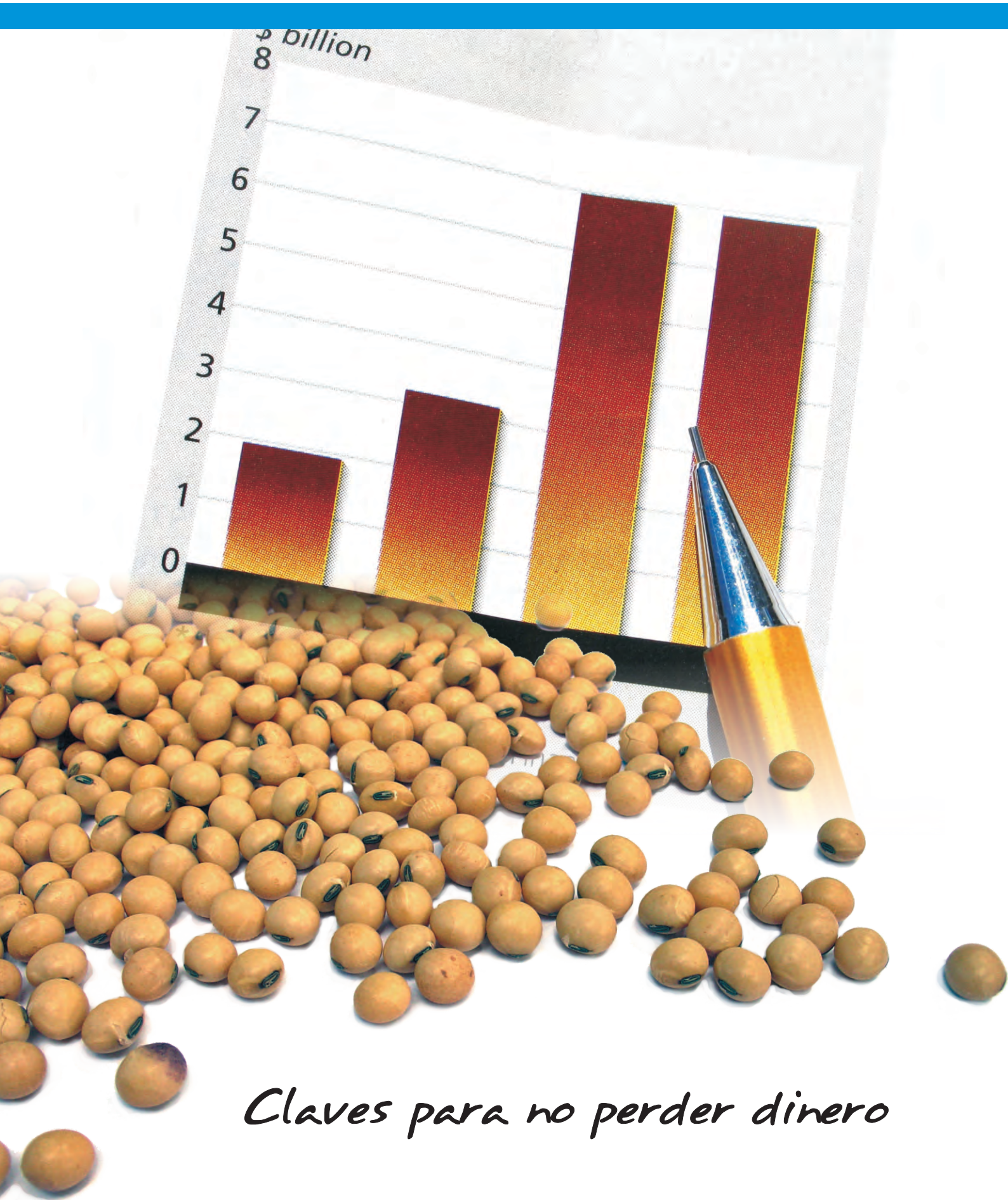




**Sistema de Control Automático de  
Temperatura y Aireación**

**Nota Técnica | 2011**

# Mitos y Verdades



*Claves para no perder dinero*

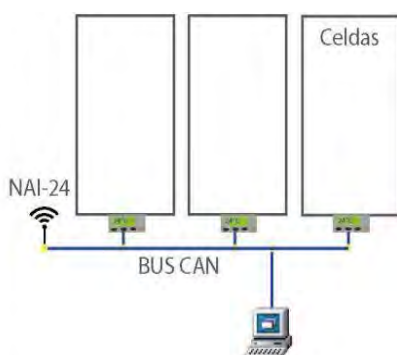
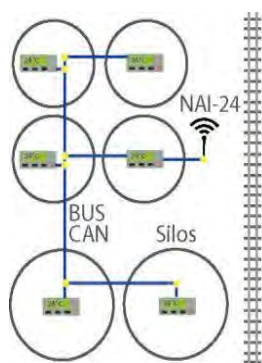


Este informe contiene todos los datos técnicos imprescindibles del Sistema de Control de Temperatura y Automatización de la Aireación para Silos que fabrica TESMA s.a.i.c. En el desarrollo de estos sistemas está el Know How de más de 40 años de experiencia. Aquí encontrará varias claves técnicas que surgen, no sólo de nuevas tecnologías sino también, de muchas horas de prueba y funcionamiento en producción. Esperamos que al lector le sea de utilidad a la hora de tener que tomar la decisión adecuada para lograr una inversión rentable. EL grupo de especialistas que conformamos, un equipo de profesionales que dedica su tiempo a innovar constantemente, quedamos a disposición de todas las personas o empresas que tengan dudas o consultas.

