100A a 960A inc.
- Resistencia al cortocircuito
 - ▶ Barras principales (Icw / Ipk): 50kA/110kA
70kA/154kA - 100kA/220kA - 150kA/330kA
165kA/ 363kA
 - ▶ Barras de distribución: Icc: Hasta 150kA
Icw/Ipk: 50kA
 - ▶ Unidades funcionales: Icc: Hasta 150kA



Consultas Técnicas
aplicaciones@nollmann.com.ar



NOLLMAN SA.

Austria norte 722 - (B1617EBP) - Parque Industrial Tigre - Provincia de Buenos Aires Tel: 54 11 - 5245 - 6825 / 6754 / 6833
www.nollmann.com.ar

Velben®

INDUSTRIAS ELECTROMECAÑICAS



Voltmetro digital enchufable para 220 Vca



Voltmetro digital para tablero 22 mm: 220 y 380 Vca
8-30 Vcc
Otras tensiones, consultar



Voltmetro digital para riel din: 220 y 380 Vca
Otras tensiones, consultar



Amperímetro digital para tablero 22 mm: 0-99 Aca



Con más de 70 años en el mercado eléctrico argentino

Velben®

📍 Rodríguez Peña 343
(B1704DVG) Ramos Mejía
Buenos Aires - República Argentina

☎ (+54 11) 4658 9710 - 4656 8210
✉ vefben@vefben.com
🌐 www.vefben.com



Felipe Sorrentino
Coordinador Editorial
sorrentinofelipe@gmail.com

Tenemos que seguir capacitándonos

Llevamos más de un año de pandemia y los instaladores vieron mermados sus trabajos, ya que en muchos municipios y sectores no se pudo reabrir la actividad.

Aprovechando este impasse, que deseamos sea lo más breve posible, es recomendable capacitarse por todos los medios posibles. Hoy existen ofertas de muchos cursos y talleres virtuales, especialmente diseñados para el sector (en este suplemento, indicamos algunos de ellos).

A partir de nuestra próxima entrega, incluiremos una sección para que les resulte más fácil y racional a los instaladores calcular los costos de sus obras. Brindaremos una metodología adecuada y sencilla de implementar, a la vez que publicaremos indicadores relevantes para el sector eléctrico.

Recomendamos a todos estar muy atentos, y participar de los grupos y redes del sector, donde se generan consultas técnicas y las consiguientes respuestas, que colaboran en dar soluciones y recomendaciones útiles para todos.

Por último, invitamos a todas las asociaciones y cámaras de instaladores de todo el país a que nos envíen sus datos, zona de influencia y las actividades que desarrollan para poder difundirlas a través de este medio.

Todos los canales son válidos para seguir conectados en tiempos de pandemia.



Modernización de las instalaciones eléctricas

Alberto Farina

Pág. **32**



Calefacción eléctrica: milagros y supersticiones que nos enseña la pandemia

Luis Miravalles

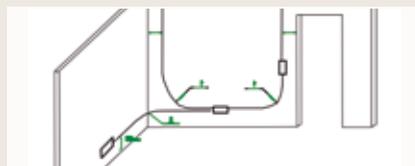
Pág. **36**



La nueva era del aprendizaje empresarial: las personas en el centro de los negocios

Andrés Ríos

Pág. **40**



Cómo instalar caños plásticos curvables autorrecuperables

Plásticos Lamy

Pág. **44**



Cursos y talleres para hacer en 2021

Pág. **48**



Pandemia y recambio generacional

Néstor Rabinovich

Pág. **50**

Modernización de las instalaciones eléctricas

El transcurso del tiempo influye también en las instalaciones eléctricas de diversas maneras, algunas perceptibles y otras, no. Fundamentalmente, en lo que respecta a la funcionalidad y más importante aún, a la seguridad, con las consecuencias que pueden derivar de ello. Por todo esto es necesario llevar a cabo adecuaciones, las cuales deben contemplar puntos de vista tales como seguridad, funcionalidad, tecnología, normas, reglamentaciones y, fundamentalmente, mano de obra acorde.



Alberto Farina
Universidad Tecnológica Nacional
www.ingenierofarina.com.ar

Introducción

La energía eléctrica es el elemento básico para el desarrollo de toda actividad humana, y su empleo solamente es posible a través de las instalaciones eléctricas. Es por ello que la ejecución, uso y mantenimiento de las instalaciones se debe hacer reuniendo requisitos derivados, no solo de la utilización que se pretenda, sino también conforme a las reglamentaciones y normas vigentes, empleando materiales normalizados y certificados.

Las instalaciones eléctricas se planean en función de los distintos tipos de utilizaciones específicas: viviendas, edificios, comercios, industrias, empresas de servicios, etc. O sea, para un uso en un tiempo determinado, y de acuerdo a las actividades que se llevan a cabo en cada espacio.

Pero el tiempo transcurre inexorablemente, el mundo se transforma y, entre otras cosas, el hombre cambia su forma de vivir, de trabajar, de estudiar. Es así como aparecieron servicios y costumbres nuevas, lo cual derivó en necesidades nuevas para las infraestructuras.

Paralelamente, las grandes empresas proveedoras y fabricantes, conscientes y precursoras en algunos casos, desarrollaron equipamientos acordes a las nuevas necesidades y costumbres.

Y la pregunta es: ¿qué pasó con las instalaciones eléctricas luego de esas transformaciones? La realidad nos muestra que ocurrieron dos cosas: las instalaciones eléctricas nuevas se hicieron de acuerdo a las necesidades nuevas, pero las existentes, en general, no se modificaron sustancialmente; solo algunas lo hicieron, aunque de forma parcial.

Se debe tener en cuenta que los cambios producidos en el sistema económico mundial no beneficiaron, en general, a nuestro país, exceptuando a unos pocos. Esto hizo que las empresas e instituciones quedaran mal posicionadas económicamente (ni hablar de las que sucumbieron), por decirlo de una manera sutil. Los pocos recursos con los que pueden contar las empresas, los utili-

zan para subsistir, por lo cual no se puede pensar que harán inversiones en instalaciones o equipos que aún funcionan, si no arrojarán un beneficio directo para la subsistencia.

Nadie desconoce que las instalaciones eléctricas y sus componentes, si bien existen, no están a la vista, por lo cual no se repara en ellas hasta que se produce una falla o avería, y recién entonces se hacen las consideraciones del caso.

Aparecieron servicios y costumbres nuevas, lo cual derivó en necesidades nuevas para las infraestructuras.

El transcurrir del tiempo

Este título no pretende ser ni parecer el motivo de un análisis filosófico, sino que simplemente trae a colación que el transcurso del tiempo, no solo coloca a nuestro alcance nuevas tecnologías y productos más eficientes y seguros, sino que además opera desfavorablemente para los existentes.

El paso del tiempo trae aparejadas muchas situaciones para los componentes de una instalación eléctrica. Estas provienen de la propia historia de funcionamiento, como ser el deterioro de las aislaciones de los cables por sobrecalentamiento (lo cual puede tener diversos orígenes: mala instalación, cálculo equivocado, condiciones ambientales desfavorables, etc.), los desgastes mecánicos de los elementos (cantidad de maniobras, maltrato, mala calidad de los componentes, etc.), el reemplazo de elementos por otros inadecuados (falta de idoneidad), las ampliaciones mal hechas (improvisaciones), el menoscabo de las condiciones de seguridad (conceptos equivocados o falta de sustento técnico).

Estos y otros factores hacen que, cuando se analiza el estado de una instalación eléctrica que tiene una cierta antigüedad, se puede comprobar que esta carece de seguridad y funcionalidad,



dad, y que es antieconómica por las pérdidas y los gastos de mantenimiento que trae aparejado. Además, se suma lo que pueda significar en cada caso la falta de un insumo esencial para la producción o el servicio que se está llevando a cabo en el edificio considerado (falta de producción, inseguridad, etc.).

Todos los establecimientos han sido sometidos al régimen de las ART, que tienen una fuerte injerencia en los temas de seguridad del personal de las empresas.

Otros aspectos para considerar

A los aspectos enunciados anteriormente, creo que necesariamente se deben sumar los del tipo legal y reglamentarios.

Todos los establecimientos han sido sometidos al régimen de las ART, que tienen una fuerte injerencia en los temas de seguridad del personal de las empresas, y se valen de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (y sus decretos complementarios) y de la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), así como de otras leyes que no son estrictamen-



te de orden técnico, pero que están vigentes y aportan al tema.

Respecto de la Reglamentación de la AEA, es necesario destacar que la aplicación de sus directivas es requisito para una construcción segura y eficiente.

Asimismo, se debe sumar una mayor toma de conciencia acerca de lo que significa la seguridad en general, teniendo en cuenta la importancia social y económica de las consecuencias de los accidentes como las pérdidas de vidas humanas y bienes productivos o personales.

La acción

Como consecuencia de los distintos aspectos expuestos más arriba, la modernización (o revamping) de las instalaciones eléctricas es una necesidad imprescindible. No es una tarea simple ya que, no solo se trata de una inversión, sino de la posibilidad de realizar una ejecución nueva de acuerdo a los fines propuestos de modo tal de no incrementar las pérdidas.

La modernización de una instalación eléctrica no es tarea sencilla, ya que se debe realizar sin provocar inconvenientes en el funcionamiento de la empresa o institución que funciona dentro del inmueble. Es así como la organización de la obra se deberá hacer a partir de un proyecto que permita la ejecución sin provocar inconvenientes a nada, ni a nadie.

Tanto el diseño, como el proyecto, aún en estas circunstancias, se deben llevar a cabo de acuerdo a la reglamentación vigente y con productos normalizados que incorporen la última tecnología de su rubro.

Se debe sumar una mayor toma de conciencia acerca de lo que significa la seguridad en general.

Pautas

Las pautas que se deben seguir para la modernización son las que se sugieren a continuación.

- » Estudiar minuciosamente del funcionamiento del establecimiento, o sea, de la actividad que se desarrolla en su interior, para lo cual debe contar con la ayuda imprescindible del personal mismo.
- » Sectorizar el edificio en base a actividades que se desarrollan en él, lo cual facilitará la ejecución posterior.
- » Relevar y verificar las canalizaciones disponibles para el tendido de cables nuevos.
- » Verificar, mediante mediciones, los consumos de las cargas y/o sectores principales.

El orden de lo expuesto es solo orientativo y puede variar o, en su defecto, se pueden realizar tareas en forma simultánea.

El proyecto

A partir del conocimiento de las pautas antes descritas, es necesaria la realización de un proyecto en el cual se contemple lo siguiente:

- » Seguridad de la nueva instalación eléctrica
- » Realización de la obra con la menor interferencia posible sobre las actividades

- » Funcionalidad de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el lugar
- » Previsión de ampliaciones futuras
- » Empleo de materiales modernos que estén normalizados (no necesariamente los más costosos)

Para realizar el proyecto y la planificación de una modernización de una instalación eléctrica, se hace necesario contar con un minucioso estudio previo, así como con planificación coordinada de la ejecución.

Los resultados

Lo que se espera a través de la inversión son los siguientes resultados:

- » Mayor seguridad para las personas
- » Preservación de las instalaciones y los bienes
- » Continuidad en el suministro de la energía eléctrica
- » Reducción del consumo de energía eléctrica
- » Mejoramiento de la relación costo/beneficio
- » Reducción de los costos de mantenimiento
- » Incremento de la confiabilidad
- » Minimización de las operaciones manuales, gracias a la introducción de automatismos

Tanto el diseño, como el proyecto, se deben llevar a cabo de acuerdo a la reglamentación vigente y con productos normalizados que incorporen la última tecnología de su rubro.



Conclusión

Para que todo lo presentado en este escrito sea una realidad y se puedan obtener los resultados enunciados, se necesita hacer un buen planeamiento. Se deberá especificar la forma en que se llevará a cabo la obra, en consideración de que se trata de una instalación eléctrica en funcionamiento, lo cual no da lugar a la improvisación.

El proyecto se debe hacer con la idoneidad que trae la experiencia en obras similares, y con la aplicación acertada de la Reglamentación de la AEA, con elementos normalizados acordes a la envergadura de la obra.

Por otro lado, quien ejecute la obra deberá ser una empresa con los antecedentes necesarios y con una dirección celosa, que supervise no solo los trabajos, sino también todo lo asociado con los materiales utilizados. ■

Calefacción eléctrica: milagros y supersticiones que nos enseña la pandemia



Luis Miravalles
 Instalador electricista
 miravallesluisanibal@gmail.com

Los acondicionadores consumen mucho

Que los acondicionadores de aire consumen mucho es verdadero en verano y falso en invierno. En verano, es mucho mejor refrescarnos con nuestra transpiración evaporada con la ayuda de ventiladores que consumen poco y movilizan el aire, tal como lo sugieren las recomendaciones de presencialidad durante la pandemia, en vías de ser verificadas mediante el empleo de medidores de contaminación del aire.

En cambio en invierno, además de movilizar y filtrar el aire, el acondicionador es el calefactor que menos consume; leer sino la placa de un split sencillo (ver figura 1): con casi un solo kilowatt de la red eléctrica, proporciona cerca de tres kilowatts de calefacción.

¿Y cómo se produce el “milagro”? El acondicionador no produce ni calor ni frío; durante el verano echa el calor hacia afuera (poné la mano cerca

FRECUENCIA		50 HZ
POTENCIA MÁXIMA		1300W
CORRIENTE MÁXIMA		6,5 A
HCFC-22(R-22)		0,78 kg
PRESIÓN ALTA/BAJA		2,6/1,2 Mpa
NRO. SERIE		3408A97410
CAPACIDAD		
	FRIO	2,64 KW
	CALOR	2,93 KW
POTENCIA		
	FRIO	0,94 KW
	CALOR	0,91 KW
CORRIENTE		
	FRIO	4,2 A
	CALOR	4,0 A

Figura 1



de la salida exterior: te la calienta más); durante el invierno, en cambio, echa el frío (recordemos que el frío es la falta de calor) hacia afuera (poné la mano cerca de la salida exterior: te la enfría más). El kilowatt absorbido es el peaje que pagás por transportar energía térmica en uno u otro sentido (buscá en cualquier buscador “bomba de calor”). No confundir con el caloventor que, si bien también moviliza el aire, por cada kilowatt solo brinda un kilowatt de calefacción, y no tres como el acondicionador.

Que los acondicionadores de aire consumen mucho es verdadero en verano y falso en invierno.

Ventilación cruzada

Se puso de moda emplear la denominación “ventilación cruzada”, propia de la arquitectura, para decir que los ambientes deben estar ventilados, en relación a la falsa oposición entre lo virtual y lo presencial (como si el alumno jamás hubiese estudiado en su casa el libro Memoria estática, cuya presencialidad era entonces reemplazada por la madre del alumno).

Va de suyo que, si en tu casa estudiás con tu burbuja, también tenés que ventilar. El verdadero conflicto reside en que la ventilación atenta contra la calefacción, así que hay que abrigarse. Ya se ocupará el barbijo correctamente ajustado de evitar la entrada de aire tan frío al torrente respiratorio.

Calefactor eléctrico de bajo consumo

No existe el calefactor eléctrico de bajo consumo, salvo para quien emplea el principio de bomba de calor (el acondicionador, por ejemplo).

No existe el calefactor eléctrico de bajo consumo, salvo para quien emplea el principio de bomba de calor (el acondicionador, por ejemplo). Todos los otros calefactores eléctricos que contienen resistencias visibles u ocultas (por ejemplo, vitroconvectores, placas, radiadores, etcétera) solamente entregan en forma de calor la energía eléctrica que consumen. La diferencia entre estos últimos reside en la manera en que transfieren el calor (buscá en cualquier buscador “transferencia de calor”). Las formas son las siguientes:



- » Conducción. Básicamente, por contacto directo, por ejemplo, manta eléctrica, jarra térmica, termostaque.
- » Radiación. Notoriamente, por emisión a distancia (buscá en cualquier buscador “Ley de Boltzmann”), calienta donde impacta, por ejemplo, el radiador blindado o el cuarzocalfactor (este último, prohibido por ser causa de quemaduras e incendio: caracteriza a los radiadores su temperatura elevada).
- » Convección. Esencialmente, por calentamiento de una masa fluida (por ejemplo agua, o bien aire del ambiente, que al calentarse pierde densidad), que cede calor al medio, por lo que se enfría y, dado que gana densidad, desciende, y así continuamente.

