

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Uso Racional de los Sistemas de Control de Temperatura y Aireación en silos de almacenamiento de granos

En los últimos años, debido a diferentes factores, se fue incrementando considerablemente tanto la cantidad de grano cosechado como la necesidad de almacenarlo por largos períodos con el agregado de la aparición de granos que cada vez distan más de estar en las condiciones ideales para este prolongado almacenaje.

Debido a estas condiciones, se hace cada vez más necesario hacer un correcto uso de toda la tecnología a disposición para evitar riesgos de pérdidas catastróficas debido a algún siniestro grave o, las que se ocasionan por estar distribuidas en varios rubros las cuales si se consideran individualmente no se notan, y no se les da la importancia necesaria. La suma de estas "pequeñas pérdidas" al final de la campaña tiene una incidencia importantísima en el resultado económico de la misma.

Al enumerar algunas de estas pérdidas podemos citar:

- Pérdidas por consumo innecesario de energía.
- Pérdidas por deterioro o mala condición del grano almacenado.
- Faltante de mercadería en kilos por sobresecado del grano producto del mal uso de la aireación.
- Pérdidas por ataque de insectos, hongos o microorganismos no detectados a tiempo.
- Otros.

No todo lo que brilla es oro

En los últimos años, una de las consecuencias del auge económico del agro se relaciona con que empresas que se dedicaban al control electrónico industrial, se lanzaron a adaptar sus equipos para control industrial de procesos (controles de hornos o autoclaves, control de motores, etc.), para poder ingresar, algunas con buenas intenciones, pero sin la experiencia necesaria, y otras, con una total falta de escrúpulos, al mercado de control de cereales.

Lamentablemente no basta con conocer de electrónica sino que, para brindar soluciones eficientes a los productores y acopiadores, es necesaria una sólida experiencia y conocimientos, tanto del comportamiento de los granos, en cada una de sus etapas productivas, como de los ciclos naturales y biológicos que los involucran, climatología de las diferentes zonas en época de cosecha y poscosecha, e incluso de las peculiaridades comerciales que caracterizan a este sector económico.

Así nos encontramos en el mercado con inútiles y costosos equipos que dicen poder controlar eficientemente la aireación con unos pocos parámetros (sólo arrojan como dato si el silo está "Normal" "Húmedo" o "Caliente") y que, en el mejor de los casos, "miden" únicamente las condiciones del aire ambiente y las condiciones del aire a la salida de los aireadores (lo cual, como veremos, no sirve para saber lo que pasa dentro del silo).

A continuación explicaremos por qué no basta sólo con medir las condiciones del aire ambiente y encender o apagar la aireación (ya sea manual o automáticamente), o

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



suponer que se “conoce” lo que pasa dentro del silo midiendo las condiciones del aire que sale de los ventiladores.

Para poder conocer el verdadero estado de nuestro grano ensilado y de este modo poder airearlo racionalmente, hay que tomar en cuenta muchos otros factores y variables.

En este boletín, nos proponemos ofrecer un resumen sencillo que sirva para ayudar a comprender qué es lo que pasa realmente dentro del silo.

Características típicas del grano almacenado

Para comenzar a comprender qué ocurre dentro de un silo, haremos una breve descripción de los comportamientos típicos del grano almacenado.

Principalmente debemos recordar que nuestro grano *tiene vida*. Por consiguiente respira, y libera calor. Cuanto mayor es su temperatura, mayor resulta su nivel respiratorio y por tanto, mayor es la liberación de calor, que a su vez calienta aun más a la masa del cereal almacenado. Otra variable fundamental a tener en cuenta es la humedad del grano. Cuanto mayor es ésta, el ciclo descrito anteriormente se produce de manera más acelerada.

Por otro lado, nuestro cereal no solamente es un alimento fundamental para el hombre y los animales, sino también para los insectos y los microorganismos que destruyen la calidad y cantidad del producto. Los insectos (gorgojos, carcoma, etc.) y los hongos (verdín), también producen calor y, como el ciclo respiratorio de estos insectos o microorganismos es mayor que el del grano, la cantidad de calor específico producido por los mismos es también más elevada.

Tenemos que tener en cuenta que el grano en sí mismo, es un muy mal conductor térmico, (por lo que, entre otras cosas, cuando está ensilado a granel, se calienta y no llega a disipar la propia temperatura que genera al respirar).

Por las características peculiares del negocio, como son la falta de espacio de almacenamiento o la carencia de equipamiento suficiente de prelimpieza y secado, se almacena en un mismo silo, cereal con condiciones muy heterogéneas de temperatura y humedad (parte de él va directamente del camión al silo y parte pasa previamente por secadora, dependiendo de las condiciones climáticas del día del recibo va ingresando mercadería a diferentes temperaturas, etc.).