## Sistema de Control de Temperatura para Silos con Inteligencia Distribuida – TESMA®

### Arquitectura general

Se compone de uno o varios Módulos de Inteligencia Distribuida (**MID**) distribuidos estratégicamente en diferentes puntos de la planta de silos y conectados a una computadora. Estos elementos están interconectados entre sí mediante un BUS digital en una arquitectura de red.



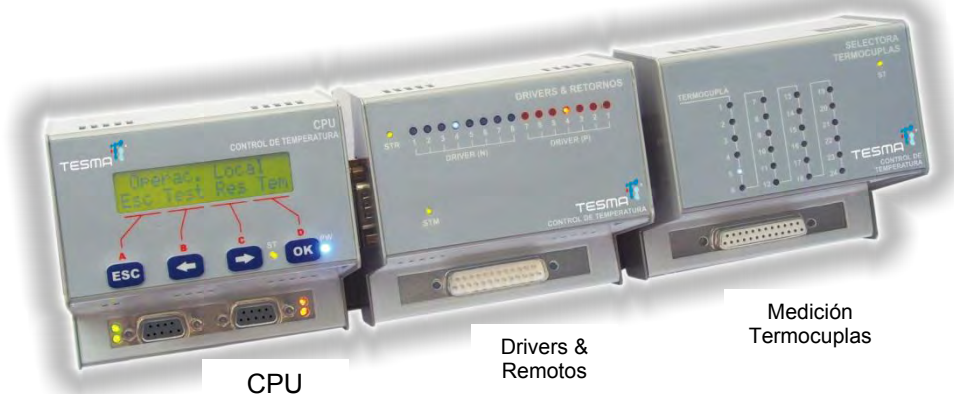
Esta interconexión se realiza por medio de un único cable BUS que contiene un simple par de conductores para datos, y que utiliza el protocolo industrial CAN 2.0B más un par de conductores para la alimentación de baja tensión en los MID (24 Vca).

La PC es conectada en cualquier parte de la red del BUS CAN por medio de una interfaz CAN-USB.

Cada MID estándar tiene capacidad para manejar y medir varios cables de medición en los silos, hasta un total de 512 sensores de termocuplas.

Para poder identificarse en la red, cada MID es programada desde la PC, lo que permite fácilmente intercambiar módulos, ya que toda la información particular de configuración y la topología de sensores que le corresponde controlar a cada uno, es enviada por el BUS CAN a través de la computadora al momento de identificarse en la red.