Conclusiones

Va de suyo que la calefacción más limpia y segura es la eléctrica.

- » Conviene instalar los acondicionadores a la menor altura posible porque “el calor se va hacia arriba”: planta baja en una casa de dos pisos y cerca del zócalo cuando se pueda.
- » Inversamente a lo mencionado en el punto anterior, “el frío se va hacia abajo”, por lo que desaconsejamos el uso de acondicionadores en verano y recomendamos su reemplazo por ventiladores, que consumen muchísimo menos.
- » Todo convector transfiere “casi” todo su calor por convección y solo un poco de calor también por radiación, más otro poco por conducción (sentarse sino encima de un mal llamado “radiador de aceite”). Una consideración análoga vale para el radiador y el conductor: no existe convector puro, ni radiador puro, ni conductor puro; todos y cada uno participan marginalmente de las otras modalidades.
- » Va de suyo que la calefacción más limpia y segura es la eléctrica, en igualdad de cumplimiento reglamentario con sus competidoras, por ejemplo, gas, leña y ni hablar braseiros; y la más económica es la bomba de calor (acondicionador, por ejemplo). ■■

EH *ELECTRICIDAD* *CHICLANA*

MATERIALES ELÉCTRICOS



GREMIO



INDUSTRIA



ASESORAMIENTO TÉCNICO



CONSTRUCCIÓN



INGENIERÍA

Al servicio de nuestros clientes
con todas las soluciones.



La nueva era del aprendizaje empresarial: las personas en el centro de los negocios

Durante los últimos años, las empresas han llevado a cabo un proceso de digitalización consistente en la incorporación de herramientas digitales a las distintas áreas de negocio. Sin embargo, el futuro pasa por la implementación de una cultura de transformación más amplia, que afectará los procesos y se orientará hacia el cliente. Estamos en la nueva era del aprendizaje empresarial.



Andrés Ríos

Socio director de Marketing de OVERLAP

Fuente: Juan Carlos Valda en www.grandespymes.com.ar

El último informe *Tendencias 2017-2020* elaborado por los expertos de la consultora Overlap pone el foco en la necesidad de incorporar nuevos métodos de aprendizaje en las organizaciones empresariales, porque el éxito futuro se asentará principalmente en las personas, en la capacidad de los equipos directivos y comerciales para tomar las mejores decisiones de forma inmediata. Y para ello resulta fundamental que las empresas implementen la nueva cultura del aprendizaje y doten a sus plantillas de las metodologías y herramientas necesarias para que esa toma de decisiones en tiempo real sea acertada.

Resulta paradójico que las verdaderas causas de la llegada de la nueva era del aprendizaje empresarial hayan sido la transformación digital y la introducción de nuevas tecnologías de la información en la empresa, pero así es: la tecnología ha vuelto a colocar a las personas en el centro de los negocios.

Las empresas necesitan líderes, no gerentes

Posicionar a las personas en el centro constituye la pieza angular; clientes que son personas, colaboradores que son personas. Personas cuyo nivel de exigencia es significativamente mayor debido a que la tecnología forma parte inherente de nuestro día a día y permite personalizar la relación con nuestros clientes y colaboradores en cualquier momento y en cualquier lugar, en un entorno VUCA —acrónimo de las siglas en inglés de volatilidad (*volatility*), incertidumbre (*uncertainty*), complejidad (*complexity*) y ambigüedad (*ambiguity*)—.

Posicionar a las personas en el centro constituye la pieza angular; clientes que son personas, colaboradores que son personas.



En este nuevo contexto en el que las empresas buscan saber más sobre sus clientes para personalizar sus ofertas y ser más útiles a los consumidores, los equipos deben estar preparados para abordar estos cambios en los modelos de gestión, de liderazgo y de aprendizaje. O mejor, denominados como “modelos de gestión Agile”, modelos de compartición y de potenciación y modelos de autodesarrollo del individuo, respectivamente.

Lo cierto es que en esta nueva era del aprendizaje, las empresas ya no focalizarán su fuerza de ventas en la figura de gerentes, sino que buscarán líderes que ayuden a las plantillas a desarrollarse en una nueva cultura de toma de decisiones constante.

Lo cierto es que en esta nueva era del aprendizaje, las empresas ya no focalizarán su fuerza de ventas en la figura de gerentes, sino que buscarán líderes que ayuden a las plantillas a desarrollarse en una nueva cultura de toma de decisiones constante.

Design thinking, social learning y learning analytics

De manera global, las empresas abordarán la creación de soluciones de aprendizaje para sus empleados y clientes a través de las técnicas del *design thinking* (pensamiento de diseño) y del *user experience* (experiencia de usuario). El *social learning* (aprendizaje a social) es el aprendizaje a través de las redes sociales y será otra de las tendencias encaminada a la optimización de resultados. Y, por supuesto, *learning analytics* (análisis del aprendizaje), enfocado al análisis y explotación de los datos, será clave en la evolución del *business intelligence* (inteligencia en los negocios) al *big data* (datos masivos).

Asimismo, el entorno VUCA y la aplicación de metodologías Agile traerán consigo la transformación de la cultura empresarial en cuanto a formación de los empleados. Hasta ahora, las compañías jugaban un papel paternalista: ellas decidían qué y cómo se formaban sus plantillas. Sin embargo, a partir de ahora, el rol de los líderes de cada organización girará hasta convertirse en mentores que enseñarán a sus empleados cómo se aprende.

Cada organización impulsará su propia cultura de autoaprendizaje a través de los gerentes. Más allá de los programas y actividades concretos, se

crea una mentalidad e inquietud en cada equipo hacia el autoaprendizaje. Para ello, las organizaciones adoptarán una estrategia de *learner experience* (experiencia de aprendiz), que supone un nuevo enfoque del aprendizaje que considera elementos del diseño basado en la experiencia del usuario. La idea es seguir los parámetros utilizados para mejorar la experiencia de los consumidores y aplicarlos al plan estratégico de formación de los trabajadores de una compañía.

El entorno VUCA y la aplicación de metodologías Agile traerán consigo la transformación de la cultura empresarial en cuanto a formación de los empleados.

Redes sociales y microaprendizaje

Las redes sociales jugarán un papel fundamental. El aprendizaje social será una de las tendencias fundamentales en los próximos tres años. El ecosistema de aprendizaje cambia. Los empleados y mandos requieren respuestas inmediatas. Deben actualizarse de forma constante, y la inmediatez y concreción que brindan las redes sociales serán aprovechados para mejorar la

comunicación, el intercambio y la formación de las plantillas.

La inmediatez y concreción que brindan las redes sociales serán aprovechados para mejorar la comunicación, el intercambio y la formación de las plantillas.

Además de la resolución de problemas concretos, el aprendizaje social servirá de base para la implantación de un modelo de microaprendizaje (*microlearning*). Se trata de aprendizaje de conocimientos críticos para un trabajador de forma exprés, de entre cuatro y seis minutos, ya que Google señala que ese es el periodo máximo de concentración de un usuario en un contenido.

Todo ello unido a la utilización de la inteligencia artificial, que entrará a formar parte del núcleo del negocio de las compañías, hará que las organizaciones se adapten a una nueva era del aprendizaje empresarial en la que empleados y mandos mejorarán su comunicación y buscarán soluciones a sus retos y problemas a través del autoaprendizaje y el aprendizaje social. Siempre con el foco en las personas; clientes que son personas, colaboradores que son personas. ■





Pettorossi

Cables eléctricos



Somos especialistas en Cables Eléctricos



Cómo instalar caños plásticos curvables autorrecuperables

En este artículo se presenta una descripción detallada de la línea Elviplast, de caños plásticos curvables autorrecuperables para canalizaciones eléctricas de hasta 1.000 V. Asimismo, se dan consejos para su instalación.



Plásticos Lamy
www.pettorossi.com

Caño de color naranja

El caño naranja es plástico, flexible y autorrecuperable fabricado según la Norma IRAM 62386, punto 7.3, con diámetros exteriores de 16, 19, 22, 25, 32, 38 y 50 mm (5/8 a 2").

Caño para aplicar en instalaciones de telefonía, audio, video, informática.

Caño de color gris

El caño gris posee un rango de temperaturas de funcionamiento de entre -5 y 90 °C, y no propaga la llama una vez retirada la fuente de ignición. Soporta una carga de aplastamiento de 750 N y, una vez retirada, recupera el 90% de su diámetro inicial en 60 segundos.

El caño gris posee un rango de temperaturas de funcionamiento de entre -5 y 90 °C, y no propaga la llama una vez retirada la fuente de ignición.

Con gran rigidez dieléctrica y resistencia de aislamiento, también soporta hidrocarburos, ácidos, solventes, acelerante de fragüe y salitre.

Este caño sirve para colocar en canalizaciones eléctricas de hasta 1.000 V, sobre tabiques, columnas o vigas construidas con hormigón, en construcciones premoldeadas, pretensadas y en losas.

Caño de color blanco

El caño blanco posee un rango de temperaturas de funcionamiento de entre -5 y 90 °C, y no propaga la llama una vez retirada la fuente de ignición. Soporta una carga de 320 N y, una vez retirada, recupera el 90% de su diámetro inicial en 60 segundos.

Con gran rigidez dieléctrica y resistencia de aislamiento, también soporta hidrocarburos, ácidos, solventes, acelerante de fragüe y salitre.

Este caño sirve para colocar en canalizaciones eléctricas de hasta 1.000 V, en cañerías en obras secas embutidas en techo, piso, paredes o tabiques construidos con hormigón premoldeado.

Recomendaciones de instalación

Las longitudes de los tramos rectos no deberán ser mayores de doce metros. En caso de poseer curvas, estas no podrán ser más que dos, y se debe respetar el radio mínimo de curvatura indicado según el diámetro del caño; además, la longitud máxima no debe superar los diez metros.

Bajo ningún punto de vista se deben realizar radios de curvatura menores a los indicados.

Respecto de las curvas, los radios de curvatura mínimos se pueden ver en la tabla 1. Bajo ningún punto de vista se deben realizar radios de curvatura menores a los indicados. Para longitudes menores a un metro, una sola curva es lo correcto. En el caso de longitudes de hasta cuatro metros, se podrán realizar dos curvas en el mismo sentido. En longitudes mayores, se podrán reali-

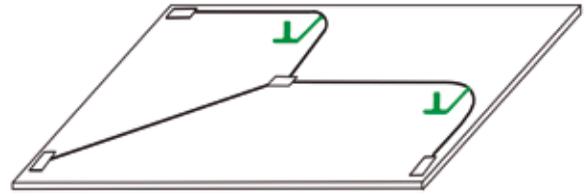


Figura 1. Instalación correcta en losa

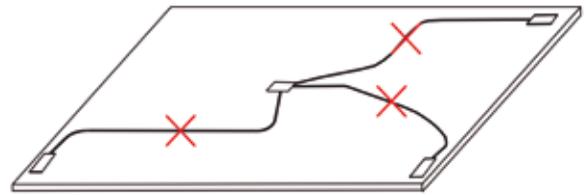


Figura 2. Instalación incorrecta en losa

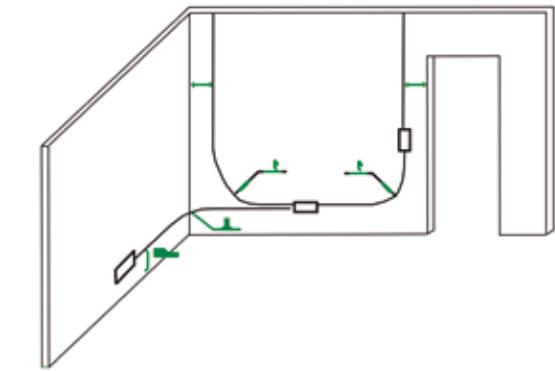


Figura 3. Instalación correcta en pared

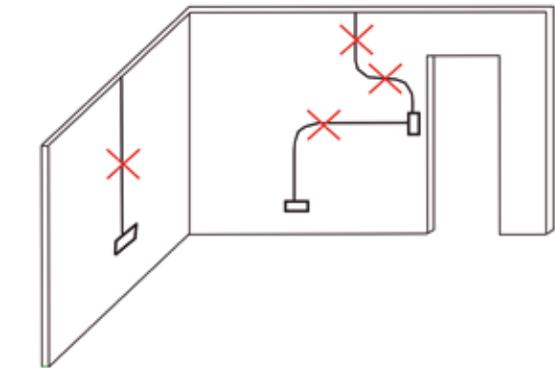


Figura 4. Instalación incorrecta en pared

Designación	Radio de curvatura	Y
5/8" (16)	50 mm	90
3/4" (19)	60 mm	100
7/8" (22)	70 mm	120
1" (25)	80 mm	130
1	1/4" (32)	170
1	1/2" (38)	220
	2" (51)	270

Tabla 1. Radios de curvatura



zar las dos curvas recomendadas en distinto sentido, pero no se recomiendan dos curvas si estas son horizontales (en el sentido de la loza) y verticales (hacia arriba o debajo de la loza).

Es condición indispensable sujetar el caño en su recorrido mediante precintos fijados a la armadura.

Sobre la sujeción de los caños en las losas, es condición indispensable sujetar el caño en su recorrido mediante precintos fijados a la armadura,

o encofrado de losas a una distancia no mayor a 0.80 metros. En el caso de las curvas, se sujetarán también al inicio y al final.

Sobre la disposición de los caños en las paredes, en todos los casos, los tramos serán horizontales y verticales, y se debe respetar la ortogonalidad de los ambientes. No se recomienda, bajo ningún punto de vista, los tendidos de diagonal.

La distancia de una canalización no debe superar en ningún caso 0,30 metros por debajo del techo y por sobre el piso. En cuanto a los vértices de los marcos de aberturas, esa distancia no superará los 0,25 metros. ■■

	Elviplast Concret y Elviplast Super	PVC	Metálico
Resistencia a la temperatura extrema (+90°)	Excelente	Malo	Malo
Resistencia al aplastamiento	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Recuperabilidad	Muy buena	Regular	Malo
Resistencia al impacto	Muy bueno	Bueno	Muy bueno
Resistencia al curvado	Excelente	Muy bueno	Malo
Flexión	Excelente	Regular	Malo
Rigidez dieléctrica y resistencia de aislación	Excelente	Muy bueno	Conductor
Resistencia a la propagación de la llama	Muy bueno	Muy bueno	Excelente
Condensación de humedad	Muy bueno	Bueno	Malo
Resistencia al ataque químico y a la corrosión	Muy bueno	Bueno	Regular
Emisión de gases tóxicos	Muy baja	Muy alta	Muy baja
Comportamiento ante hormigón o concreto con acelerantes de fragüe	Apto (Concret 75)	No apto	Regular

Tabla 2. Cuadro comparativo de diferentes canalizaciones

AMARRES HERRAJES ACCESORIOS

APA AMARRES
PREFORMADOS[®]
AEREOS



(+54 11) 3635-1403

(+54 11) 2200-7099

www.preformadosapa.com

Ventas@preformadosapa.com



Cursos y talleres para hacer en 2021



ACYEDE
Cámara Argentina de Instaladores Electricistas
www.acyede.com.ar

Toda la oferta de cursos y talleres que ofrece la Cámara Argentina de Instaladores Electricistas (ACYEDE) para lo que queda de 2021.

En este artículo, toda la oferta de cursos y talleres que ofrece la Cámara Argentina de Instaladores Electricistas (ACYEDE) para lo que queda de 2021.