Debemos tener en cuenta además, que dentro del silo, en el espacio intergranario, tenemos aire. Este aire, toma la misma temperatura y está en perfecto equilibrio higroscópico con el grano que lo rodea. Al tener dentro del silo zonas con granos con temperaturas y humedades heterogéneas, el aire intergranario se va zonificando, y toma temperaturas y humedades relativas también heterogéneas. Este evento produce, debido a las diferencias de densidad de este aire intergranario, circulaciones de aire dentro del silo, que provocan la migración de calor y humedad, desde las zonas más calientes o húmedas, hacia las zonas más frías y secas, con el riesgo de condensación, tanto en los techos, como en la superficie de los granos más fríos, facilitando la proliferación de hongos y microorganismos, que van minando la calidad y salud de nuestros granos.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



La aireación, una herramienta útil, pero con efectos secundarios

La aireación es una importante herramienta para ayudarnos a conservar el grano, con un mínimo de deterioro y por períodos prolongados, siempre y cuando la utilicemos correctamente. Pero, si la utilizamos indiscriminadamente “por las dudas”, o la dejamos encendida cuando las condiciones del aire externo dejan de ser favorables para ese silo en particular, en el momento de sacar el grano, notaremos que nos faltan, en el mejor de los casos, entre 10 y 20 toneladas de grano por cada silo, debido a que lo secamos en demasía y todo esto, sin tomar en cuenta el gasto inútil de energía eléctrica, la que se utilizó para perder peso y dinero

Tengamos presente que en nuestra pampa húmeda, en los meses posteriores a la cosecha, existen únicamente, en promedio, una a dos horas diarias de aire exterior favorable, (por lo general durante la noche) las cuales debemos tratar de aprovechar íntegramente.

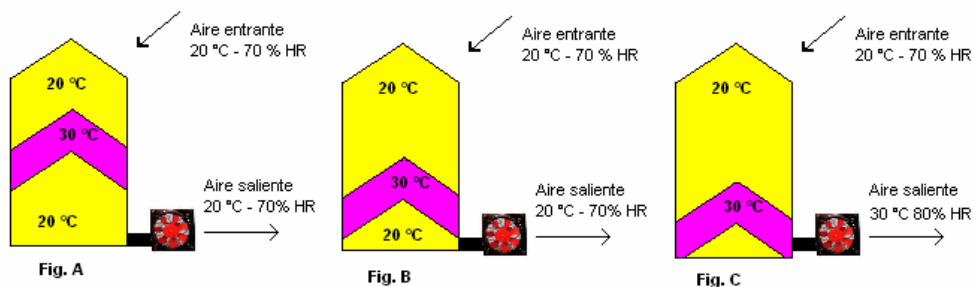
Es un error bastante común el pensar que la aireación “enfría” el cereal, o que podemos conocer como está el grano dentro del silo, simplemente “midiendo” el aire que sale de los aireadores. También es un mito creer que, si el aire exterior tiene más del 80% de humedad, estamos humedeciendo el grano. Por ejemplo, si el aire exterior está más frío que el cereal, por más que tenga una humedad relativa alta, al entrar en contacto con el grano y calentarse, baja dramáticamente su tenor de humedad relativa, por lo que dependiendo de la humedad de equilibrio del aire intergranario, lo más probable es que este aire en realidad esté secando el grano.

Cómo trabaja la aireación dentro del silo

Para una mejor comprensión, veamos qué ocurre realmente dentro del silo cuando usamos la aireación.

Por ejemplo, si tenemos una capa más caliente dentro del cereal y aplicamos aireación, lo que en realidad estamos haciendo es desplazar la zona caliente en el sentido en que circula el aire.

Vamos a explicarlo con un caso sencillo: supongamos que tenemos un silo lleno de Maíz con 20 °C de temperatura y 14,5 % de humedad, y en el medio de este silo, tenemos una zona de una o dos chapas de Maíz a 30 °C de temperatura con 15,5 % de humedad. (Fig. A)



Para simplificar el caso, vamos a situar la temperatura del aire exterior siempre constante a través de los días con 20 °C y 70 % de humedad relativa. Supongamos

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



también que nuestra aireación está extrayendo, es decir, el aire ambiente ingresa por el techo del silo y es forzado a través del cereal para salir por el ventilador inferior.

Si hacemos el cálculo matemático utilizando las ecuaciones de equilibrio higroscópico características para el Maíz, podemos determinar que en la zona de 20° C, el aire intergranario tiene una humedad relativa del 70%, mientras que en la zona de 30° C y tendrá una humedad relativa del 80%. Cuando encendemos la aireación, el aire que entra por arriba a 20° C y 70 % de H. R., pasará a través de la parte superior del grano que también está a 20° C, sin producir intercambio térmico (ni intercambio de humedad, ya que el aire intergranario en equilibrio, también está a 70% de H. R.).

Al llegar a la zona de 30° C, el aire comenzará a tener un intercambio térmico con el grano y enfriará a los primeros centímetros del grano de arriba, al mismo tiempo, el grano calentará al aire (intercambio de calor), o sea que muy pronto el aire tendrá la misma temperatura que el grano (30° C) y recorrerá el resto de esta zona sin ningún efecto de enfriamiento.