## Características de los MID



Son unidades inteligentes y autónomas de medición, con una capacidad de control cada una, de hasta 512 sensores de termocuplas tipo T, y que pueden comandar una o varias Unidades de Multiplexado (UM).

Están compuestos de 3 módulos de montaje normalizado sobre riel DIN 35mm, e interconectados entre sí mediante un bus de datos digital de 2 hilos, en un gabinete estanco. Estos módulos son:

### **CPU:**

Es la unidad de procesamiento central, encargada de las transacciones a través del BUS CAN, almacenamiento de la información recogida de los sensores, comando, control y monitoreo del correcto funcionamiento de los otros módulos.

***Cuenta con un display alfanumérico y un teclado que permiten a un operador realizar tareas de verificación, diagnóstico, mantenimiento y medición en forma local.***

Está dotado de un poderoso procesador de 40 MIPS, con 64 KB de memoria Enhanced Flash ROM que permite hacer actualizaciones de firmware desde la computadora del sistema, sin desmontar la unidad ni abrirla para, en un futuro, incorporar nuevas prestaciones.

Su dirección física y lógica de red es seteable desde la PC, y sus características particulares de funcionamiento son programadas a través de la red por la computadora cuando se identifica en el sistema.

Esto permite una total intercambiabilidad de los módulos, pese a que realizan tareas diferentes de acuerdo a la topología de la zona asignada para controlar.

Asimismo, esta unidad provee a cada uno de los módulos las alimentaciones reguladas para su funcionamiento y, aísla galvánicamente al MID de la red, del BUS CAN para proveer mayor robustez al sistema frente a eventuales sobretensiones o pérdidas inflingidas por el medio ambiente al BUS general (tanto de datos como de alimentación).

## **Drivers & Retornos:**

Es la unidad encargada de generar las señales de comando para las UM y de verificar mediante nuestro exclusivo circuito de lazo cerrado, el correcto accionamiento de las mismas.

Cuenta con dos microprocesadores propios, encargados de supervisar su funcionamiento, que se comunican con la CPU mediante un BUS digital de 2 hilos.

## **Medición Termocuplas:**

Es la unidad encargada de desmultiplexar, acondicionar, linealizar, procesar y digitalizar las señales analógicas provenientes de las UM. Dotado de un microprocesador propio, se comunica con la CPU mediante un BUS digital de 2 hilos, y efectúa los auto-tests de funcionamiento.

Asimismo, este módulo contiene:

- Conversor análogo / digital de 10 bits que permite una resolución de 0,1 °C
- Compensación digital de junta fría.
- Amplificador de termocuplas de alta impedancia de entrada, con verificación y ajuste digital.

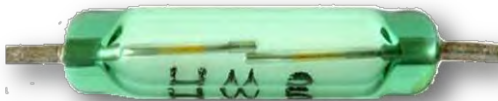
## **Unidades de Multiplexado (UM)**

Son las encargadas de multiplexar las señales analógicas provenientes de las termocuplas tipo T de los cables de medición, tarea crítica debido a las características del entorno:

- El sistema debe ser confiable y durable.
- Las termocuplas tipo T entregan un bajísimo nivel de tensión (aproximadamente 40 millonésimas de Volt por cada grado centígrado).
- El ambiente donde están instaladas es de alto contenido de polvillo y de agentes químicos agresivos.
- Cualquier deterioro de la “resistencia de contacto” de cualquier elemento intermediario entre la termocupla y el circuito de medición, va a provocar inevitablemente degradación e inestabilidad de la medición de temperaturas.

Por este motivo, y pese a tener un costo superior, utilizamos para esta tarea, una tecnología de interceptores sellados de vidrio, con sus contactos bañados en Rhodio, bajo atmósfera de gas inerte:

Contacto	1 A
Material de contacto	Rhodio
Potencia máxima de contacto	10 W
Voltaje máximo de switcheo	200 VDC
Corriente máxima de switcheo	0.5 A
Resistencia máx. inicial de contacto	100 mOhms
Capacitancia máxima de contacto	0.4 pF
Resistencia mínima de aislamiento	$10^{10}$ Ohms
Frecuencia típica de resonancia	3 kHz



Estos elementos garantizan una resistencia de contacto inferior a los 100 MiliOhm, una resistencia de aislamiento superior a los 10.000 MegaOhm y un vida útil superior a las 100 millones de operaciones.