La modalidad de cursada es virtual, a través de la plataforma Zoom. En caso de no poder asistir a los talleres, los videos de las clases estarán disponibles para uso exclusivo de los participantes. Respecto de los cursos, la modalidad de cursada será virtual o semipresencial, en función de las restricciones a la presencialidad establecidas por el Gobierno Nacional.

Para más información, contactarse con la Cámara por correo electrónico (contacto@acyede.com.ar) o a través de su página web.

Talleres

Inscripciones en organismos gubernamentales

- » Contenidos: inscripción en la AFIP (monotributo, responsables inscriptos, sociedades, etc.); inscripción en jurisdicciones provinciales (impuesto a los ingresos brutos); evaluación de opciones con menor carga impositiva.
- » Fecha: lunes 15 de julio de 18 a 21 h.
- » Duración: una clase.
- » Modalidad: virtual, a través de la plataforma Zoom.

Factor de potencia

El taller capacita al participante en la correcta mejora del factor de potencia de instalaciones eléctricas.

- » Contenidos: magnitudes de corriente alterna; triángulo de potencias; lectura de medidores de energía eléctrica; interpretación de

facturación eléctrica (Edenor, Edesur, etc.); mediciones de parámetros de red; tipos de compensación de factor de potencia; cálculo y elección de capacitores y contactores; diseño de tableros de factor de potencia; protecciones eléctricas en un tablero de factor de potencia; mantenimiento preventivo y correctivo en tableros de factor de potencia; armónicos (regulación AEA 90364).

- » Fecha de inicio: 5 de julio.
- » Duración: cuatro clases.
- » Horario: lunes de 20 a 21:30 h.
- » Modalidad: virtual, a través de la plataforma Zoom.

Sensores industriales

El taller brinda al participante los conocimientos suficientes para proyectar, presupuestar, instalar, verificar y mantener todo tipo de sensores utilizados en los automatismos de procesos industriales. El alumno conocerá toda la gama de sensores termométricos, inductivos, capacitivos, lumínicos réflex y puntuales, de flujo, de presión de peso, etc., y entenderá sobre su instalación, cableado y configuración. Asimismo, aprenderá a leer hojas de datos que favorecerán la toma de decisiones a la hora de proyectar o efectuar un reemplazo.

- » Contenidos: concepto de sensor; tipos de sensores industriales; conexiones físicas; concepto de bus de campo; tipos de señales emitidas por un sensor aplicable a un PLC; lectura e interpretación de características principales de hojas de datos de sensores; montajes y configuración; mantenimiento preventivo y correctivo; circuitos prácticos de detectores de falla en sensores.
- » Fecha de inicio: 1 de julio.
- » Duración: cuatro clases.
- » Horario: jueves de 20 a 21:30 h.
- » Modalidad: virtual, a través de la plataforma Zoom.

Cursos

Electricista instalador (para Registro Nivel 3 en ciudad de Buenos Aires)

El curso está dirigido a electricistas con conocimientos básicos. Una vez finalizado, el alumno obtiene un certificado válido para gestionar los trámites de examen de Registro Nivel 3 en COPIME.

- » Fecha de inicio: octubre de 2021.
- » Duración: ocho meses.
- » Horario: martes, jueves y viernes de 18 a 21 h.
- » Modalidad: semipresencial o virtual, dependiendo de las restricciones a la presencialidad establecidas por el Gobierno Nacional, es decir, de ser posible la parte práctica se desarrollará de forma presencial.

Auxiliar montador electricista (electricidad básica)

El curso incluye los contenidos del curso antes conocido como "Electricidad Básica". Además, suma un programa orientado a que el estudiante obtenga los conocimientos y experiencia necesaria para desarrollarse como montador electricista auxiliar.

El curso es ideal para dar los primeros pasos en electricidad y adquirir gradualmente los conocimientos y la práctica necesaria para convertirse en un montador electricista.

- » Fecha de inicio: octubre de 2021.
- » Duración: de cuatro a cinco meses.
- » Horario: lunes, miércoles y viernes de 18 a 22 h.
- » Modalidad: semipresencial o virtual, dependiendo de las restricciones a la presencialidad establecidas por el Gobierno Nacional, es decir, de ser posible la parte práctica se desarrollará de forma presencial. ■■

Pandemia y recambio generacional



Néstor Rabinovich

Consultor en Marketing, Ventas y Creatividad
www.rabinovichasesor.com.ar

La evolución de la empresa familiar atraviesa diferentes etapas. Inicia con el fundador en su acción emprendedora. Tiene una visión, un sueño, ve una oportunidad y va por ella. Cumple con todas las funciones del negocio. En la medida en que se produce la expansión y crecimiento, se organiza de modo tal de incluir colaboradores para lograr gestionar con éxito la nueva etapa.

El ingreso de hijos marca un cambio cualitativo y un nuevo tiempo, largo en su duración. Se trata de la expectativa de continuidad en familia del emprendimiento iniciado. Es una etapa en la cual los hijos dan los primeros pasos de un negocio, comienzan a visualizar de qué se trata una empresa, qué es ser empresario, e intentan aplicar sus ideas innovadoras a lo ya hecho. Los primeros conflictos intergeneracionales inician.

Según cómo se resuelvan, la etapa avanza, con el paso de los años, en un proceso donde ambas generaciones conviven de a poco en la conducción empresaria, hasta que de a poco se pondrá en marcha el alejamiento paulatino del fundador de la conducción y el paso de los hijos a dicho rol, en la medida en que haya quienes así lo puedan desempeñar.

Es verdad, es una descripción escueta, simple, casi como un telegrama. Porque el objeto de presentarla es vislumbrar cómo impacta la situación de pandemia en esta evolución.

Veamos algunos hechos. Padres fundadores tuvieron que retirarse de la gestión cotidiana de forma abrupta. Se produjo un "retiro forzoso", anticipado, en contra de su voluntad. Casi de lo peor para un emprendedor nato. Hijos que recién iniciaban o compartían en parte la dirección, o se hallaban en situación de transición generacional, tuvieron que afrontar la conducción de forma acelerada.

Y de manera también acelerada, los fundadores delegaron la gestión y dirección. Lo que tenía que pasar a lo largo de años, de pronto era un hecho consumado, imposible de planear, o de aplicar lo imaginado.



¿Qué implicó esta anticipación de hecho? Los fundadores perdieron el día a día al que estaban acostumbrados. Se alejaron del control y del poder. Ese “hijo” que representa la empresa, de un día para el otro “se lo sacaron”. Sin elección, se tuvo que adaptar y confiar en los hijos. Ese retiro forzado es fuente de ansiedad, temor, dudas por el futuro.

Aun cuando pudiera regresar, ya las cosas cambiaron drásticamente. Para el fundador, el desafío es encontrar un nuevo modo de adaptarse y encontrar su nuevo lugar en lo cotidiano de la empresa. También en su vida privada y familiar. Cosa nada fácil.

Tampoco para la nueva generación es sencillo. Se enfrentan a una contradicción. A la vocación de independencia, autonomía, libertad para hacer las cosas según su visión, se contraponen verse ante la soledad propia del poder y la dirección.

Lo que para el fundador fue una situación natural, ser emprendedor y empresario por su cuenta, no fue lo usual para el hijo, que aprendió a desempeñarse en compañía de sus padres. Pero ahora se ve en la necesidad de gestionar y asumir riesgos de un modo no acostumbrado. Cuenta con la

ayuda de los fundadores, pero el cambio es enorme. Lo que era un proceso, ahora es repentino.

También tiene que adaptarse. Hay otro desafío: no dejar afuera a los padres de las conversaciones, incluirlos, hacerlos sentir parte. Excluirlos puede atentar contra el futuro, tanto de la relación como de la empresa familiar. Ambas generaciones se enfrentan a enormes desafíos, que se presentan por la novedad de la pandemia y sus restricciones.

La pandemia y sus consecuencias actúan como un acelerador, y también como una lupa, que agranda todo: lo bueno y lo malo, lo que se hizo bien y lo que no tan bien en la transición generacional.

La pandemia y sus consecuencias actúan como un acelerador, y también como una lupa, que agranda todo: lo bueno y lo malo; lo que se hizo bien y lo que no tan bien en la transición generacional.

También es una oportunidad: de formarse como empresarios, de aprender a delegar, de confiar, de enseñar a dirigir, de aplicar lo nuevo. Si hacemos como si nada pasara, si no nos adaptamos, si intentamos detener o impedir los cambios, el proyecto, el sueño inicial, no va a perdurar.

Si hacemos como si nada pasara, si no nos adaptamos, si intentamos detener o impedir los cambios, el proyecto, el sueño inicial, no va a perdurar.

La vocación de dar continuidad en el seno familiar al proyecto de negocios que inició de modo individual, requiere de altas dosis de comunicación, flexibilidad, habilidad para moderar y no confrontar en exceso.

El recambio generacional aceleró sus pasos. Ayudemos a que suceda y se afiance, y que no sea algo traumático para las partes. La familia empresarial, agradecida. ■■

El recambio generacional aceleró sus pasos. Ayudemos a que suceda y se afiance, y que no sea algo traumático para las partes.

Comienza la comercialización de tubos livianos para el sector eléctrico



☎ 112200-7099
🌐 www.tubostpa.com

TPA



Para garantizar tu seguridad y la de tu familia, usá productos con Sello IRAM

La marca de certificación IRAM es sinónimo de calidad y seguridad



Construimos confianza

Análisis de malla para circuitos no planos (3D)



Michael Stanimirov

Centro de Investigación e Innovación Eléctrica,
Mecánica y de la Industria,
Universidad Tecnológica de Panamá
<https://cinemi.utp.ac.pa/>
michael.stanimirov@utp.ac.pa

Liseth Sandoval

Facultad de Ciencias y Tecnología,
Universidad Tecnológica de Panamá
<https://fct.utp.ac.pa/>
lisset.sandoval@utp.ac.pa

Palabras clave.

Análisis de malla, análisis de nodo,
circuitos eléctricos no-planos,
teorema de Weyl y Tellegen

1. Introducción

La educación en ingeniería eléctrica y carreras que integran la teoría de circuitos en sus currículos, como mecatrónica, automatización, electrónica, biociencias como ingeniería biomédica y biotecnología son base de la investigación y desarrollo de tecnologías de punta. Dirigidas a la innovación en sistemas de energías renovables, sistemas de diagnósticos clínicos, tecnologías para procesos analíticos y sensores inteligentes. Dentro de la teoría de circuitos el ingeniero e investigador se enfrentan al problema de determinar las corrientes y voltajes en cualquier circuito. Cuando los ingenieros se enfrentan a problemas complejos como lo son la aplicación del análisis de malla para circuitos tridimensionales la literatura al respecto es contradictoria [3, 4, 5, 6, 17, 18, 21], de aquí la necesidad de abordar este tema.

Durante el cálculo de voltajes y corrientes de circuitos eléctricos se utilizan dos leyes fundamentales. La ley de corrientes de Kirchhoff, basada en la conservación de masas respectivamente cargas y la ley de voltajes de Kirchhoff basada en la ley de la conservación de energía (ver Anexo 1 y 2). A partir de estas leyes se establece un sistema de ecuaciones independientes que permite analizar un circuito.

La solución del sistema de ecuaciones depende de las características numéricas, como el determinante y el número de condición [1, 2, 3]. Para la resolución de las ecuaciones e inversión de la matriz se aplican métodos numéricos con diferentes características numéricas. Entre ellos se encuentran la eliminación de Gauß, la regla de



Cramer, la ortogonalización de Gram-Schmidt o la transformación de Householder.

La aplicación de la ley de corrientes de Kirchhoff para la formulación del sistema de ecuaciones independientes del circuito eléctrico se conoce como análisis nodal o análisis de nodos. La aplicación de la ley de voltajes de Kirchhoff esta conocido como análisis de malla, análisis de bucle o análisis de lazo. Por supuesto existen métodos mezclados que aplican las dos leyes de Kirchhoff. Entre ellos se encuentran el método del supernodo, el método de la supermalla, el método de las corrientes de ramas y el método de los voltajes de ramas [3, 4, 5, 6, 7, 19, 21, 22]. Aunque estos métodos son conocidos, constantemente se publican métodos para generalizar y simplificar especialmente la búsqueda de las mallas independientes que es más complicada que la determinación de los nodos independientes [8, 9, 10]. Las mallas independientes permiten la formación del sistema de ecuaciones de acuerdo con el análisis de malla y los nodos independientes son necesarios para la formación del sistema de ecuaciones de acuerdo con el análisis de nodo. Varios libros y textos recomiendan la utilización del análisis nodal para circuitos no planos [3, 4, 16, 17, 21]. Estos autores indican que el análisis de malla no se puede aplicar a circuitos eléctricos no planos. Por ejemplo, los autores de [3] indican que “El análisis de lazo no es tan general como el nodal, porque sólo es aplicable a un circuito con disposición plana”.

A partir de aquí los autores introducen un paso adicional en el análisis de malla: la prueba, para determinar si se puede convertir el circuito no plano en un circuito plano.

Queda establecido que la aplicación del método de análisis de malla por inspección solo funciona para circuitos planos [3, 4, 16, 17, 21]. Sin embargo, en diferentes libros de texto, monografías o manuales de la ingeniería eléctrica no se establecen límites sobre la factibilidad del análisis de malla [5, 6, 7, 18]. Estas referencias indican el uso del análisis de malla, pero carecen de ejemplos

detallados de como calcular voltajes y corrientes en circuitos eléctricos no planos.

En este artículo se demostrará que si el ingeniero aplica las reglas –siguiendo la ley de voltaje de Kirchhoff y por supuesto de la conservación de energía (ver Anexo 1 y 2)– en forma correcta, se puede utilizar el análisis de malla sin objeciones para circuitos eléctricos no planos [5, 6]. La precisión de la solución del sistema de ecuaciones depende de la estabilidad numérica y del número de condición de la matriz a invertir. En este artículo se desarrolló la aplicación del análisis de malla para circuitos no planos utilizando el análisis nodal como prueba de los resultados y se presenta la solución completa de un circuito no plano con resultados intermedios. Aplicando el teorema de Weyl y Tellegen [25] en forma del balance de las potencias en cada rama para la verificación de ambos métodos.

2. Sistemas de ecuaciones con mallas y nodos independientes

Durante el análisis de circuitos la cantidad de ecuaciones que hay que solucionar es determinada por los nodos y las mallas independientes. Además, el número de las ecuaciones independientes del sistema depende no solo de la cantidad de nodos (N_{nodo}) y ramas (N_{rama}) si no del método elegido. El análisis de malla requiere la resolución de N_M ecuaciones independientes. N_M corresponde al número de mallas independientes, que se calcula con la ecuación (1).

$$N_M = N_{rama} - (N_{nodo} - 1) \quad (1)$$

El análisis de malla genera un sistema de N_M ecuaciones independientes basado en las mallas independientes que puede expresarse con el vector $I_{M'}$, que contiene las corrientes desconocidas (I_n) de las mallas (n), el vector $V_{M'}$, con los voltajes V_n que contienen el negativo de la suma algebraica en el sentido de la malla (n) de todas las fuentes de voltajes en la malla (n) y la matriz de resistencia de malla (R_M).

$$V_M = R_M \cdot I_M$$

donde

$$I_M = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \\ \vdots \\ I_{N_M} \end{bmatrix} \quad V_M = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \\ \vdots \\ V_{N_M} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Se pueden determinar los diferentes valores de los elementos R_{nm} de la matriz R_M simplemente de la siguiente manera y de acuerdo con [5, 6, 18]:

$$I_M = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} & \dots & R_{1N_M} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2m} & \dots & R_{2N_M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} & \dots & R_{nN_M} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{N_M1} & R_{N_M2} & \dots & R_{N_Mm} & \dots & R_{N_MN_M} \end{bmatrix} \quad (3)$$

R_{nn} ... La suma de todas las resistencias de la malla (n)

R_{nm} ... Valor de la resistencia común o mutua de las mallas (n) y (m), con $n \neq m$. Si las direcciones de las corrientes de las mallas (n) y (m) son iguales, el valor es positivo, y si son opuestas, el valor es negativo. Si las mallas (n) y (m) no tienen una resistencia común, su valor es 0, ($R_{nm} = 0$).