Desde el punto de vista de la humedad, debido a que el aire al calentarse de 20° C a 30 ° C, aumentará su capacidad de absorber agua, bajando su humedad relativa hasta el 40% y por ende, comenzará a absorber humedad de los primeros centímetros de grano de esta capa, hasta alcanzar pasados estos primeros centímetros, el 80% de humedad de equilibrio de esta zona del grano, continuando por el resto de esta zona, sin producir ningún intercambio con el cereal.

Al llegar a la zona inferior de esta capa más caliente, y encontrarse con grano a 20° C, el aire (que ahora ya tiene 30° C y 80% de H. R.) cederá su temperatura al cereal, calentando los primeros centímetros del grano de arriba de la parte inferior del silo, y a su vez enfriándose a 20° C. Este aire al enfriarse aumenta rápidamente su humedad relativa, hasta la saturación (llega al punto de rocío a los 26° C), depositando condensación y cediéndole su humedad a los primeros centímetros del grano de arriba de la zona inferior, hasta equilibrarse a 20 °C y 70% de H. R. Posteriormente recorrerá el resto del grano a 20° C sin producir intercambio ni de temperatura ni de humedad con el grano restante y saldrá por el ventilador con 20° C y 70% de humedad relativa (paradójicamente los mismos valores con los que ingresó por la parte superior).

En resumen, lo que vemos es que la zona caliente se desplaza lentamente hacia abajo (Fig. B), hasta que finalmente, luego de varios días de aireación “conseguimos sacar” la temperatura por el aireador (Fig. C).

Si únicamente hubiéramos analizado condiciones del aire que ingresa al silo y del aire que sale por el ventilador, durante varios días (Fig. A y Fig. B) “parecería” que el aire no hubiese estado haciendo ningún trabajo. Recién luego de varios días de aireación, y debido al proceso descrito, el aire comienza a salir más caliente por el ventilador.

En condiciones reales, este proceso es muchísimo más complejo, ya que por lo general, la heterogeneidad del cereal ensilado es mucho mayor y las condiciones del aire que ingresa al silo, están variando permanentemente.

Como el objetivo es poder enfriar y homogeneizar la masa de grano ensilado, sin perder peso por secar de más y, como a medida que la aireación va realizando su trabajo, se van alterando constantemente las condiciones iniciales del grano ensilado y por ello, para poder airear coherentemente, es imprescindible, además de conocer las

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



condiciones atmosféricas, contar con la información permanentemente actualizada de la evolución y migración de las temperaturas dentro del silo. Esto permitirá ir calculando la cantidad de agua “evaporada” del cereal (debido al “trabajo” de la aireación) y determinar para cada momento en particular, cuales son las condiciones que debe tener el aire ambiente, para llevar el grano a lo más cercano posible del ideal que las condiciones climáticas de la zona lo permitan.

Análisis de un caso real

Veamos cómo se ven estos desplazamientos, producto de la aireación en un caso de la vida real, registrado con el Sistema de Control de Temperatura TESMA:

| | 27/06 | 27/06 | 28/06 | 28/06 | 29/06 | 30/06 | 01/07 | 04/07 | 05/07 | 06/07 | 07/07 | 08/07 | 11/07 | 12/07 | 13/07 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 07 | 24 | 21 | 32 | 27 | 30 | 35 | 38 | 22 | 24 | 25 | 25 | 28 | 35 | 33 | 31 |
| 06 | 24 | 22 | 31 | 28 | 30 | 35 | 38 | 22 | 24 | 25 | 24 | 27 | 35 | 33 | 31 |
| 05 | 20 | 21 | 22 | 23 | 26 | 28 | 28 | 30 | 29 | 22 | 18 | 16 | 21 | 23 | 23 |
| 04 | 23 | 23 | 20 | 20 | 22 | 25 | 26 | 29 | 31 | 30 | 28 | 23 | 18 | 21 | 22 |
| 03 | 28 | 29 | 27 | 27 | 28 | 24 | 22 | 26 | 26 | 28 | 30 | 29 | 19 | 17 | 17 |
| 02 | 29 | 30 | 28 | 28 | 30 | 28 | 25 | 23 | 24 | 25 | 27 | 30 | 23 | 20 | 19 |
| 01 | 26 | 27 | 27 | 27 | 29 | 30 | 30 | 28 | 26 | 23 | 22 | 24 | 29 | 28 | 26 |

Aquí estamos viendo las temperaturas del cable 3 de la cabriada 6 de la celda 2, entre el 27 de Junio y el 13 de Julio.