La estructura interna de las UM es modular, permitiendo capacidades de hasta 144, 288, 432 y 576 puntos de medición, lo que permite economizar la instalación, utilizando únicamente los elementos necesarios.

Por el lugar donde están colocadas, las UM se ven expuestas a importantes variaciones de la temperatura ambiente, y por ello, internamente están compensadas por temperatura, para evitar las variaciones de la señal de las termocuplas, provocadas por esta variación de la temperatura ambiente.

Todos los cables de medición van conectados a las UM, que son las encargadas, conforme a los comandos recibidos del MID, de seleccionar y multiplexar las señales de cada cable de medición.



## Computadora

La computadora tipo PC se conecta a la red del BUS a través de la interfaz CAN-USB, y puede ser conectada a la red en cualquier punto de la misma o, a través de un nodo inalámbrico NAI-24. En la PC se realizan varias tareas, la mayoría de las cuales son automáticas y transparentes para el operador.

Tareas realizadas en Background en forma desatendida:

- Se realiza la supervisión de todas las comunicaciones cursadas a través de la red BUS CAN.
- Se realiza el monitoreo, verificación y programación de todos los MID de la planta.
- Se recogen y almacenan en una base de datos multidimensional todas las mediciones colectadas por los MID.
- Se analizan las informaciones recogidas, analizando tendencias a través del tiempo, descartando puntos de medición fuera del grano y disparando las alarmas que correspondan.
- En los sistemas provistos con Control Automático de la Aireación (CAA), a través de la central meteorológica se analizan constantemente las condiciones de temperatura y humedad del aire ambiente y, en función de las características medidas en el grano almacenado en cada silo, se envían las órdenes al módulo de Control Automático de Aireación para encender o apagar los aireadores correspondientes cuando las condiciones ambientales son favorables para airear ese grano.
- Se ordena periódicamente a todos los MID realizar un AutoTest, recogiendo los resultados de los mismos y disparando las alertas administrativas y alarmas que correspondan.

### Opciones disponibles para el operador:

El operador tiene acceso a varias pantallas diseñadas específicamente de acuerdo a cada planta de silos, las que le permiten poder encontrar rápidamente, yendo de lo general a lo particular, cuáles son aquellos sensores (de entre los miles que tiene la planta) que necesitan ser analizados con detenimiento para encontrar posibles problemas en la condición del cereal. Éstas son, entre otras:

- Vistas en planta con clara identificación por medio de colores de las zonas con evolución sospechosa o crítica, con posibilidad de navegar en el tiempo para analizar la evolución de estos problemas a través de los últimos 35 días.
- Vistas en corte de cada una de las secciones de la planta, con toda la información de temperaturas, identificando claramente, por medio de colores, los puntos con evolución sospechosa o crítica, con posibilidad de navegar tanto en el espacio, para analizar secciones contiguas, como en el tiempo, para ver la historia de las temperaturas almacenadas de los



últimos 35 días.

- Vistas de evolución y tendencias, para analizar el comportamiento del grano a través del tiempo.
- Vistas de temperaturas de un sensor, un cable o una sección tomadas en el momento.
- Pantallas de configuración, donde se setean varios parámetros que definirán el modo particular de funcionamiento del sistema (temperaturas absolutas de alarmas, variaciones de temperatura que disparen condiciones de alarma, modo cómo se manejan las alertas administrativas, etc.).
- Pantallas de información de sistema, donde se accede a la información del estado de funcionamiento del conjunto, con rápida identificación de problemas, logs de errores, logs de alertas administrativas, etc.
- Pantallas de testeos, donde se accede a varias pantallas que permiten realizar testeos de cada uno de los componentes del sistema, tests para diagnósticos simples de problemas, tests para diagnósticos complejos para uso de personal técnico, o personal de planta con soporte telefónico de TESMA s.a.i.c.