El análisis nodal requiere de la resolución de un sistema de N_N ecuaciones independientes. N_N es la cantidad de los nodos independientes, que se calcula con la ecuación descrita (4).

$$N_N = N_{nodo} - 1 \quad (4)$$

El nodo no considerado se define como nodo de referencia, con un potencial de referencia de 0 V. Todos los voltajes de nodo se miden en relación con este nodo. El análisis nodal genera un sistema de ecuaciones que se puede expresar con los siguientes vectores: el vector de corrientes de nodo (I_N), que representa la suma algebraica de todas corrientes inyectadas en el nodo corres-

pondiente (n), el vector de voltajes de nodo (V_N), que contiene los voltajes de los nodos independientes (V_N) de los nodos (n) y la matriz de conductividad de nodo (G_N).

$$I_N = G_N \cdot V_N$$

donde

$$V_N = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \\ \vdots \\ V_{N_N} \end{bmatrix} \quad I_N = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \\ \vdots \\ I_{N_N} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Se puede determinar los diferentes valores de los elementos G_{nm} de la matriz G_N simplemente de la siguiente manera de acuerdo con la descripción realizada por [3, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 21, 22]:

$$G_N = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1m} & \dots & G_{1N_N} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2m} & \dots & G_{2N_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ G_{n1} & G_{n2} & \dots & G_{nn} & \dots & G_{nN_N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{N_N1} & G_{N_N2} & \dots & G_{N_Nm} & \dots & G_{N_NN_N} \end{bmatrix} \quad (6)$$

G_{nn} ... La suma de todas las conductividades conectadas al nodo (n)

G_{nm} ... Negativo de la suma de las conductividades conectadas directamente entre los nodos, (n) y (m), con $n \neq m$. Si la conductividad G_{nm} no está conectada entre los nodos (n) y (m) su valor es 0.

Se analiza cuantas ecuaciones independientes se obtienen aplicando el análisis nodal y el análisis de malla al circuito eléctrico no plano representado en la Figura 1.

El análisis nodal para el circuito eléctrico no plano representado en la Figura 1 requiere la resolución de un sistema con cuatro ecuaciones independientes ($N_N = N_{nodo} - 1 = 5 - 1 = 4$). La aplicación

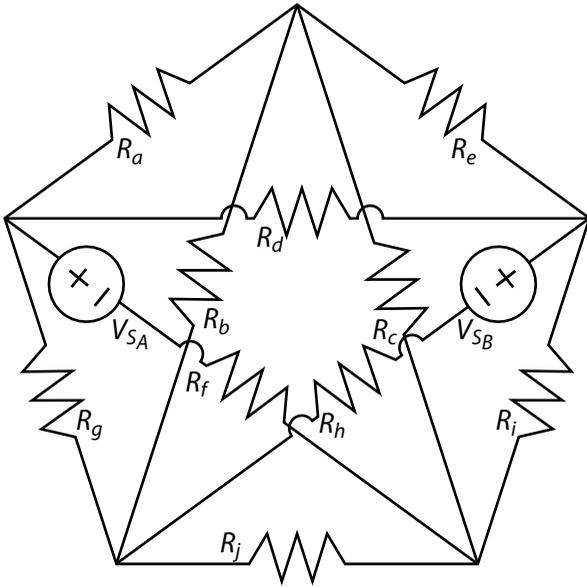


Figura 1. Circuito eléctrico no plano según [23] con 5 nodos, $N_{nodo} = 5$, 10 ramas, $N_{rama} = 10$ y 2 fuentes de voltaje

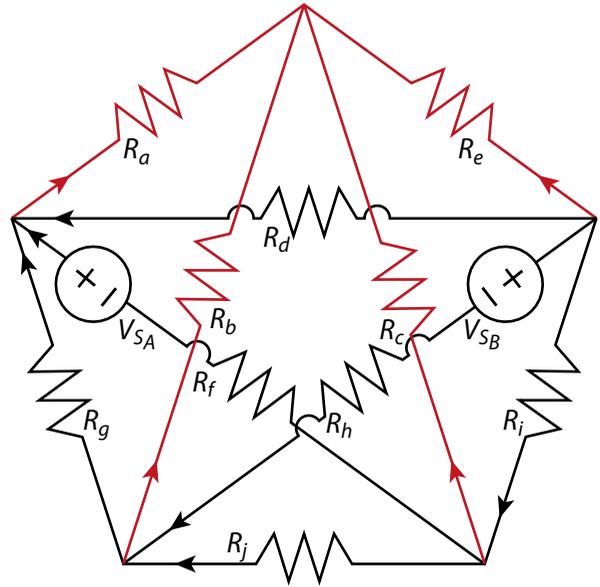


Figura 2. Circuito eléctrico no plano con el árbol completo del circuito (ramas rojas: a, b, c, e), el co-árbol (ramas negras: d, f, g, h, j, i), las definiciones de los sentidos de las corrientes en las ramas y los números de los nodos (I, II, III, IV, V). Los voltajes a través de las resistencias caen en la misma dirección como la corriente en la rama.

del análisis de malla para el mismo circuito requiere la resolución de seis ecuaciones independientes ($N_M = N_{rama} - (N_{nodo} - 1) = 10 - 4 = 6$). La aplicación del análisis de malla requiere más operaciones matemáticas que la aplicación del análisis nodal. Por razón del esfuerzo computacional se recomienda la utilización del análisis nodal. La Tabla 1 muestra cuándo se usa qué método.

$N_M > N_N$	$N_M < N_N$
Análisis nodal	Análisis de malla

Tabla 1. Tabla con los criterios de decisión para la aplicación del análisis de nodal y para la aplicación del análisis de malla

Los determinantes (DET_{GN} , DET_{RM}) de las matrices a invertir (G_N , R_M) nos indican si el sistema de ecuaciones es independiente. En ese caso el determinante debe tener un valor diferente a 0.

$$DET_{GN} = |G_N| \quad DET_{RM} = |R_M| \quad (7)$$

El símbolo aplicado como operador matricial $|\cdot|$ representa el determinante de la matriz. [1, 2]

El número de condición ($COND_{GN}$, $COND_{RM}$) de la matriz a invertir (G_N , R_M) es relacionado con la propagación de errores.

$$COND_{RM} = \|R_N\| \|R_M^{-1}\|$$

$$COND_{GN} = \|G_N\| \|G_M^{-1}\| \quad (8)$$

El símbolo $\|\cdot\|$ representa la norma de Frobenius, llamada también la norma de Hilbert-Schmidt [1, 2].

3. Análisis de malla

De acuerdo con el análisis de malla la formación del sistema de ecuaciones independientes, el punto de salida son las mallas independientes. Las trayectorias cerradas formados por ramas también se denominan mallas, lazos o bucles. Se denominan voltajes de las ramas (V_{ra}) y corrientes de las ramas (I_{ra}) a través de las ramas con los índices de las resistencias (R_{ra}) en las ramas. En la literatura se presentan varios métodos para realizar la búsqueda de las mallas independientes. En

este artículo aplicamos el siguiente método, que resume diferentes métodos. Para la determinación de las mallas independientes de un circuito eléctrico seguimos los 3 pasos basados en el método de "árbol completo" [5]. Esos 3 pasos representan la preparación topológica del circuito.

1. Enumerar los nodos. Determinar los sentidos de las corrientes en las ramas. Dibujar la trayectoria, que conecta todos los nodos sin formar una trayectoria cerrada (Esta trayectoria es denominada el "árbol completo" del circuito. El resto de las ramas pertenecen al co-árbol).
2. Elegir todas las corrientes de las ramas del co-árbol como corrientes de las mallas (I_{Malla}) y llenar el nombre en la columna (I_{Malla}) de la Tabla 2. Las corrientes de estas ramas determinen el sentido de la corriente de la malla (I_{Malla}). La Figura 2 presenta el resultado del primer paso de la búsqueda de las mallas independientes.

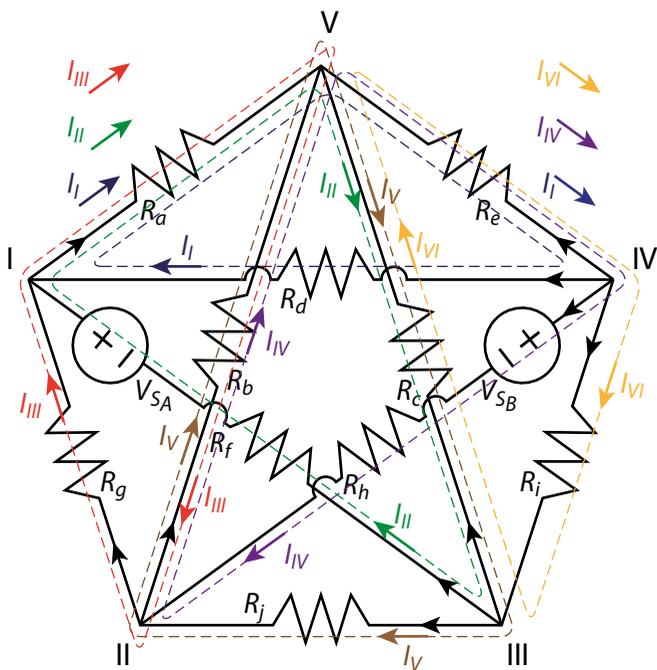


Figura 4. Circuito eléctrico con las mallas independientes marcados por las corrientes de malla (II, III, IIII, IV, V, VI) y los nodos numerados (I, II, III, IV, V). Las flechas negras marcan el sentido de la corriente de la rama y las flechas coloradas marcan el sentido de la corriente de malla, que es sentido de la malla.

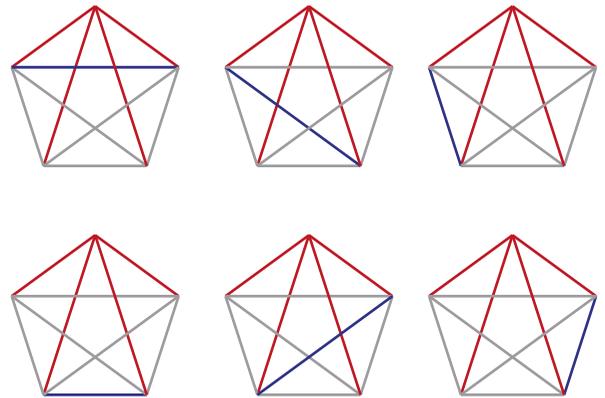


Figura 3. Formación de las 6 mallas independientes del circuito en Figura 1 con las ramas del árbol completo (ramas rojas) y ramas del co-árbol (ramas grises/azules)

3. Formar por cada rama del co-árbol una trayectoria cerrada con las ramas del árbol del circuito. Entregar los índices de las ramas que pertenecen a la malla en la columna Ramas de la Tabla 2.

Se pueden definir los sentidos de las corrientes en las ramas arbitrariamente. Pero en ese caso se han elegido los sentidos de las ramas del co-árbol de tal manera que cuando una rama del co-árbol cierre una malla con las ramas del árbol, el sentido de la malla es el sentido de las manecillas de reloj. Entonces las mallas independientes encontradas tienen el sentido de manecilla de reloj, por razones de la comparabilidad con los métodos de acuerdo con [3, 4]. Las mallas encontradas son mallas independientes, que reducen el esfuerzo computacional porque en las mallas fundamentales cada corriente de malla corresponde a una corriente de rama del co-árbol. En la Figura 3 ilustramos el proceso de la búsqueda de las mallas independientes de acuerdo con el método del árbol completo en detalle.

En la Figura 3 se presenta como cada rama del co-árbol (azul) cierre una malla a través de las ramas de árbol (rojo) que son conectadas a esta rama. El método del árbol completo tiene la ventaja que se encuentra directamente las mallas independientes.

El resultado de los 3 pasos de búsqueda de las mallas independientes se presenta en la Figura 4.

La Tabla 2 asigna las ramas a las mallas correspondientes y el sentido de la corriente de la malla. El sentido de la corriente de la malla (I_{Malla}) corresponde al sentido de la corriente de rama en la columna I_{rama} . Los signos en la columna "Ramas de la malla" indican, si el sentido de la corriente en la rama correspondiente es igual o opuesta al sentido de la corriente de la malla, que la corriente en la columna I_{rama} . El signo positivo indica, que los dos sentidos son iguales, y el signo negativo indica los dos sentidos son diferentes respectivamente en opuesta.

Por ejemplo, las ramas d, a, -e pertenecen a la malla I, eso significa, que estas ramas forman una trayectoria cerrada en el circuito. Los sentidos de las corrientes I_d y I_a son opuestos al sentido de la corriente de la malla (I_I).

Se recomienda indicar respectivamente colorear las trayectorias cerradas en el circuito eléctrico para aumentar la visibilidad. Analizando las trayectorias de las mallas se puede determinar cuales corrientes de malla se superponen en cuales ramas del árbol. Se puede verificar, que la corriente en la columna I_{rama} es la corriente de la malla correspondiente. En el caso de la malla I, la corriente I_d es igual a la corriente I_I . La formula (9) contiene las relaciones entre las corrientes de ramas y las corrientes de malla que se superponen en las ramas correspondientes.

$$\begin{aligned} I_a &= I_I + I_{II} + I_{III} \\ I_b &= -I_{III} + I_{IV} + I_V \\ I_c &= -I_{II} - I_V + I_{VI} \\ I_e &= -I_I - I_{IV} - I_{VI} \end{aligned} \quad (9)$$

Con la Tabla 2 y la formula 9 se calculan los voltajes de cada rama dependiendo de las corrientes de malla.