Del análisis de la misma se puede observar lo siguiente:

- El grano almacenado está cubriendo el cable de medición hasta el sensor #5, y pese a que los días 27/6, 28/6, 1/7 y 5/7 los sensores 6 y 7 no aparecen con fondo blanco, se puede observar claramente cómo los niveles 1 a 5 tienden a conservar sus temperaturas a través del tiempo, mientras los dos niveles superiores (5 y 6) van variando conforme a la variación de las temperaturas ambientes.
- Se puede observar un proceso de calentamiento típico del nivel #5 a través del tiempo entre los días 28/6 al 4/7.
- A partir del 4/7 se puede observar el trabajo de la aireación que está haciendo circular aire, que ingresa por la parte superior y es extraído por los ventiladores por la parte inferior.
- Se ve que esta aireación provoca un desplazamiento hacia abajo de la zona caliente, a lo largo de los días, a razón de aproximadamente 2 metros por día, hasta casi sacar este calentamiento a través el aireador el día 13/7.
- Como es lógico, durante este período, estuvo saliendo aire por el aireador a la misma temperatura del grano de la zona inferior, es decir que recién comenzó a salir caliente a partir del día 11/7.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Insuflar o extraer: una discusión sin sentido

Con respecto a si es más conveniente insuflar o extraer aire con el sistema de Aireación, cada posibilidad tiene sus ventajas y sus desventajas.

En el caso de insuflar aire, el problema es que sin una correcta extracción (forzada) en los techos, el aire húmedo y caliente que sale del grano provoca condensación al chocar contra el techo del silo que está más frío. Esa agua, producto de la condensación gotea sobre el grano y puede provocar graves daños, arruinando la capa superior de grano y creando, incluso, una capa impermeable que anula totalmente el funcionamiento de la aireación.

En el caso de extraer aire, el problema es que cuando el cereal está sucio, tiende a tapar los agujeros de la chapa perforada de los caños de la aireación y el aire se canaliza no pasando por todo el cereal.

Lo que nunca se debe hacer es invertir el sentido de la aireación en la mitad de un proceso, ya que lo único que se lograría es hacer “pasear” la capa caliente por dentro del silo sin lograr objetivo alguno (salvo perder kilos).

Control de Temperatura y Aireación (dos herramientas complementarias)

Pretender utilizar la aireación racionalmente, sin conocer en detalle que está pasando con las variaciones y migraciones de temperatura dentro del silo, es como pretender que un cardiólogo pueda realizar diagnósticos eficaces sin la información complementaria que le brinda la tecnología (electrocardiogramas, análisis de laboratorio, etc.).

Los datos del control de temperatura del silo, no sólo sirven para decidir si en determinado momento el aire exterior es apropiado o no para ese cereal en particular, sino que, por ejemplo, nos brinda información de cómo se está desempeñando la aireación en todo momento.

Muchas veces la aireación no está rindiendo como esperamos, ya sea por algún problema operativo (sectores que se tapan por la suciedad, canalizaciones en el cereal, deterioro de algún ducto, etc.), o bien por un problema de diseño (mala distribución de ductos o de la superficie perforada, mal dimensionamiento o distribución de las bocas de ingreso de aire, diseño inapropiado de los ventiladores en función de la presión estática a vencer, etc.).

No basta con encender los motores de la aireación y suponer lo que ocurre dentro del silo, sino que debemos conocer lo que realmente está ocurriendo.

Nada mejor que el de un caso real, registrado por un Control de Temperatura TESMA, para ilustrarnos al respecto.

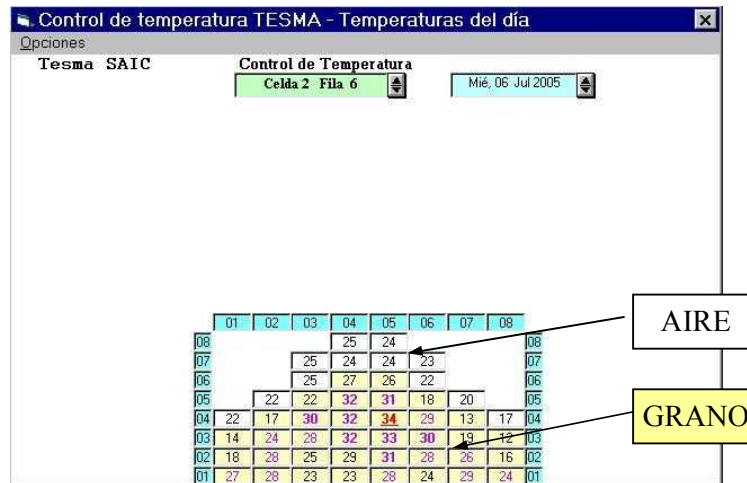
TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)