## Acceso a la información a través de la red LAN (opcional)



Se pueden proveer programas “Cliente” para ser instalados en otras computadoras locales o remotas (que tengan conectividad con la computadora principal) para que, de las mismas, se pueda tener acceso a las mismas vistas que se pueden ver en la computadora conectada a la red LAN.

## Nodos de Acceso Inalámbrico (NAI-24) (opcional)

En los casos en que sea conveniente, es posible interconectar varios sectores completos de la red CAN en forma inalámbrica, utilizando nuestros nodos de acceso inalámbrico (NAI 24) en 2.4 GHz, bajo protocolo TDMA, que permiten una flexible configuración con varias topologías posibles (punto a punto, punto a multipunto, repetidora stand alone, etc), admitiendo tanto el modo mixto simple (parte cableada y parte inalámbrica), como el modo mixto dual (puente inalámbrico entre dos o más zonas de bus cableadas).

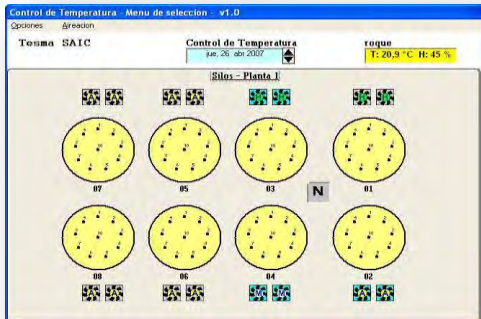
Especificaciones:

- Se trata de módulos que permiten enlazar inalámbricamente una o varias secciones de nuestro Bus CAN.
- Trabajan en la banda pública ISM de 2.4 Ghz utilizando la tecnología FHSS (Frequency Hopping - Spread Spectrum) lo que los hace sumamente robustos y confiables.
- Permiten una transmisión libre de errores mediante exclusivos algoritmos de verificación y resolución de errores con un CRC de 24 bit + ARQ (Automatic Retransmit Request).
- Pueden trabajar con dos protocolos de acceso al canal CSMA (Carrier Sense Multiple Access) o TDMA (Time Division Multiple Access).
- Su modo de direccionamiento, permite comunicaciones punto a punto, o bien punto a multipunto.

Frecuencia de operación	2400 a 2483 MHz
Certificaciones	FCC Part 15.247 y ETS 300.328 Rules
Topología de red	Start Network
Protocolo de red	Dynamically Assigned TDMA
Detección y corrección de errores	24 bit CRC + ARQ
Número de canales	95
Ancho de banda de RF	864 Khz
Potencia de transmisión	10 mW / 63 mW / 250 mW seleccionable
Sensibilidad del receptor	-92 dbm

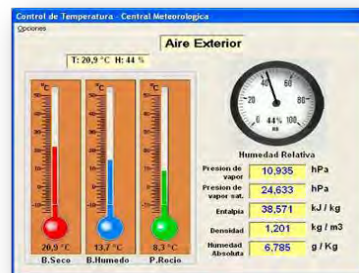


## Control Automático de la Aireación CAA (opcional)



El Control Automático de la Aireación (CAA) se anexa al BUS digital del sistema principal de control de temperatura, y permite automatizar el encendido de los aireadores, para que arranquen sólo en los momentos en que resulte conveniente de acuerdo a las curvas de equilibrio de cada grano.

Para ello, el sistema utiliza la temperatura y humedad del aire exterior obtenidos de la estación meteorológica, la humedad de ingreso del grano ensilado, la humedad deseada, y la temperatura del grano (con los promedios de cada silo obtenidos mediante el sistema de control de temperatura).

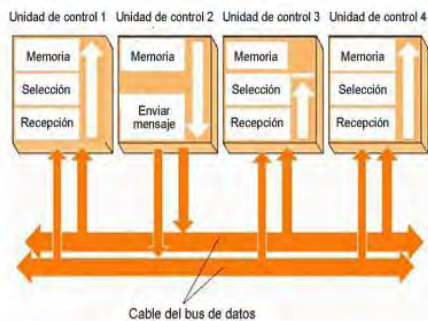


Los módulos de comando AIR8 se encuentran conectados al BUS CAN y son los encargados de comandar los contactores de los motores de los aireadores.