La caída de voltaje a través de las resistencias en las ramas ($V_{R_{ra}}$) se puede calcular con las corrien-

Malla	I_{Malla}	$I_{rama} (I_{ra})$	Ramas de malla
I	I_I	I_d	d, a, -e
II	I_{II}	I_f	f, a, -c
III	I_{III}	I_g	g, a, -b
IV	I_{IV}	I_h	h, b, -e
V	I_V	I_j	j, b, -c
VI	I_{VI}	I_i	i, c, -e

Tabla 2. Tabla con la asignación de las ramas a las mallas correspondientes y cual rama determine el sentido de la malla correspondiente

tes de ramas (I_{ra}) y resistencias en las ramas (R_{ra}) aplicando la ley de Ohm.

$$V_{R_{ra}} = R_{ra} \cdot I_{ra}$$

donde

$$I_{ra} \in [I_a \dots I_j]$$

$$V_{R_{ra}} \in [V_{R_a} \dots V_{R_j}]$$

$$R_{ra} \in [R_a \dots R_j] \quad (10)$$

Sustituyendo las corrientes de rama (I_{ra}) por sus dependencias de las corrientes de malla de la Tabla 2 y la formula 9 se puede obtener el siguiente sistema de ecuaciones para el cálculo de los voltajes en las ramas.

$$V_{R_a} = R_a \cdot I_a = R_a \cdot (I_I + I_{II} + I_{III}) \quad (11)$$

$$V_{R_b} = R_b \cdot I_b = R_b \cdot (-I_{III} + I_{IV} + I_V)$$

$$V_{R_c} = R_c \cdot I_c = R_c \cdot (-I_{II} - I_V + I_{VI})$$

$$V_{R_e} = R_e \cdot I_e = R_e \cdot (-I_I - I_{IV} - I_{VI})$$

$$V_{R_d} = R_d \cdot I_d = R_d \cdot I_I$$

$$V_{R_f} = R_f \cdot I_f = R_f \cdot I_{II}$$

$$V_{R_g} = R_g \cdot I_g = R_g \cdot I_{III}$$

$$V_{R_h} = R_h \cdot I_h = R_h \cdot I_{IV}$$

$$V_{R_j} = R_j \cdot I_j = R_j \cdot I_V$$

$$V_{R_i} = R_i \cdot I_i = R_i \cdot I_{VI}$$

Aplicando la ley de voltajes de Kirchhoff se obtiene para cada malla (I, II, III, IV, V, VI) una ecuación que representa la suma algebraica de los voltajes en la malla. Si el sentido del voltaje es igual al sentido de la malla, el valor en (12) es positivo, si no, el valor es negativo.

$$I: 0 = V_{R_d} + V_{R_a} + V_{R_e} \quad (12)$$

$$II: 0 = V_{R_f} + V_{R_a} - V_{R_c} - V_{SA}$$

$$III: 0 = V_{R_g} + V_{R_a} - V_{R_b}$$

$$IV: 0 = V_{R_h} + V_{R_b} - V_{R_e} + V_{SB}$$

$$V: 0 = V_{R_j} + V_{R_b} - V_{R_c}$$

$$VI: 0 = V_{R_i} + V_{R_c} - V_{R_e}$$

Separando las fuentes de voltaje (V_{SA} , V_{SB}) al lado izquierda de las ecuaciones y sustituyendo los voltajes a través de las resistencias de las ramas $V_{R_{ra}}$ por los términos correspondientes en las ecuaciones (11) se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones.

$$0 = R_d \cdot I_1 + R_a \cdot (I_1 + I_{II} + I_{III}) - R_e \cdot (-I_1 - I_{IV} - I_{VI}) \quad (13)$$

$$V_{SA} = R_f \cdot I_{II} + R_a \cdot (I_1 + I_{II} + I_{III}) - R_c \cdot (-I_{II} - I_V + I_{VI})$$

$$0 = R_g \cdot I_{III} + R_a \cdot (I_1 + I_{II} + I_{III}) - R_b \cdot (-I_{III} + I_{IV} + I_V)$$

$$-V_{SB} = R_h \cdot I_{IV} + R_b \cdot (-I_{III} + I_{IV} + I_V) - R_e \cdot (-I_1 - I_{IV} - I_{VI})$$

$$0 = R_j \cdot I_V + R_b \cdot (-I_{III} + I_{IV} + I_V) - R_c \cdot (-I_{II} - I_V + I_{VI})$$

$$0 = R_i \cdot I_{VI} + R_c \cdot (-I_{II} - I_V + I_{VI}) - R_e \cdot (-I_1 - I_{IV} - I_{VI})$$

Agrupando las fuentes de voltaje del lado izquierda (V_{SA} , $-V_{SB}$) de las ecuaciones descritas (13) en el vector V_M , y despejando las corrientes de las mallas ($I_1, I_{II}, I_{III}, I_{IV}, I_V, I_{VI}$) en el vector I_M y las resistencias en la matriz R_M , se puede expresar el sistema de ecuaciones en forma matricial.

$$V_M = R_M \cdot I_M$$

donde

$$I_M = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_{II} \\ I_{III} \\ I_{IV} \\ I_V \\ I_{VI} \end{bmatrix} \quad V_M = \begin{bmatrix} 0 \\ V_{SA} \\ 0 \\ -V_{SB} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$R_M = \begin{bmatrix} R_1 & R_a & R_a & R_e & 0 & R_e \\ R_a & R_{II} & R_a & 0 & R_c & -R_c \\ R_a & R_a & R_{III} & -R_b & -R_b & 0 \\ R_e & 0 & -R_b & R_{IV} & R_b & R_e \\ 0 & R_c & -R_b & R_b & R_V & -R_c \\ R_e & -R_c & 0 & R_e & -R_c & R_{VI} \end{bmatrix}$$

donde

$$R_1 = R_d + R_a + R_e$$

$$R_{II} = R_f + R_c + R_a$$

$$R_{III} = R_g + R_b + R_a$$

$$R_{IV} = R_h + R_b + R_e$$

$$R_V = R_j + R_b + R_c$$

$$R_{VI} = R_i + R_e + R_c$$

Ese resultado prueba el método formal descrito conjunto con las ecuaciones (2 y 3). Aplicando estas reglas sencillas del capítulo 2, se obtiene las mismas variables en los vectores (I_M y V_M) y la matriz (R_M).

Las corrientes de malla se pueden calcular invirtiendo la matriz de las resistencias de malla (R_M) y multiplicarla con el vector de voltajes de malla (V_M)

$$I_M = R_M^{-1} \cdot V_M \quad (15)$$

Los voltajes y corrientes de ramas (V_{ra} , I_{ra}) se puede calcular mediante de las ecuaciones en la Tabla 3 y con el sistema de ecuaciones (11).

4. Resultados del análisis de malla

Como ejemplo se utilizan los siguientes valores de las resistencias y las fuentes de voltajes.

$$R_{rama} = \begin{bmatrix} R_a \\ R_b \\ R_c \\ R_d \\ R_e \\ R_f \\ R_g \\ R_h \\ R_i \\ R_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 4 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 10 \\ 9 \end{bmatrix} \Omega \quad V_M = \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \\ -7 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} V \quad (16)$$

Antes de la ejecución de la fórmula (15) averiguamos, si es posible invertir la matriz de resistencia de malla (R_M).

$$R_M = \begin{bmatrix} 10 & 1 & 1 & 4 & 0 & 4 \\ 1 & 10 & 1 & 0 & 3 & -3 \\ 1 & 1 & 10 & -2 & -2 & 0 \\ 4 & 0 & -2 & 14 & 2 & 4 \\ 0 & 3 & -2 & 2 & 14 & -3 \\ 4 & -3 & 0 & 4 & -3 & 17 \end{bmatrix} \Omega \quad (17)$$

El valor del determinante de la matriz R_M ($\det(R_M) = 1898766.0$) nos confirma que el sistema de ecuaciones es independiente y que la matriz R_M es invertible. El valor del número de condición de 3.7446 nos indica que podemos aplicar los métodos estándar como la eliminación de Gauß o la regla de Cramer para la inversión de la matriz R_M .

De esta forma se calcula el vector de las corrientes de malla (I_M) con una exactitud de 6 dígitos.

$$I_M = \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \\ I_{III} \\ I_{IV} \\ I_V \\ I_{VI} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.124998 \\ 0.577164 \\ -0.198223 \\ -0.623431 \\ -0.016606 \\ 0.216200 \end{bmatrix} A \quad (18)$$

Con las relaciones entre las corrientes de malla y las corrientes en las ramas (Tabla 2 y fórmula (9)) se puede calcular las corrientes de rama de rama (I_{rama}).

$$I_{rama} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_e \\ I_d \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_j \\ I_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_I + I_{II} + I_{III} \\ -I_{III} + I_{IV} + I_V \\ -I_{II} - I_V + I_{VI} \\ -I_I - I_{IV} - I_{VI} \\ I_I \\ I_{II} \\ I_{III} \\ I_{IV} \\ I_V \\ I_{VI} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.503939 \\ -0.441813 \\ -0.344358 \\ 0.282232 \\ 0.124998 \\ 0.577164 \\ -0.198223 \\ -0.623431 \\ -0.016606 \\ 0.216200 \end{bmatrix} A \quad (19)$$

Los voltajes a través (V_{rama}) de las ramas se calcula con los voltajes a través de las resistencias y las fuentes de voltajes (V_{SA} y V_{SB}) en las ramas correspondientes (f y h).

Para el cálculo de los voltajes de rama hay que considerar las fuentes de voltaje en las ramas correspondientes, especialmente en ese caso en las ramas f y h.

$$V_{rama} = \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \\ V_e \\ V_d \\ V_f \\ V_g \\ V_h \\ V_j \\ V_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{R_a} \\ V_{R_b} \\ V_{R_c} \\ V_{R_e} \\ V_{R_d} \\ V_{R_f} - V_{SA} \\ V_{R_g} \\ V_{R_h} + V_{SB} \\ V_{R_i} \\ V_{R_j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.50394 \\ -0.88363 \\ -1.03308 \\ 1.12893 \\ 0.62499 \\ -1.53701 \\ -1.38756 \\ 2.01255 \\ -0.14945 \\ 2.16200 \end{bmatrix} V \quad (20)$$

El resultado de la aplicación del teorema de Weyl y Tellegen en forma de la multiplicación escalar de los vectores de voltaje y de las corrientes de ramas (21) ratifica que todas las potencias se en-

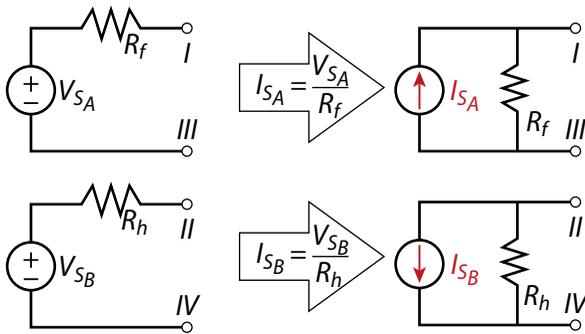


Figura 5. Conversión de las fuentes de voltajes de las ramas f y h en fuentes de corrientes según el teorema de Mayer y Norton

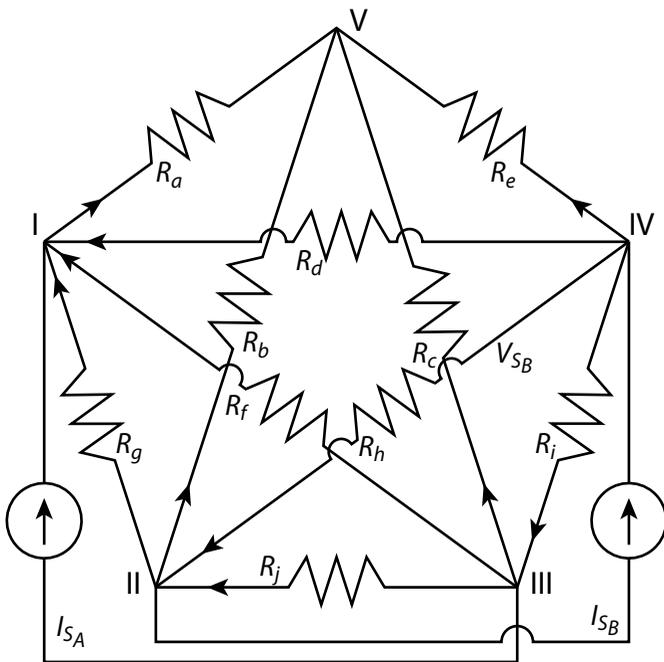


Figura 6. Circuito eléctrico no plano con cuatro nodos independientes caracterizados por los voltajes de nodos ($V_I, V_{II}, V_{III}, V_{IV}$) en los nodos numerados (I, II, III, IV) y dos fuentes de corrientes (I_{SA} y I_{SB}). Nodo V nodo de referencia con un potencial igual a 0V ($V_V = 0V$)

cuentran balanceadas. El valor de $-2.331 \cdot 10^{-15}$, es el resultado de los errores del redondeo de la ejecución de las operaciones matemáticas.

$$0 \approx V_{rama}^T \cdot I_{rama} = -2.33115 \cdot 10^{-15} \quad (21)$$

Este resultado indica consistencia entre los datos. Igualmente se aplicó como prueba de los resultados el análisis nodal.

5. Análisis nodal

El análisis nodal se recomienda en general para el cálculo de voltajes y corrientes en circuitos no planos. Para calcular los voltajes y las corrientes del circuito en Figura 1 según el análisis nodal primero hay que convertir las fuentes de voltaje (V_{SA} y V_{SB}) en las ramas f y h en fuentes de corriente (I_{SA} y I_{SB}) de acuerdo con el teorema de Mayer y Norton (Ver Anexo 4).

El esquema eléctrico de la Figura 1 se transforma en el esquema eléctrico equivalente de la Figura 6 con dos fuentes de corriente.

Para este esquema eléctrico se aplica la ley de corrientes de Kirchhoff para los nodos independientes respectivamente los nodos (I, II, III, IV). Las corrientes que salen del nodo se consideran como positivo y las corrientes que entran en el nodo como negativo. El nodo V es el nodo de referencia con $V_V = 0V$.

$$\begin{aligned} I: \quad 0 &= I_a - I_d - I_f - I_g - I_{SA} \\ II: \quad 0 &= I_g + I_b - I_h - I_j + I_{SB} \\ III: \quad 0 &= I_j + I_f + I_c - I_i + I_{SA} \\ IV: \quad 0 &= I_d + I_e + I_h + I_i - I_{SB} \end{aligned} \quad (22)$$

Las relaciones entre las corrientes de rama y los voltajes de nodo se presentan en las siguientes ecuaciones.

$$\begin{aligned}
 I_{R_a} &= G_a \cdot V_a = G_a \cdot (V_I - V_V) \\
 I_{R_b} &= G_b \cdot V_b = G_b \cdot (V_{II} - V_V) \\
 I_{R_c} &= G_c \cdot V_c = G_c \cdot (V_{III} - V_V) \\
 I_{R_e} &= G_e \cdot V_e = G_e \cdot (V_{IV} - V_V) \\
 I_{R_d} &= G_d \cdot V_d = G_d \cdot (V_{IV} - V_I) \\
 I_{R_f} &= G_f \cdot V_f = G_f \cdot (V_{III} - V_V) \\
 I_{R_g} &= G_g \cdot V_g = G_g \cdot (V_{II} - V_I) \\
 I_{R_h} &= G_h \cdot V_h = G_h \cdot (V_{IV} - V_{II}) \\
 I_{R_j} &= G_j \cdot V_j = G_j \cdot (V_{III} - V_{II}) \\
 I_{R_i} &= G_i \cdot V_i = G_i \cdot (V_{IV} - V_{III})
 \end{aligned} \tag{23}$$

Sustituyendo las corrientes de rama en (23) por las relaciones (22) se puede expresar (24) en forma matricial.

$$I_N = G_N \cdot V_N \tag{24}$$

donde

$$I_N = \begin{bmatrix} I_{S_A} \\ -I_{S_B} \\ -I_{S_A} \\ I_{S_B} \end{bmatrix} \quad V_N = \begin{bmatrix} V_I \\ V_{II} \\ V_{III} \\ V_{IV} \end{bmatrix}$$

$$G_N = \begin{bmatrix} G_I & -G_g & -G_f & -G_d \\ -G_g & G_{II} & -G_j & -G_h \\ -G_f & -G_j & G_{III} & -G_i \\ -G_d & -G_h & -G_i & G_{IV} \end{bmatrix}$$

$$G_I = G_a + G_f + G_d + G_g$$

$$G_{II} = G_b + G_j + G_h + G_g$$

$$G_{III} = G_c + G_f + G_j + G_i$$

$$G_{IV} = G_e + G_h + G_d + G_i$$

El cálculo de los voltajes de nodo se realiza invirtiendo la matriz de conductancia de nodo (G_N) y multiplicarla con el vector de corrientes de nodo (I_N).

$$V_N = G_N^{-1} \cdot I_N \tag{25}$$

Los voltajes y corrientes de ramas (V_{ra}, I_{ra}) se calculan mediante de las ecuaciones (22) considerando las fuentes de corrientes en las ramas f y h de acuerdo con la Figura 6.