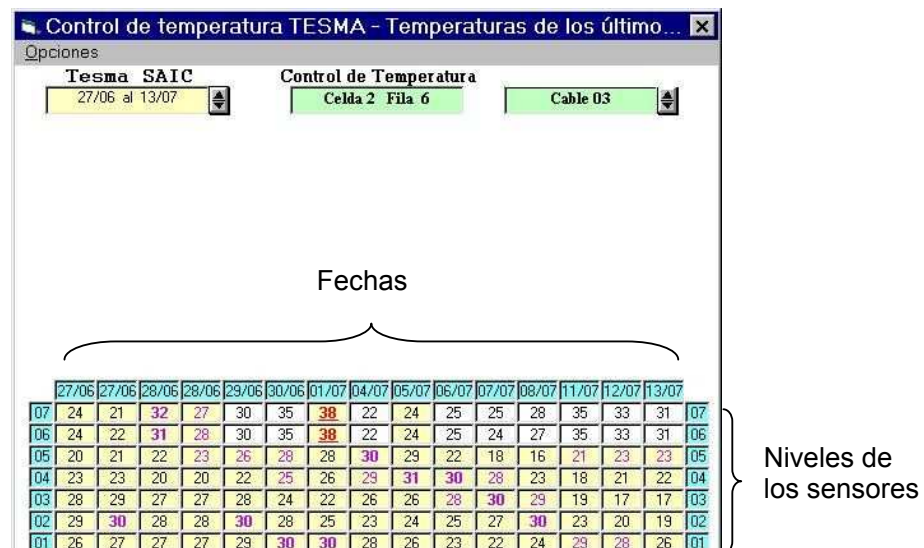


Análisis práctico de un caso real

A continuación podemos ver en un corte transversal las temperaturas de los 48 sensores de temperatura que están colgados en la cabriada 6 de una celda con cereal. En el mismo podemos apreciar el perfil de llenado del grano almacenado, la zona (con fondo amarillo) donde el grano está cubriendo los sensores de temperatura, y la zona (con fondo blanco) donde los sensores de temperatura están al aire.



A continuación veremos la información de las temperaturas de esta misma zona vista en forma de planilla histórica a través del tiempo



Aquí estamos viendo las temperaturas del cable 3 de la cabriada 6 de la celda 2, entre el 27 de Junio y el 13 de Julio.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Del análisis de la misma se puede deducir lo siguiente:

- A partir del 4/7 se observa el trabajo de la aireación que está haciendo circular aire, el que ingresa por la parte superior y es extraído por los ventiladores por la parte inferior.
- Se ve que esta aireación provoca un desplazamiento hacia abajo de la zona caliente, a lo largo de los días, a razón de aproximadamente 2 metros por día, hasta casi sacar este calentamiento por el aireador el día 13/7.

A continuación podemos ver la imagen de las temperaturas históricas del cable 6 de la misma cabriada durante el mismo intervalo de tiempo.

Control de temperatura TESMA - Temperaturas de los último... x

Opciones

Tesma SAIC Control de Temperatura

27/06 al 13/07 Celda 2 Fila 6 Cable 06

| | 27/06 | 27/06 | 28/06 | 28/06 | 29/06 | 30/06 | 01/07 | 04/07 | 05/07 | 06/07 | 07/07 | 08/07 | 11/07 | 12/07 | 13/07 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 07 | 24 | 21 | 30 | 27 | 29 | 34 | 37 | 22 | 23 | 23 | 22 | 26 | 32 | 31 | 29 |
| 06 | 24 | 21 | 30 | 27 | 30 | 34 | 37 | 22 | 23 | 22 | 22 | 26 | 32 | 31 | 28 |
| 05 | 23 | 23 | 24 | 24 | 26 | 29 | 31 | 30 | 27 | 18 | 16 | 15 | 24 | 24 | 21 |
| 04 | 18 | 18 | 19 | 20 | 24 | 27 | 28 | 31 | 30 | 29 | 25 | 19 | 20 | 22 | 23 |
| 03 | 25 | 25 | 23 | 23 | 22 | 22 | 25 | 28 | 29 | 30 | 29 | 27 | 17 | 16 | 18 |
| 02 | 29 | 30 | 28 | 28 | 29 | 27 | 23 | 26 | 27 | 28 | 30 | 30 | 22 | 19 | 19 |
| 01 | 25 | 26 | 26 | 26 | 28 | 30 | 29 | 27 | 26 | 24 | 24 | 25 | 28 | 27 | 27 |

Como el cable #6 está ubicado simétricamente respecto al cable #3 en la misma cabriada, podemos observar en el mismo, como era de esperarse, un comportamiento similar de la evolución de las temperaturas en el grano a través del tiempo.

A continuación veremos la historia de temperaturas en el mismo período, de los cables #4 y #5, que son los cables más cercanos al centro de la cabriada.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Control de temperatura TESMA - Temperaturas de los último... x

Opciones

Tesma SAIC 27/06 al 13/07

Control de Temperatura Celda 2 Fila 6 Cable 04

| | 27/06 | 27/06 | 28/06 | 28/06 | 29/06 | 30/06 | 01/07 | 04/07 | 05/07 | 06/07 | 07/07 | 08/07 | 11/07 | 12/07 | 13/07 | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 08 | 24 | 21 | 31 | 28 | 30 | 36 | 38 | 22 | 24 | 25 | 25 | 28 | 34 | 33 | 31 | 08 |
| 07 | 24 | 21 | 31 | 28 | 30 | 35 | 38 | 22 | 24 | 24 | 24 | 27 | 34 | 32 | 30 | 07 |
| 06 | 26 | 27 | 26 | 27 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 06 |
| 05 | 32 | 32 | 32 | 32 | 34 | 34 | 33 | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 05 |
| 04 | 29 | 30 | 30 | 30 | 33 | 34 | 33 | 34 | 33 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 04 |
| 03 | 27 | 28 | 27 | 28 | 30 | 32 | 33 | 34 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 03 |
| 02 | 26 | 26 | 26 | 27 | 29 | 29 | 29 | 32 | 31 | 29 | 29 | 28 | 26 | 26 | 26 | 02 |
| 01 | 22 | 22 | 22 | 23 | 26 | 27 | 27 | 29 | 27 | 23 | 20 | 18 | 21 | 22 | 22 | 01 |