Estos módulos están concebidos para ser montados sobre riel normalizado DIN de modo de permitir su fácil integración dentro de los tableros eléctricos de comando existentes en la planta.



## Características del BUS CAN (Control Area Network)



Las comunicaciones entre los MID y la computadora, se realizan en una topología de red utilizando un BUS de tipo CAN (Control Area Network) que cumple con las especificaciones de la norma CAN 2.0B. El protocolo de comunicación está basado en el protocolo CAN según ISO 11898-1. CAN (Controller Area Network), es un protocolo de comunicaciones basado en una arquitectura de bus para transferencia de mensajes en

ambientes distribuidos. Fue originalmente concebido para aplicaciones en el área automotriz, pero rápidamente despertó una creciente atención en el área de control y automatización industrial.

Entre sus fortalezas, el BUS CAN considera una arquitectura multimaster capaz de proveer características de respuesta en tiempo real y tolerancia a fallas en la recepción de mensajes y mal funcionamiento de los nodos. Además, CAN está estructurado de acuerdo con el modelo OSI en una arquitectura colapsada de dos capas (capa física y capa de enlace de datos).

CAN se utiliza como base para arquitecturas de bus industrial en aplicaciones de tiempo real distribuidas, sistemas de supervisión y control en el ámbito de celdas de producción.

CAN es un protocolo abierto para uso industrial y concebido como un protocolo de alta seguridad, cubriendo los niveles 1,2 y 7 de modelo OSI.

### Protocolo CSMA/CD+CR

Unas de las características que distingue a CAN con respecto a otras normas, es su técnica de acceso al medio denominado como CSMA/CD+CR "Carrier Sense, Multiple Access/Collision Detection + Collision Resolution" (Acceso Múltiple con Detección de Portadora, Detección de Colisión más Resolución de Colisión).

El método de acceso al medio utilizado en bus CAN añade una característica adicional: la Resolución de Colisión. En la técnica CSMA/CD utilizada en redes Ethernet ante colisión de varios "mensajes" de datos, todos se pierden. CAN resuelve la colisión con la supervivencia de uno de los "mensajes" que chocan en el bus, quedando aquel mensaje al que se ha identificado como de mayor prioridad.

CAN fue concebido como un protocolo de alta seguridad. Para ello se han adoptado medidas adecuadas en cada una de las capas de protocolo: en la capa física la disponibilidad de transceptores con capacidad de funcionamiento en condiciones degradadas. Todos los mensajes transmitidos

son reconocidos de forma consistente por los receptores.

Para detección de errores se incluye un código CRC con distancia Hamming 6, la tasa de error no detectado (tasa de error en mensajes) es menor que  $4.7 \cdot 10^{-11}$ .

Cualquier nodo que detecta un error, transmite una trama que señala ese error a los demás nodos. Si el nodo detector es un nodo totalmente activo, el mensaje queda invalidado para toda la red y se retransmitirá lo antes posible. El tiempo de recuperación es de, como máximo, 29 veces el tiempo de bit.

















Se sigue un sofisticado proceso de diagnóstico en los nodos: cuando un nodo acumula errores, pasa inicialmente a una situación de funcionamiento pasivo y, si la degradación continúa, el nodo queda excluido de la comunicación evitando perturbar al resto de nodos de la red.

## Comparativa de métodos de seccionamiento y conexión para termocuplas tipo "T"

### Objetivo:


















Presentar las principales ventajas y desventajas entre distintos elementos electromecánicos de conexión y seccionamiento para termocuplas tipo "T" (cobre-constantan), en las cuales la señal eléctrica de operación es de 0,000040 Volt/°C.