6. Resultados del análisis nodal

Aplicando los valores de la ecuación (16) se obtiene el vector de las fuentes de corriente (I_N) y la matriz de conductancia (G_N).

$$I_N = \begin{bmatrix} 0.83333 \\ -0.87500 \\ -0.83333 \\ 0.87500 \end{bmatrix} \tag{26}$$

$$G_N = \begin{bmatrix} 1.5095 & -0.1428 & -0.1667 & -0.2000 \\ -0.1428 & 0.8789 & -0.1111 & -0.1250 \\ -0.1666 & -0.1111 & 0.7111 & -0.1000 \\ -0.2000 & -0.1250 & -0.1000 & 0.6750 \end{bmatrix}$$

El valor del determinante de la matriz G_N $\det(G_N) = 0.5232$ confirma que el sistema de ecuaciones es independiente y que la matriz G_N es invertible. El valor del número de condición de 3.6748 nos indica que se puede utilizar los métodos estándar para la inversión de la matriz G_N . De esta manera se realiza el cálculo del vector de los voltajes de nodo (V_N).

$$V_N = \begin{bmatrix} V_I \\ V_{II} \\ V_{III} \\ V_{IV} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.50394 \\ -0.88363 \\ -1.03308 \\ 1.12893 \end{bmatrix} \tag{27}$$

Estableciendo las relaciones entre los voltajes de rama y los voltajes de nodo (23) se calculan los voltajes de rama (V_{ramd}), que corresponden en ese caso a los voltajes a través de las resistencias de las ramas (V_{Ra}).

$$V_{rama} = \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \\ V_e \\ V_d \\ V_f \\ V_g \\ V_h \\ V_j \\ V_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_I \\ V_{II} \\ V_{III} \\ V_{IV} \\ V_{IV} - V_I \\ V_{III} - V_I \\ V_{II} - V_I \\ V_{IV} - V_{II} \\ V_{III} - V_{II} \\ V_{IV} - V_{III} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.50394 \\ -0.88363 \\ -1.03308 \\ 1.12893 \\ 0.62499 \\ -1.53701 \\ -1.38756 \\ 2.01255 \\ -0.14945 \\ 2.16200 \end{bmatrix} \text{ V} \quad (28)$$

Con las relaciones entre los voltajes de rama y las corrientes de rama (22) obtenemos (29).

$$I_{rama} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_e \\ I_d \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_j \\ I_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{R_a} \\ I_{R_b} \\ I_{R_c} \\ I_{R_e} \\ I_{R_d} \\ I_{R_f} + I_{S_A} \\ I_{R_g} \\ I_{R_h} - I_{S_B} \\ I_{R_j} \\ I_{R_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.503939 \\ -0.441813 \\ -0.344358 \\ 0.282232 \\ 0.124998 \\ 0.577164 \\ -0.198223 \\ -0.623431 \\ -0.016606 \\ 0.216200 \end{bmatrix} \text{ A} \quad (29)$$

El resultado de la multiplicación escalar de los vectores de voltaje y corrientes de ramas de $-5.551 \cdot 10^{-16}$, es el resultado de los errores del redondeo de la ejecución de las operaciones matemáticas.

$$0 \approx V_{rama}^T \cdot I_{rama} = -5.551 \cdot 10^{-16} \quad (30)$$

Como las potencias en las ramas están balanceadas, ese resultado nos indica una consistencia entre los datos. Los resultados del análisis de malla (19, 20) y los resultados del análisis nodal (28, 29) son idénticos con una exactitud de 6 dígitos.

7. Discusión

La aplicación del análisis de malla para circuitos no planos fue desarrollada y demostrada en este documento. Utilizando un ejemplo el circuito no plano representado en la Figura 1 donde los voltajes y las corrientes de rama obtenidos a partir del análisis de malla y del análisis nodal fueron comparados con una exactitud de 6 dígitos. Igualmente, la consistencia de los resultados fue validado aplicando el teorema de Weyl y Tellegen. En esa sección se profundizará sobre las razones por las cuales los métodos del "Análisis de malla por inspección" presentados en [3, 4, 16, 17] no puede ser aplicados para circuitos no planos.

Analizamos la matriz de resistencia R_M . Los cálculos presentados en las ecuaciones (9, 10, 11, 12, 13, 14) resultan en que todos los valores de la diagonal (R_{nn}) de la matriz (R_M) son positivos y los valores externos de la diagonal, las resistencias comunes o mutuales (R_{nm}), son igual a 0, positivos o negativos. El protocolo del análisis de malla por inspección según [3, 4, 16, 17] resulta en valores negativos o valores igual a 0. Ese protocolo, es similar al protocolo utilizado para la determinación de los valores de la matriz de conductancia (G_N), y no permite valores mutuales positivos [3, 4, 16, 17]. Es la principal razón por la que este método no puede aplicarse para la resolución de circuitos no planos. El método formal presentado en la sección 2, define las resistencias comu-

	$R_a \rightarrow$	$R_b \rightarrow$	$R_c \rightarrow$	$R_e \rightarrow$
I_I	\rightarrow			\leftarrow
I_{II}	\rightarrow		\leftarrow	
I_{III}	\rightarrow	\leftarrow		
I_{IV}		\rightarrow		\leftarrow
I_V		\rightarrow	\leftarrow	
I_{VI}			\rightarrow	\leftarrow

Tabla 3. Tabla con los sentidos de las corrientes de las mallas ($I_I, I_{II}, I_{III}, I_{IV}, I_V, I_{VI}$) a través de las resistencias comunes que pertenecen a diferentes mallas (R_a, R_b, R_c y R_e) en relación con el sentido de la rama

nes o mutuales dependiendo de las direcciones de las corrientes de malla a través de la resistencia común o mutual. La Tabla 3 presenta en forma grafica las direcciones de las corrientes de malla a través de las resistencias comunes (o mutuales) R_{nm} .

En la Tabla 3 se identifica rápido que el sentido de todas las corrientes de malla, que fluyen a través de R_a , tienen la misma dirección. Todas las corrientes de malla que fluyen en la misma dirección generan un voltaje a través de la resistencia R_a en la misma dirección. Se suman. Entonces los valores de estas resistencias comunes en la matriz de resistencia R_M son positivos. En la Tabla 3 se identifica también que todas las corrientes de malla a través de la resistencia R_e fluyen en la misma dirección. También las corrientes de malla I_{IV} e I_V a través de la resistencia R_b y las corrientes de malla I_{II} y I_V a través de la resistencia R_c . Entonces el signo de las siguientes resistencias comunes es positivo, $R_{14} = R_{41} = R_{16} = R_{16} = R_e$, $R_{64} = R_{46} = R_e$, $R_{45} = R_{54} = R_b$ y $R_{25} = R_{52} = R_c$. Además, en la Tabla 3 se identifica rápido que a través de la resistencia R_b las corrientes de malla I_{III} e I_{IV} e I_{III} y I_V fluyen en la dirección opuesta. Estas corrientes de malla generan un voltaje a través de la resistencia R_b con la dirección opuesta. Se compensan en relación con las intensidades de las corrientes de malla correspondientes. Como consecuencia los valores de estas resistencias comunes o mutuales en la matriz de resistencia R_M son negativos ($R_{34} = R_{43} = R_{35} = R_{53} = -R_b$). Como las corrientes de la malla I_{II} e I_V e I_{II} e I_{VI} fluyen a través de la resistencia R_c en la dirección opuesta, el signo de estas resistencias comunes o mutuales es negativo ($R_{26} = R_{62} = R_{56} = R_{65} = -R_c$).

El protocolo del análisis de malla de un circuito plano de acuerdo con [3, 4, 16, 17] determina las corrientes en las mallas independientes en el sentido de las manecillas del reloj. Si las mallas independientes no incluyen otras mallas, que es un requisito para utilizar este método, las corrientes de malla fluyen a través de las resistencias comunes (mutuales) de la dirección opuesta. Por eso los valores externos de la diagonal, los

valores mutuales, son negativos o si no hay resistencias comunes igual a 0.

Para la aplicación del análisis del nodo hay que convertir las fuentes de voltaje en fuentes de corriente equivalente. Aunque los esquemas equivalentes de las fuentes de voltaje y corriente tienen el mismo comportamiento en relación a sus terminales, la distribución de los voltajes y las corrientes dentro del circuito equivalente en el mismo modo de operación puede ser diferente (Ver Anexo 4). Al calcular las corrientes y voltajes de un circuito eléctrico no plano con fuentes de voltaje, utilizando el análisis nodal para realizar el cálculo se debe reconvertir las fuentes de corriente en fuentes de voltaje. La ventaja de utilizar el análisis de malla radica en que se puede aplicar para un circuito no plano con fuentes de voltaje directo y no requiere convertir las fuentes.

Cabe mencionar, que la solución del sistema de ecuaciones independientes depende de las características numéricas, indicadas por el número de condición. Si este valor es cerca de 1 se puede aplicar la regla de Cramer o la eliminación de Gauß. Si el sistema se encuentra mal condicionado otros métodos con características numéricas que permiten la solución, como la ortogonalización de Gram-Schmidt o la transformación de Householder serán necesarios.

8. Conclusión

Durante el análisis realizado se demuestra que el cálculo de los valores del voltaje y de corriente en las diferentes ramas del un circuito eléctrico no plano, realizados con el análisis de malla y el análisis nodal son los mismos. Al aplicar la prueba con el teorema de Weyl y Tellegen los resultados obtenidos son consistentes.

Asumir que el análisis de malla no puede utilizarse en forma general como en el caso del análisis nodal no es correcto. El método "Análisis de malla por inspección" presentado en [3, 4, 16, 17, 21] asume que los sentidos de las corrientes de

malla a través de las resistencias comunes respectivamente mutuales son opuestos. Las restricciones de este método no simplifican sino complican el análisis de malla. Por que requiere la prueba adicional, si el circuito es plano. Hay que resumir que las restricciones del análisis de malla por inspección de acuerdo con [3, 4, 16, 17, 21] complican y limitan la aplicación.

Se demostró la factibilidad del algoritmo "Análisis de malla" usando el árbol completo para circuitos no planos. Este método no requiere realizar la prueba, si el circuito es plano o no.

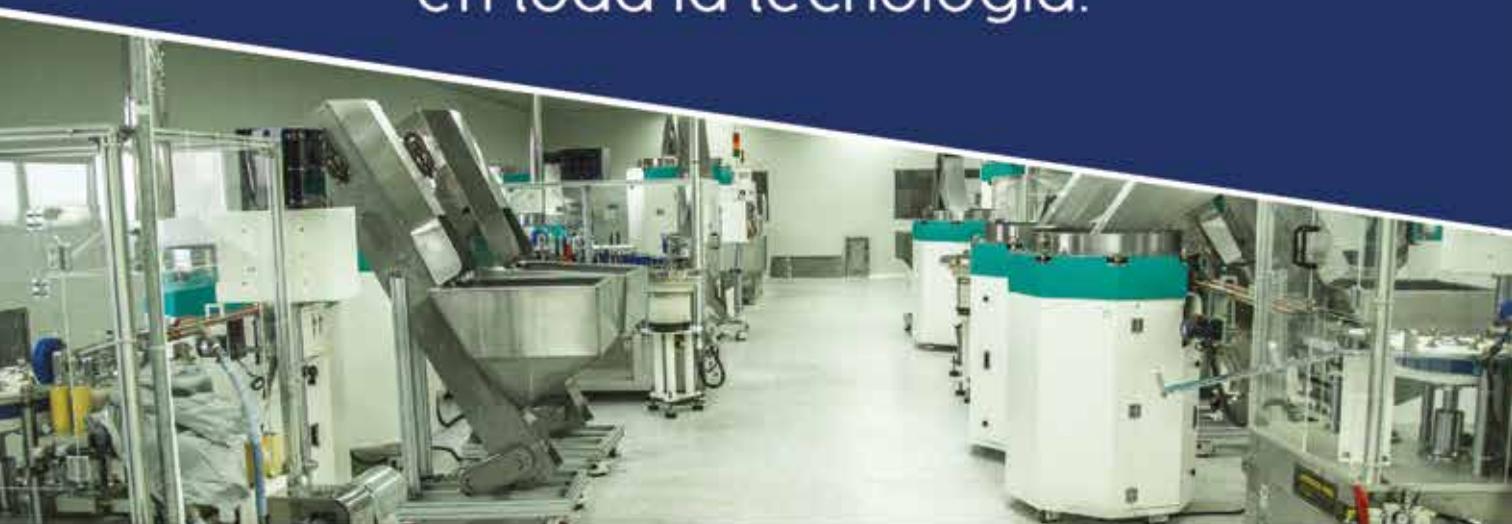
Los resultados del artículo devuelven al análisis de malla su validez general y permiten a los diseñadores de sistemas de multisensores como protecciones para sistemas de potencia o biosensores inteligentes, basados en circuitos eléctricos equivalentes de estructuras tridimensionales, seleccionar el método de cálculo óptimo con un mínimo esfuerzo de cálculo maximizando la estabilidad y exactitud numérica. ■■

Ver los Anexos en página 68 y siguientes

Referencias

- [1] I. Bronshtein, K. Semendiaev, Manual de matemáticas, Mir, Moscou, 2a ed. 1973
- [2] K. Brandt Petersen, M. Syskind Petersen, The matrix cookbook, <http://thematrixcookbook.com>, 2012
- [3] W. Hayt, J. Kemmerly, Análisis de Circuitos en Ingeniería, McGraw Hill, 6va ed., 2012
- [4] C. K. Matthew, N. O. Sadiku, Fundamentos de Circuitos Eléctricos, McGraw Hill, 5ta ed., 2010 y 6ta ed., 2020
- [5] E. Phillippov, Taschenbuch der Elektrotechnik, VEB Verlag Technik, Berlin, 1982
- [6] K. Lunze, Einführung in die Elektrotechnik, Lehrbuch, VEB Verlag Technik Berlin, 1985
- [7] R. Schwarz, Analyse nichtlinearer Netzwerke im erweiterten Zustandsraum, Oldenbourg 1989
- [8] T. Rathore, Identifying the Loops in Mesh Analysis, IETE, 2015
- [9] A. Yildiz, Generalized Method Based on Nodal and Mesh Analysis for Computation of Time Constants of Linear Circuits CMES, 2015
- [10] G. Chatzarakis, M. Tortoreli, A. Tziolas, Fundamental Loop-Current Method Using "Virtual Voltage Sources" Technique for Special Cases, International Journal of Electrical Engineering Education, Taylor & Francis 2010
- [11] P. Drude, Zur Elektronentheorie der Metalle, Annalen der Physik, 1900, pp. 566-613
- [12] A. Sommerfeld, H. Bethe, Elektronentheorie der Metalle. In: Handbuch der Physik. Vol. 24-2. Springer Verlag, Heidelberg 1933, S. 333-622
- [13] H. F. Mayer, "Über das Ersatzschema der Verstärkerröhre". Telegraphen- und Fernsprech-Technik, 15:335-337, 1926.
- [14] E. L. Norton, Design of finite networks for uniform frequency characteristic. Technical Report (Informe interno) TM26-0-1860, Bell Laboratories, 1926
- [15] B. D. H. Tellegen, "A general network theorem, with applications," Philips Res. Rept., vol. 7, pp. 259-269, 1952
- [16] M. Sarma, Introduction to Electrical Engineering, Oxford University Press, 2001
- [17] J. Gottling, Node and Mesh Analysis by Inspection, IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, 1995
- [18] J. Edminster, M. Nahvi, Electric circuits, Schaum's Electronic Tutor, 3. Edition, 1997
- [19] H. Helmholtz, Über einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierischelektrischen Versuche, Annalen der Physik und Chemie, vol. 89, no. 6, pp. 211-233, 1853.
- [20] L. Thévenin, Sur un nouveau théorème d'électricité dynamique, C. R. des Séances de l'Académie des Sciences, vol. 97, pp. 159-161, 1883.
- [21] J. Vlach, Computer methods for circuit design analysis and design, Springer, 1983
- [22] J. Nilsson, S. Riedel, Electric Circuits, Pearson, 10ta ed., 2015
- [23] G. Kirchhoff, Über den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige (vom Studiosus Kirchhoff), Annalen der Physik und Chemie, 1845
- [24] Dunnington, W., Gauss – Titan of Science. American Mathematical Society, 2004.
- [25] H. Weyl, Repartición de corriente en una red conductora. (Rev. Mat. Hispano-Americana, 5: 153-164, 1923.

Continuamos **trabajando**
fuertemente en el área de la salud
brindando energía ininterrumpida
en toda la tecnología.