Control de temperatura TESMA - Temperaturas de los último... x

Opciones

Tesma SAIC 27/06 al 13/07

Control de Temperatura Celda 2 Fila 6 Cable 05

| | 27/06 | 27/06 | 28/06 | 28/06 | 29/06 | 30/06 | 01/07 | 04/07 | 05/07 | 06/07 | 07/07 | 08/07 | 11/07 | 12/07 | 13/07 | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 08 | 24 | 21 | 31 | 28 | 30 | 36 | 38 | 22 | 24 | 24 | 24 | 27 | 34 | 33 | 30 | 08 |
| 07 | 24 | 21 | 31 | 27 | 30 | 35 | 38 | 22 | 24 | 24 | 23 | 26 | 33 | 32 | 30 | 07 |
| 06 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 22 | 22 | 22 | 06 |
| 05 | 32 | 33 | 32 | 32 | 34 | 34 | 33 | 32 | 31 | 31 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 05 |
| 04 | 30 | 31 | 31 | 32 | 34 | 34 | 34 | 35 | 34 | 34 | 33 | 33 | 31 | 31 | 31 | 04 |
| 03 | 27 | 28 | 27 | 28 | 31 | 33 | 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 31 | 30 | 03 |
| 02 | 27 | 28 | 27 | 27 | 30 | 29 | 30 | 33 | 32 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 02 |
| 01 | 20 | 21 | 21 | 21 | 24 | 25 | 26 | 29 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26 | 26 | 25 | 01 |

Del análisis de las mismas se puede observar lo siguiente:

Se ve que en esta zona la aireación tiene un rendimiento muchísimo más bajo ya que el desplazamiento del frente frío es muchísimo más lento en la zona de estos dos cables.

Como este comportamiento se observa en general en toda la celda, y como la presión estática a vencer por el aire en el centro es considerablemente más alta que en los bordes, habría que analizar si la proporción de superficie perforada de la aireación, en el centro respecto de la de los bordes es la adecuada para el tipo de grano almacenado.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Arquitectura de un sistema de Control de Temperatura

Como dijimos anteriormente, debemos recordar que el grano, en sí mismo, es un muy mal conductor térmico, (por esto, entre otras cosas, cuando está ensilado a granel, se calienta ya que no llega a disipar la propia temperatura que genera al respirar).

Dentro del silo, cuando hay una zona más caliente que el resto, provoca que el calor que genera se propague a través del grano de dos formas:

- Por conducción térmica a través del grano:
 - Debido a que el coeficiente de conducción térmica del grano es muy bajo, este tipo de propagación es muy lenta.
- A través del aire intersticial que existe entre grano y grano:
 - Debido a que este aire está a la misma temperatura del grano que lo circunda, provoca corrientes de convección que hacen que el aire intersticial de la zona más caliente tienda a subir y se propague a las zonas aledañas.

Como es imposible conocer la temperatura de **todo** el cereal, se distribuyen sensores con una densidad razonable que permitan detectar a tiempo los problemas de la masa del cereal.

Esta distribución por lo general se hace colocando cables colgando del techo, con sensores de temperatura dentro del cable cada 2 metros, y estos cables se distribuyen dentro del grano en una retícula típica de 5 m x 5 m.

De esta forma, mediante un seguimiento de las temperaturas tomadas por los sensores y un análisis adecuado de las tendencias de estas temperaturas, es posible detectar los problemas que se pudieren generar en el grano y de este modo tomar medidas a tiempo para corregirlos.

Lógicamente es necesario también tomar en cuenta otros factores externos como transile de la masa de cereal, funcionamiento de la aireación, tipo de grano, humedad, limpieza, etc.

Análisis de las temperaturas registradas

Como es obvio, cada uno de los sensores sólo mide la temperatura del grano que tiene inmediatamente al lado (unos pocos centímetros alrededor).

Por esto, tomando como único dato el parámetro aislado del valor absoluto de las temperaturas en cada uno de estos puntos, a lo sumo podemos conocer el estado del 1% del cereal almacenado, desconociendo por completo lo que está ocurriendo con el 99% restante.

Pero afortunadamente, gracias a que estos sensores están ubicados exactamente en la misma posición, podemos ver la evolución de las temperaturas de los mismos a través del tiempo e, inferir qué es lo que está ocurriendo con el 99% restante del grano.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Por ejemplo, si tuviéramos un foco de temperatura de 50° C, de un metro de diámetro (aproximadamente 0,4 toneladas), ubicado entre medio de 4 cables (a más de 2 metros de cualquier sensor), en una zona donde el resto del cereal está a 20° C, en los sensores más cercanos a este foco, lo más probable es que, al principio, midamos temperaturas del orden de los 20° C o muy poco más.