### Métodos de seccionamiento:

	Relay con zócalos	Relay para circuito impreso	Reed Relay	Multiplexor analógico de estado sólido	Reed Switch
					
Resistencia de contacto					
Resistencia AL polvillo					
Resistencia ambiente agresivo ①					
Durabilidad en ambiente hostil					
Resistencia a descargas atmosféricas					
Errores por deriva térmica					
Repetitividad de resistencia de contacto entre piezas similares					
Tiene piezas móviles	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
Facilidad de reemplazo					

1. Vapores químicos, fumigantes y/o ambiente salobre.
2. En corto tiempo se degrada la calidad de contactos y/o de conexión a zócalos.
3. La bobina encapsulada genera calor y provoca deriva térmica de la medición de termocuplas.
4. Dependiendo del dispositivo las resistencias de contacto están entre 80 y 1000 ohm.
5. Se queman con facilidad por descargas externas.
6. Son altamente sensibles a daños por descargas eléctricas externas.
7. La variación típica de resistencia de contacto es del orden del 6% cada 10 °C.
8. La dispersión entre chips similares es del 5%.
9. Tiene solo dos contactos soldados de fácil acceso.

## Métodos de conexión:

	A través de borneras	Soldadas
		
Resistencia de contacto		
Resistencia al polvillo		
Resistencia en ambiente agresivo		
Durabilidad en ambiente hostil		
Resistencia a descargas atmosféricas		
Errores por deriva térmica		
Repetitividad de resistencia de contacto entre piezas similares		
Tiene piezas móviles	SI	NO
Fácil de cambiar		

## Conclusiones:

- ✚ Relay para circuitos impresos y reed relay, a pesar de estar en un encapsulado, tienen en su interior partes electromecánicas móviles, y por lo tanto **NO son de estado sólido**.
- ✚ La única tecnología de **estado sólido** son los multiplexores analógicos de estado sólido, pero que por sus demás características **no son recomendables** en aplicaciones de termometría con termocuplas.
- ✚ Los **reed-switch**, al estar en una ampolla sellada de vidrio con gas inerte, y contactos bañados en metales preciosos, **son los elementos que mayor robustez y ventajas** ofrecen para aplicaciones de termometría.
- ✚ Las conexiones a través de borneras en el mediano/largo plazo comienzan a presentar, sobre todo en ambientes confinados, problemas de falsos contactos. **Esto no ocurre con conexiones soldadas.**

**Dpto. Técnico**  
**TESMA s.a.i.c.**

*TESMA es una marca registrada de TESMA s.a.i.c. Todos los derechos reservados. CopyRight 1972-2010. Prohibida la distribución, copia parcial o total de este documento sin autorización. Este documento debe ser tratado como información confidencial.*



TESMA  
**CAMPO**<sup>®</sup>

# Notas

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

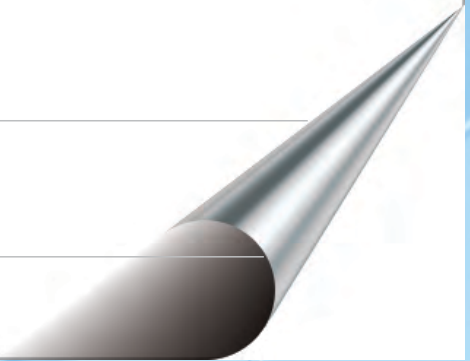
---

---

---

---

---







ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



Empresa Certificada:  
ISO 9001:2008



# TESMA

## *Humedímetros*

TESMA

# CAMPO®

Humedímetro

**TODO TERRENO**, para el  
productor y el contratista.



### Plan Canje

Hasta un **30%**  
de **descuento**  
entregando su viejo  
humedímetro

CONSULTE CON  
SU DISTRIBUIDOR

# PLUS



Para el Laboratorio,  
Planta de Acopio,  
Aceiteras,  
Puertos, etc.  
Con conexión a PC.

Roca 4009 - B1604BZG | Florida O., Bs. As.  
info@tesma.com.ar

**TESMA**  
s.a.i.c.

Tel.: (011) 4761-5551 | Fax: (011) 4761-5557  
www.tesma.com.ar