Polaris by Powersa



Energía segura e ininterrumpida.
Venta, instalación, service
y mantenimiento de UPS.

ANEXOS

Anexo 1. La conservación de cargas y la ley de corrientes de Kirchhoff

La ley de corrientes de Kirchhoff esta basada en la conservación de masas respectivamente en la conservación de cargas. Esta ley establece que la suma de cargas ($\sum Q_n$) que entran (Q_e) en un nodo, una región o área cerrada tiene que ser igual a la suma de las cargas ($\sum Q_m$) que salen (Q_s) de ese nodo, región o área cerrada.

$$Q_e = \sum_n Q_n = \sum_m Q_m = Q_s \tag{A.1.1}$$

Figura A1.1 muestra una parte de un circuito eléctrico alrededor de un nodo, donde se encuentran 5 ramas. Las corrientes I_1, I_3 y I_4 salen del nodo y las corrientes I_2 y I_5 entran en el nodo.

Recordando que para cuantificar la intensidad de corriente en un conductor se cuentan las cargas (Q) que pasan por una área en un intervalo de tiempo Δt .

En la Figura A1.2 fluyen cargas positivas Q a través del área de acuerdo con la definición técnica de la dirección de la corriente eléctrica desde el polo positivo hacia el polo negativo. El conductor puede ser un tubo con un líquido donde se encuentren cargas positivas. En un conductor de cobre fluyen los electrones en la dirección opuesta. El conjunto de las cargas que pasan el área en el tiempo Δt se denomina con el variable ΔQ .

La corriente eléctrica I es el cociente de la cantidad de cargas ΔQ entre el intervalo de tiempo Δt . Considerando un intervalo de tiempo infinitesimal

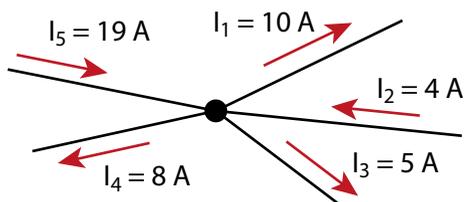


Figura A1.1. Nodo con 5 ramas

mal pequeño (dt) se obtiene la formula A1.3 para el cálculo de la corriente eléctrica I .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \Delta t \rightarrow dt \quad I = \frac{dQ}{dt} \tag{A1.3}$$

Aplicando la diferenciación a la ecuación A1.1 se obtiene:

$$\frac{d}{dt} Q_e = \frac{d}{dt} \sum_n Q_n = \frac{d}{dt} Q_s = \frac{d}{dt} \sum_m Q_m \tag{A1.4}$$

Ejecutando la derivación de las sumas por cada elemento de las sumas se obtiene A1.5.

$$\sum_n \frac{d}{dt} Q_n = \sum_m \frac{d}{dt} Q_m \tag{A1.5}$$

Como la derivada de la cantidad de cargas según el tiempo corresponde a la corriente eléctrica se obtiene la formula A1.6.

$$\sum_n I_n = \sum_m I_m \tag{A1.6}$$

La suma de las corrientes que salen del nodo en Figura A1.1 (I_1, I_3, I_4) esta igual a la suma de las corrientes que entran en el nodo (I_2, I_5).

$$I_2 + I_5 = I_1 + I_3 + I_4 \tag{A1.7}$$

Reordenando la ecuación A1.7 a la forma de la ecuación A1.8 podemos ver, que finalmente, se establece en la ecuación A1.8 que las corrientes que salen del nodo (I_1, I_3, I_4) son positivas y las corrientes que entran en el nodo (I_2, I_5) son negativas.

$$0 = I_1 + I_3 + I_4 - I_2 - I_5 \tag{A1.7}$$

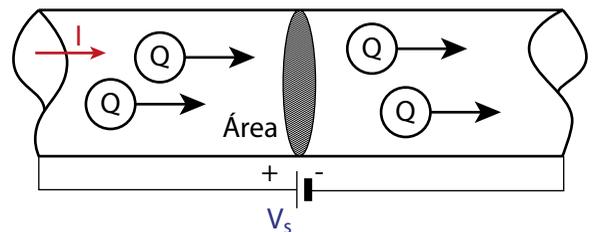


Figura A1.2. Definición técnica de la corriente eléctrica y su dirección técnica en un conductor eléctrico conectado a una fuente de voltaje V_s .

En la ecuación A1.9 se obtiene la famosa ley de corrientes que formuló Gustav Kirchhoff en el año 1845 [23].

$$0 = \sum_{k} I_k \quad (A1.9)$$

Sin embargo, cabe destacar que Carl Friedrich Gauß creó esta relación en forma general en el año 1833 [24]. La ley de corrientes establecida por Kirchhoff, se aplica en el análisis nodal donde se forman las ecuaciones de las corrientes que entran y salen del circuito según A1.9 por cada nodo. El análisis calcula los voltajes en los nodos (V_N) independientes. Para obtener la relación entre las corrientes inyectadas, que se agrupa en un solo vector, el vector de corrientes de nodo I_N y los voltajes de nodo (V_N), hay que sustituir las corrientes de rama I_{rama} por su relación con los voltajes de rama V_{rama} según la ley de Ohm en su forma de conductividad ($I_{rama} = G_{rama} \cdot V_{rama}$). Por razones de la independencia de las ecuaciones de cada nodo no podemos considerar tantas ecuaciones como nodos tenemos. Se considera una ecuación menos que nodos tiene el circuito. El nodo no considerado en la ecuación es el nodo de referencia con un potencial de 0 V. Todos voltajes de nodo se miden en relación al nodo de referencia.

Anexo 2. La conservación de energía y la ley de voltajes de Kirchhoff

El movimiento de electrones en los metales influenciados por un campo eléctrico externo produce calor y aumenta su temperatura. Los electrones en la banda de conducción de los metales se mueven también en ausencia de un campo eléctrico externo y se golpean entre ellos, ganando y perdiendo energía. Se considera que el tiempo promedio entre 2 golpes es alrededor de $\tau = 25 \text{ fs}$. Ese movimiento de los electrones es conocido como el movimiento browniano con una velocidad promedio de $10^6 \dots 10^7 \text{ m/s}$ en el metal. De esta forma el metal conductor mantiene su estado macroscópico de energía. Varios modelos

matemáticos explican la relación entre la velocidad de los electrones en la banda de conducción de los metales y el campo eléctrico. Para comprender las relaciones microscópicas entre la velocidad de deriva de los electrones (v_D), la intensidad del campo eléctrico, E , y la conductividad del material (κ) se puede usar el modelo de Drude. Este modelo introduce un término de fricción [11]. En el estado estacionario se obtienen las siguientes fórmulas.

$$v_D = -\frac{e \cdot E \cdot \tau}{m} \quad \kappa = \frac{e^2 \cdot n_e \cdot \tau}{m} \quad (A2.1)$$

donde

- » e : carga elemental
- » E : intensidad del campo eléctrico
- » τ : tiempo promedio entre 2 golpes
- » m : masa de electrón
- » n_e : densidad de electrones

La velocidad de deriva de los electrones en un metal causado por un campo eléctrico externo tiene un valor aproximado de 0.4 mm/s. Con el modelo de Drude [11] se calculan las conductividades y se obtienen valores alrededor de mil veces más grande que la conductividad real. Modelos, más sofisticados fueron desarrollados por Lorentz y Sommerfeld. Considerando que no todos los electrones contribuyen al movimiento resultante, dicho al flujo de electrones respectivamente a la conductividad. Solo estos con un nivel igual o mayor que la energía de Fermi [12]. En todos estos procesos se cumple la ley de conservación de energía. La cantidad de energía que acelera los electrones y calienta finalmente el conductor, tiene que ser suministrada por el campo eléctrico externo. Macroscópicamente se puede analizar el balance entre la energía suministrada y la energía disipada.

La ley de voltajes de Kirchhoff es basada en la conservación de energía. Esta ley establece que la suma de la energía suministrada respectiva-

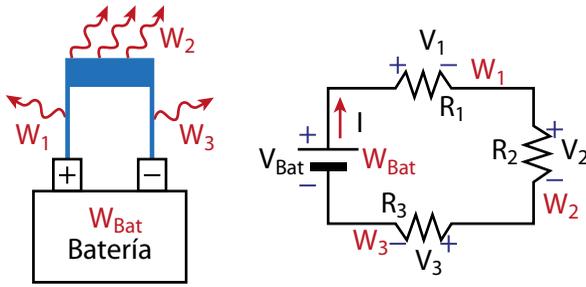


Figura A2.1. Circuito eléctrico con una fuente de energía, la batería y tres resistencias convirtiendo la energía eléctrica en calor.

mente generada (W_g) tiene ser igual a la suma de la energía consumida (W_c).

$$\sum W_g = \sum W_c \quad (A2.2)$$

Por ejemplo, este modelo se aplica a un circuito eléctrico que consiste en una batería, la cual suministra la energía $W_g = W_{bat}$ a 3 diferentes resistencias, representando 2 conductores de cobre (ida y vuelta, R_1 y R_3) y un calentador (R_2). La Figura A2.1 muestra el esquema eléctrico correspondiente.

La corriente a través de las resistencias R_1 , R_2 y R_3 convierte según la ley de Joule y Lenz un parte de su energía en calor, medible por su aumento de temperatura. Así las 3 resistencias consumen las energías W_1 , W_2 , W_3 convirtiendo la energía eléctrica suministrada por la batería W_{bat} en calor. Macroscópicamente se puede establecer la ecuación (A2.2).

$$W_{bat} = W_g = W_c = W_1 + W_2 + W_3 \quad (A2.2)$$

Es importante recordar la relación existente entre energía, fuerza, la intensidad del campo eléctrico y la carga, si la fuerza tiene la misma dirección como el campo eléctrico.

La intensidad del campo eléctrico E genera una fuerza F sobre una carga q de la misma manera, como la gravitación g genera una fuerza F sobre masa m , $F = g \cdot m$

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q \quad (A2.3)$$

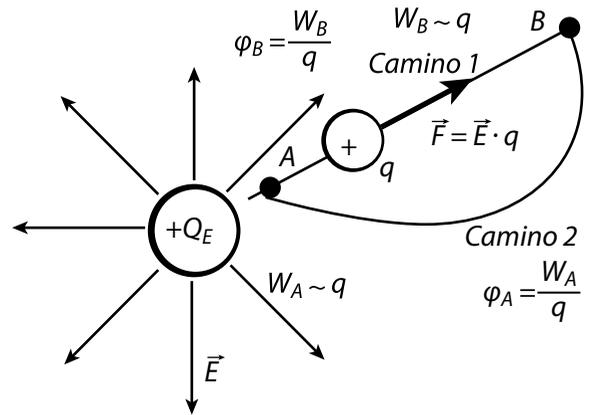


Figura A2.2. Relación entre la intensidad del campo eléctrico E generado por la carga $+Q_E$, la carga q , la fuerza F , que actúa a la carga q , la energía en diferentes puntos como A y B y los potenciales en estos puntos

La Figura A2.2 ilustra las relaciones entre el campo eléctrico, fuerzas y potenciales.

Cuando una fuerza desplaza una carga eléctrica q una determinada distancia infinitesimalmente pequeño ds , se realiza un trabajo dW .

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.4)$$

Cuando se desplaza una carga eléctrica q en el campo eléctrico desde el punto A hacia B , se realiza el trabajo W_{AB}

$$W_{AB} = \int_A^B dW = \int_A^B q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} = q \cdot \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.5)$$

En un campo conservativo, como el campo eléctrico, esa integral entre dos puntos no depende del camino. La carga puede ser desplazada desde el punto A hacia el punto B por camino 1 o el camino 2 el trabajo W_{AB} es el mismo. El cociente del trabajo W_{AB} entre la carga corresponde a la integral de línea de la intensidad del campo eléctrico que se denomina voltaje.

$$\frac{W_{AB}}{q} = \frac{q \cdot \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}}{q} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = V_{AB} \quad (A2.6)$$

El voltaje V_{AB} es la capacidad de realizar trabajo por carga entre los puntos A y B en el campo eléctrico. Se puede determinar la energía que

una carga q puede convertir en energía cinética entre los puntos A y B.

El cociente de la energía entre la carga se denomina el potencial eléctrico φ . El potencial es igual a la integral de línea de la intensidad del campo eléctrico entre un punto (A o B) y el punto infinitamente alejado de la carga Q (∞) donde el potencial es cero (ver Fig. A2.2). El potencial φ_A en el punto A y el potencial φ_B en el punto B corresponde la capacidad de realizar trabajo por carga. El potencial indica la energía por carga un punto que se puede convertir en otra forma de energía.

$$\varphi_A = \frac{W_A}{q} = \int_A^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.7)$$

$$\varphi_B = \frac{W_B}{q} = \int_B^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

La diferencia de los potenciales eléctricos φ_A y φ_B entre los puntos A y B es el voltaje V_{AB} .

$$V_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{W_A}{q} - \frac{W_B}{q} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.8)$$

La diferencia de los potenciales eléctricos φ_B y φ_A entre los puntos B y A es el voltaje V_{BA} .

$$V_{BA} = \varphi_B - \varphi_A = \frac{W_B}{q} - \frac{W_A}{q} = \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.9)$$

La ecuación A2.10 representa la relación entre la carga, $q = Q$, el voltaje y la energía respectivamente trabajo.

$$W_{AB} = V_{AB} \cdot Q \quad (A2.10)$$

La derivada del trabajo es la potencia P .

$$\frac{d}{dt} W = P = V_{AB} \cdot \frac{d}{dt} Q = V_{AB} \cdot I \quad (A2.11)$$

Aplicando la derivación (A1.3) a la formula A2.1 obtenemos:

$$P_{Bat} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (A2.12)$$

Sustituyendo la potencia por el producto de los voltajes que caen a través de las resistencias con

la corriente, que fluye a través de las resistencias según (A2.7) obtenemos (A2.13).

$$V_{Bat} \cdot I = V_1 \cdot I + V_2 \cdot I + V_3 \cdot I \quad (A2.13)$$

En este circuito fluye a través de todos elementos la misma corriente. Nosotros denominamos esa trayectoria cerrada en el circuito eléctrico donde fluye la corriente como malla. Una malla puede incluir un elemento solo una vez. Cuando fluye en este circuito o en esta malla una corriente $I \neq 0$ podemos dividir (A2.13) entre I y obtenemos la conocida ley de voltajes de Kirchhoff [23].

$$V_{Bat} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (A2.14)$$

La suma algebraica de los voltajes, en la trayectoria cerrada de un circuito, tiene que ser 0 y se mantiene el balance de las energías suministradas y consumidas.

$$0 = \sum_k V_k \quad (A2.15)$$

Los voltajes se suman dependiendo de su dirección en relación con el sentido de la corriente en la malla. Si las dos direcciones son iguales, el signo del voltaje es positivo y si son opuestas el signo es negativo.

Esta ley se aplica en el análisis de malla, donde se consideran las ecuaciones con los voltajes que caen a través de los diferentes elementos del circuito. Para determinar el balance se definen mallas independientes en el circuito, donde fluye una corriente de malla a través de los elementos de la malla. Diferentes autores distinguen entre mallas, lazos y bucles, dependiendo de si la trayectoria (malla, lazo o bucle) es plana o incluye otras trayectorias cerradas. Con el método descrito no es necesario distinguir entre mallas, lazos o bucles. La dirección de la corriente de malla define el sentido en que los voltajes se deben tomar en cuenta y como deben ser sumados. Este sentido se denomina también como sentido de la malla. Si el voltaje cae en el sentido de la malla el valor en la ecuación es positivo, si es opuesta el valor en la ecuación es negativo.