Si esperamos para tomar una acción a que alguno de los sensores marque, por ejemplo, más de 40° C, lo más probable es que hayan ya pasado entre diez y quince días, y para ese entonces, el problema **ya afecte a más de 60 toneladas de grano** con una temperatura en el centro mucho más alta aún, y probablemente con parte de grano dañado, con acidez o con olor.

Analizar las diferencias

Si en cambio se hubieran analizado las diferencias de temperaturas *a través del tiempo*, se podría haber observado que los puntos aledaños al problema se comienzan a calentar lentamente (probablemente 1 o 2 grados por día), con lo cual se puede ver una tendencia que indica un problema, con el suficiente tiempo para tomar medidas correctivas.

Influencia de la aireación

No siempre que tenemos incrementos de temperatura, significa que hay grano con problemas.

Recordemos el ejemplo que vimos más arriba cuando explicamos los desplazamientos de las zonas calientes, en el sentido de circulación del aire forzado de la aireación.

Este proceso se ve como un “calentamiento” de los sensores a medida que la zona caliente se va desplazando hacia el aireador, y, estos incrementos de temperatura no sólo son normales, sino que además nos están asegurando que la aireación está trabajando adecuadamente y estamos controlando el problema.

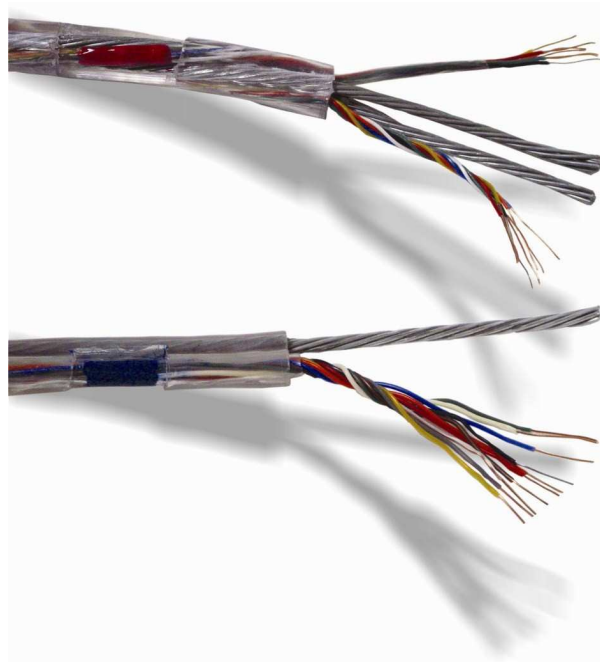
Estos resultados se pueden seguir perfectamente en las planillas de temperatura antes mencionados.

Cables de medición (La piedra fundamental)

Como vimos anteriormente, para poder detectar correctamente la evolución de la temperatura del grano, para lograr actuar a tiempo antes de que un problema potencial se expanda y, por ende, se produzcan pérdidas o deterioro en la calidad del grano almacenado, es necesario contar con una adecuada distribución de sensores dentro de la masa del cereal.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Los sensores están incluidos dentro de cables que cuelgan del techo, siendo la separación entre sensores dentro de cada cable en el sentido vertical de 2 mts, y dentro de las posibilidades de la estructura del techo, se trata que la separación entre cables no supere los 5 metros.

Esto nos da, dependiendo de la geometría particular de cada silo, una densidad aproximada de un punto de medición de temperatura cada 30 o 40 toneladas de grano almacenado.

Como ya lo comentamos anteriormente, cada sensor, solo mide la temperatura del grano que inmediatamente lo rodea (unos pocos centímetros alrededor) y la única manera de conocer lo que pasa con el resto del cereal, es analizando día a día las pequeñas variaciones de temperatura provocadas por las corrientes de convección del aire intergranario de algún foco de temperatura en las cercanías de algún sensor.

Lo barato sale caro

Hay que tener cuidado cuando se comparan presupuestos de diferentes sistemas de control de temperatura, de analizar en cada caso la densidad de cables ofrecida, sobre todo cuando existen inescrupulosas “empresas” en el mercado que ofrecen precios más bajos, aduciendo que colocan menos cables, porque tienen sensores de “mayor sensibilidad o alcance” que por lo que vimos más arriba es físicamente imposible.

Si la separación entre cables es demasiado grande, lamentablemente recién nos daremos cuenta de que tenemos algún problema, cuando ya exista deterioro o pérdida de granos.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



No sólo importa la cantidad, sino también la calidad y duración

El cereal almacenado a granel, al rozar contra los cables de medición de temperatura, tiene una acción abrasiva y además provoca enormes tracciones sobre los mismos que se transmiten indefectiblemente a la estructura del techo.

Para tener idea de la magnitud de estas fuerzas, es que daremos algunos ejemplos de la tracción que puede llegar a ejercer el grano sobre los cables:

- Cable de 9mm Diámetro y 12 mts de longitud = 500 Kg
- Cable de 10,5 Diámetro y 24 mts de longitud = 1200 Kg
- Cable de 12,5 Diámetro y 36 mts de longitud = 2800 Kg

Es de importancia recordar que estas tracciones aumentan significativamente si la superficie del cable no es perfectamente pulida (o está desgastada por el rozamiento) o bien se aumenta el diámetro exterior del cable.