Para extender la validez de la ley de voltajes de Kirchhoff a geometrías tridimensionales, hay relacionar esta ley con la integral de línea cerrada en un campo conservativo, que tiene que ser igual a cero. Esta integral se utiliza en forma de A2.16 para la determinación de condiciones de frontera del campo eléctrico entre dos materiales diferentes.

$$0 = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.16)$$

La ley esta basada en la conservación de energía. Cuando se desplaza una carga q en un campo eléctrico E desde el punto A hacia el punto B, se realiza el trabajo W_{AB} . El trabajo que realiza la carga q es independiente del camino de la carga (camino 1 o camino 2). Para desplazar la carga q desde el punto B hacia el punto A hay que invertir el trabajo W_{BA} . (ver Figura 2.2) Las cantidades de los trabajos W_{AB} y W_{BA} son iguales con signo opuesta porque los vectores \vec{E} y $d\vec{s}$ tienen en los diferentes caminos diferentes direcciones.

$$W_{AB} = \int_A^B q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.17)$$

$$W_{BA} = \int_B^A q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Cuando la carga de desplaza desde el punto A hacia B en el camino 1 ($A \rightarrow B$), las direcciones de los vectores \vec{E} y $d\vec{s}$ tienen en las mismas direcciones y el trabajo tiene un signo positivo. Cuando la carga de desplaza desde el punto B hacia A en el camino 1 ($B \rightarrow A$) las direcciones de los vectores \vec{E} y $d\vec{s}$ tienen en las direcciones opuestas y el trabajo tiene un signo negativo. Por eso la suma de ambos trabajos (W_{AB} y W_{BA}) tiene que ser cero.

$$0 = W_{AB} + W_{BA} = \int_A^B q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_B^A q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.18)$$

En un campo eléctrico la suma A2.18 tiene que ser también cero, cuando la carga se desplaza desde punto A hacia B tomando el camino 1 ($A \rightarrow B$) y se desde el punto B hacia A tomando el camino 2 ($B \rightarrow A$).

Despejando la carga q se obtiene la siguiente ecuación.

$$0 = q \cdot \left(\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{s} \right) \quad (A2.19)$$

La primera integral en la ecuación (A2.16) representa el voltaje V_{AB} entre los puntos A y B (ver ecuación A2.8) y la segunda integral el voltaje V_{BA} entre los puntos B y A (ver ecuación A2.9).

$$V_{BA} = \varphi_B - \varphi_A = \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (A2.20)$$

$$V_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

La diferencia entre los potenciales de los puntos A y B es el voltaje V_{AB} y la diferencia entre los potenciales de los puntos B y A es el voltaje V_{BA} .

La suma algebraica de las integrales en A2.19 representa una integral de línea cerrada con el valor de 0 igual como la ecuación A2.16. Usando las ecuaciones A2.20 obtenemos la prueba de que la integral cerrada es cero.

$$\begin{aligned} \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 &= \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{s} \\ 0 &= V_{AB} + V_{BA} \\ 0 &= \varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_A \end{aligned} \quad (A2.21)$$

En general obtenemos la ecuación A2.22. La validez de la relación entre la integral de línea cerrada y la suma algebraica de voltajes no esta limitado solo a configuraciones o geometrías planos.

$$0 = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \sum_k V_k \quad (A2.22)$$

La relación A2.22 es valida para circuitos eléctricos con geometría tridimensional. Si al establecer las ecuaciones del circuito, se consideran todas las fuentes y acoplamientos que pueden generar una caída de voltaje en las mallas de un circuito, entonces se puede usar la ley de voltajes de Kirchhoff en forma del análisis de malla para cualquier circuito eléctrico con cualquier geometría en el espacio.

Anexo 3. El teorema de Teorema de Weyl y Tellegen

El teorema de Teorema de Weyl y Tellegen es una formulación de la conservación de energía en forma instantáneo por las potencias. Se establece que la suma de las potencias en todas las ramas es igual a cero [15].

$$0 = \sum_{\eta} P_{rama_n} = \sum_{\eta} V_{rama_n} \cdot I_{rama_n} \quad (A3.1)$$

El índice n representa el numero de la rama n (con $n \in [1 \dots N_{rama}]$). Se puede calcular la suma de las potencias en las ramas del circuito usando el vector de las corrientes de rama (I_{rama}) y el vector de los voltajes de rama (V_{rama}).

$$0 = V_{rama}^T \cdot I_{rama} = I_{rama}^T \cdot V_{rama} \quad (A3.2)$$

El signo negativo de la potencia de una rama indica que esta rama suministra energía al circuito y un signo positivo indica que esta rama consume energía. Estos cálculos también se refieren al balance de las potencias y son utilizados como estándar para la verificación del cálculo de corrientes y voltajes de circuitos. [3, 4, 5, 6]

Anexo 4. El teorema de Mayer y Norton

El teorema de Helmholtz y Thévenin establece que se puede reducir todos circuitos eléctricos hasta a un circuito activo que esta conectada a un circuito pasivo [19, 20]. El circuito activo consiste en una fuente de voltaje (V_F) y una resistencia en serie, llamada la resistencia de Thévenin (R_{Th}). El circuito pasivo consiste en una resistencia. Mayer y Norton extendieron este modelo de la manera

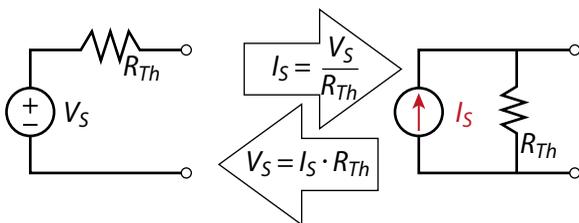


Figura A4.1. Conversión de fuentes de voltajes en fuentes de corrientes y viceversa según el teorema de Mayer y Norton

que también se puede usar fuentes de corriente (I_F) con una resistencia en paralelo para el circuito activo [13, 14]. Y se puede convertir las entre ellos con las ecuaciones A4.1.

$$I_F = \frac{V_F}{R_{th}} \quad V_F = R_{Th} \cdot I_F \quad (A4.1)$$

La Figura A4.1 muestra los circuitos equivalentes y como convertir los entre ellos viceversa aplicando las ecuaciones A4.1.

Si se convierte una fuente de voltaje V_F en una fuente de corriente I_F , la corriente I_F tiene que fluir en la misma dirección que la corriente generada por la fuente de voltaje V_F . Y por supuesto, si se convierte una fuente de corriente I_F en una fuente de voltaje V_F , el voltaje V_F tiene que caer en la misma dirección que el voltaje generado por la fuente de corriente I_F .

Como el análisis de malla requiere fuentes de voltaje hay que convertir las fuentes de corrientes en el circuito a analizar en fuentes de voltajes. Como el análisis nodal requiere fuentes de corrientes hay que convertir las fuentes de voltaje en el circuito a analizar en fuentes de corrientes.

Aunque el comportamiento de las dos fuentes equivalentes en relación a sus terminales es igual, la distribución interna de las corrientes

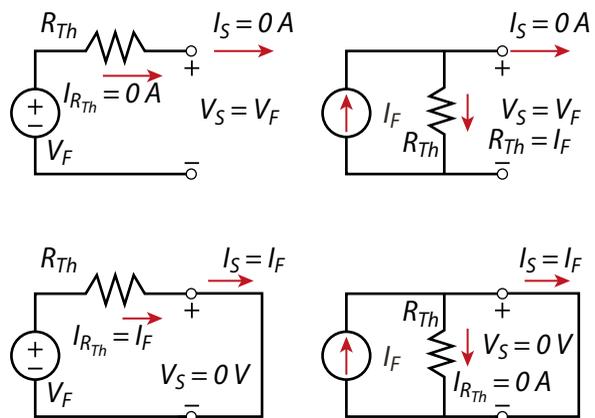


Figura A4.2. Distribución de corrientes y voltajes en fuentes de voltajes y fuentes de corrientes en los modos de operación circuito abierto y corto circuito

y los voltajes en el mismo modo de operación puede ser diferente.

En el caso del circuito abierto en una fuente de voltaje no fluye ninguna corriente ($I_{R_{Th}} = 0 A$) a través de la resistencia de Thévenin (R_{Th}). Para que entre los terminales de una fuente de corriente cae el mismo voltaje (V_p) tiene que fluir la corriente ($I_{R_{Th}} = I_p$) a través de la resistencia R_{Th} . En el modo de operación corto circuito a través de la resistencia R_{Th} de la fuente de voltaje fluye una corriente la corriente ($I_{R_{Th}} = I_p$) pero en la fuente de corriente a través de la resistencia R_{Th} no fluye ninguna corriente ($I_{R_{Th}} = 0 A$). Únicamente en el modo de máxima transferencia de potencia las dos fuentes equivalentes consumen internamente la misma cantidad de energía a través de la resistencia R_{Th} . En el modo de máxima transferencia de potencia la carga conectada a la fuente tiene el valor de la resistencia R_{Th} .

Agradecimientos

Al Dr. Félix Henríquez, Director del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria, al Mgtr. Juan González, Decano de la Facultad de Ciencias y Tecnología, por el apoyo. A la Dra. Miryam Venegas y al Dr. Omar Cornejo por sus sugerencias. Al Ing. Daniel Sandoval de Capris Engineering, Costa Rica, por la revisión del contenido.

Condelectric S.A.

Para que lo demás funcione...



01121895595



mailing@condelectric.com.ar

Visite nuestra web www.condelectric.com.ar

SCHMERSAL

SOLUCIONES PARA SEGURIDAD Y AUTOMATIZACIÓN EN MÁQUINAS

- Interruptores de seguridad para puertas y alfombras.
- Cortinas y relés de Seguridad y Scanners láser.
- Interruptores de paro de emergencia por tracción de cable, interruptores de nivel y de posición.



AUTOMATIZACIÓN Y AHORRO ENERGÉTICO.

- Relés de estado sólido.
- Relés de monitoreo de tensión y corriente.
- Timers, sensores inductivos y fotoeléctricos.
- Analizadores de consumo eléctrico.
- Fuentes switching.

CARLO GAVAZZI

Hipólito Yrigoyen 2591. (B1640HFY). Martínez. Buenos Aires. Argentina. Tel/fax: +54 (011)4836-1053.



AADECa

Asociación Argentina
de Control Automático

INTERCAMBIO
PROFESIONAL

FORO

CONGRESOS

NEWSLETTER

TALLERES
TEMÁTICOS

CURSOS Y
JORNADAS

www.aadeca.org

Un medio, muchas formas de comunicarnos

Ingeniería Eléctrica es un medio de comunicación con múltiples soportes. A la versión papel que tiene en sus manos, se suma la disponibilidad de todos sus contenidos online en nuestro sitio web, www.editores.com.ar/revistas, donde dispondrá de fácil acceso a los artículos actuales y los de ediciones anteriores, para leer en formato HTML o descargar un pdf, y disponer su lectura tanto en momentos con conexión o sin ella, para imprimir y leer desde el papel o directamente de su dispositivo preferido.



www.editores.com.ar/revistas/ie/365

Ediciones recientes disponibles online



Mayo 2021
Edición 364



Abril 2021
Edición 363



Marzo 2021
Edición 362



Diciembre 2020
Edición 360



Noviembre 2020
Edición 359



Octubre 2020
Edición 358



Septiembre 2020
Edición 357



Agosto 2020
Edición 356



Julio 2020
Edición 355



Junio 2020
Edición 354

El newsletter de Editores

Suscribiéndose a nuestro newsletter, recibirá todas las semanas las novedades del mercado eléctrico:

- » Artículos técnicos
- » Obras
- » Capacitaciones
- » Congresos y exposiciones
- » Noticias del sector eléctrico
- » Presentaciones de productos
- » Lanzamientos de revistas

Puede suscribirse gratuitamente accediendo a:

www.editores.com.ar/nl/suscripcion

Todos los contenidos recibidos son de acceso libre. Puede leerlos desde nuestra web o descargar un pdf para imprimir.



Redes sociales



@editoresonline



@editoresonline



@editoresonline



@editoresonlineR

Empresas que nos acompañan en esta edición

AADECA	pág. 75
http://aadeca.org/	
AEA	pág. 8
http://aea.org.ar/	
ANPEI	pág. 12
http://anpei.com.ar/	
ARMANDO PETTOROSI	pág. 43
http://pettorossi.com/	
BIEL LIGHT+BUILDING	Ret. contrat.
http://www.biel.com.ar/	
CIMET	pág. 17
https://cimet.com/	
CONDELECTRIC SCHMERSAL	pág. 74
http://condelectric.com.ar/	
CONEXPO	Ret. tapa
http://www.conexpo.com.ar/	
DANFOSS	Tapa
http://www.danfoss.com.ar/	
ELECTRICIDAD CHICLANA	pág. 39
http://www.electricidadchiclana.com.ar/	
ILA Group	pág. 12
http://www.ilagroup.com/	
IRAM	pág. 53
https://www.iram.org.ar/	
JELUZ	pág. 9
https://jeluz.net/	
KEARNEY & MacCULLOCH	pág. 18
http://www. Kearney.com.ar/	
MICRO CONTROL	pág. 19
http://www.microcontrol.com.ar/	
MONTERO	3
https://montero.com.ar/	
MOTORES DAFSA	pág. 28
https://motoresdafa.com.ar/	
NÖLLMED	pág. 29
https://nollmed.com.ar/	
POLARIS	pág. 67
http://www.upsolaris.com/	
PREFORMADOS APA	pág. 47
https://preformadosapa.com/	
PRYSMIAN	pág. 13
https://ar.prysmiangroup.com/	
REFLEX	pág. 5
http://www.reflex.com.ar/	
STRAND	pág. 27
http://strand.com.ar/	
TADEO CZERWENY TESAR	Contratapa
https://www.tadeoczerwenytesar.com.ar/	
TESTO ARGENTINA	pág. 18
https://www.testo.com/es-AR/	
TPA	pág. 52
https://tubostpa.com/	
VEFBEN	pág. 30
https://vefben.com/	
VIMELEC	pág. 28
https://www.vimelec.com.ar/	

BIEL light+building

BUENOS AIRES

Bienal Internacional de la Industria Eléctrica,
Electrónica y Luminotécnica

Septiembre, 2021
La Rural Predio Ferial

Inspiring
tomorrow

    #BIELBuenosAires

www.biel.com.ar

Horarios: miércoles a viernes de 13 a 20 hs. | sábado de 11 a 19 hs.
Evento exclusivo para profesionales y empresarios del sector.
Para acreditarte debés presentar tu documento de identidad.

No se permite el ingreso a menores de 16 años incluso
acompañados por un adulto.

Messe Frankfurt Argentina: +54 11 4514 1400 - biel@argentina.messefrankfurt.com

luminale

 **CADIEEL**
Potenciando la Industria

 messe frankfurt

Seguridad + Confiabilidad Total

En Tadeo Czerweny Tesar S.A. desarrollamos tecnología de primera línea para brindar soluciones transformadoras efectivas.



NUEVA Línea Directa
para Ventas y Servicios
0810 88TADEO (0810 88 82336)



Transformadores Encapsulados en Resina Epoxi

100 % Fabricación Nacional

Cumple con la clasificación E2-C2-F1

Autoextinguibles - No dañan el Medio Ambiente

Elevada capacidad de sobrecargas

Importante reserva de potencia



Tadeo Czerweny Tesar



Planta Industrial: Tel: ++54 - 3404 - 487200 (l.rotativas) / Fax: ++54 3404 482 873 / E-mail: tecnicatt@tadeoytesar.com.ar
Administración: Tel: ++54 - 3404 - 487200 (l.rotativas) / Fax: ++54 3404 482 873 / E-mail: administracion@tadeoytesar.com.ar
Ventas: Tel: ++54 - 3404 - 487200 (l.rotativas) / Fax: ++54 3404 487200 (int. 250) / E-mail: ventas@tadeoytesar.com.ar
Oficina Comercial Bs.As: Tel: ++54 11 5272 8001 al 5 / Fax: ++54 11 5272 8006 E-mail: tczbsas@tadeoytesar.com.ar

www.tadeoczerwenytesar.com.ar

servicio técnico

llame al teléfono o envíe un mail

++ 54 - 3404 - 487200 - Int. 113
servicio@tadeoytesar.com.ar