Frente a estas tracciones se vuelve muy crítico, como veremos, el correcto diseño del cable y la calidad de los materiales componentes del mismo.

Comenzaremos viendo cómo se van transmitiendo estos esfuerzos entre los diferentes elementos.

El cereal está en contacto directo y por lo tanto tracciona sobre la capa plástica exterior protectora del cable. Es importantísimo que esta capa sea perfectamente pulida, ya que cuanto más rugosidad tenga, mayor será el coeficiente de rozamiento y por lo tanto mayor la tracción final.

Para que la capa plástica protectora, se mantenga pulida a través de los ciclos de carga y descarga, el material de la misma debe ser lo suficientemente duro como para soportar la abrasión del cereal durante la carga y descarga del silo (recordemos como el cereal se “come” los caños metálicos de la descarga) y, simultáneamente debe ser lo suficientemente flexible como para no partirse ni rajarse por el manipuleo del mismo a bajas temperaturas.

La función de esta capa exterior no es solamente la de proteger a los conductores eléctricos del cable sino que, al mismo tiempo, es la encargada de que el esfuerzo mecánico de la tracción del cereal, sea transmitido a las cuerdas de acero, encargadas de soportar estas enormes tracciones. Por ello es fundamental que la adherencia entre la capa plástica exterior y la o las cuerdas de acero, sea tal que impida cualquier tipo de “patinamiento” entre ambos.

Es fundamental para lograr esta adherencia, contar con maquinaria y procesos adecuados para la fabricación de este tipo de cables, ya que son críticas tanto la preparación previa de las cuerdas de acero, como la exacta temperatura y presión durante el proceso de extrudado.

Pese a esto, a medida que aumenta la altura de los silos, y por ende aumenta la tracción del cereal sobre el cable, no alcanza simplemente con aumentar la resistencia de la cuerda de acero, debido a que la adherencia entre la capa plástica exterior y una única cuerda de acero central ya no es suficiente, observándose que en el momento de la descarga del silo, la parte plástica comienza a patinar, girando en derredor de las

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



estrías de la cuerda de acero, dañando irreversiblemente el cable, cuya capa plástica queda arrugada en la parte inferior del mismo.

Para “resolver” este problema, y evitar que la capa plástica patine y gire alrededor de una única cuerda de acero, algunas empresas están ofreciendo cables con dos cuerdas de acero paralelas a ambos costados de los conductores eléctricos formando un cable de sección ovoide.

Si bien evitan el problema del patinamiento, aparecen dos nuevos problemas con este tipo de cable:

1. Aumenta notoriamente el perímetro exterior, con lo cual aumenta la superficie en contacto con el cereal y por ende aumenta dramáticamente la tracción de los cables sobre el techo del silo.
2. Debido a las diferencias de tensión mecánicas entre ambas cuerdas de acero, este tipo de cable tiende a enroscarse sobre si mismo formando un tirabuzón, que aumenta más aún el rozamiento con el grano y por lo tanto la tracción sobre los techos.

TESMA s.a.i.c., hace mas de 30 años que ha resuelto estos “problemas”, fabricando sus cables de medición, realizando el cableado del conjunto, trenzando dos o más cuerdas de acero junto con los conductores eléctricos, evitando el giro y patinamiento de la capa plástica exterior debido a la **doble traba mecánica** que ofrece la torsión del núcleo de acero a dos pasos diferentes (el paso propio de la cuerda de acero más el paso del trenzado entre diferentes cuerdas de acero).

Luego de este cableado, se procede al extrudado del conjunto a alta presión para que el material plástico penetre profundamente en los canales tanto de las estrías de cada cuerda, como en los espacios del trenzado de las cuerdas, logrando un conjunto homogéneo, de sección circular, doblemente trabada y libre de tensiones mecánicas.

Asimismo este tipo de cableado permite lograr el mejor factor de acomodamiento entre las cuerdas de acero y los conductores eléctricos, logrando de este modo el mínimo diámetro exterior posible, que permite ofrecer la menor superficie posible de contacto con el cereal y por lo tanto la mínima tracción sobre los techos del silo (nuestros cables de dos cuerdas de acero tienen un diámetro exterior de 10,5mm. y los de cuatro cuerdas de acero un diámetro exterior de 12,5mm.).

Debido al alto costo y a las dimensiones de la maquinaria necesaria para realizar este proceso de cableado, trenzando cuerdas de acero de alta resistencia junto con los conductores eléctricos, TESMA s.a.i.c. es la única empresa que en la actualidad fabrica este tipo de cables de termocuplas para silos de cereales.

Conclusiones

- El control de temperatura es sólo una herramienta de diagnóstico, y **únicamente mediante un adecuado análisis de los valores obtenidos**, incorporando al mismo la incidencia de todos los otros factores, se podrá determinar la condición del grano almacenado.
- Alarmas:

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



De nada sirve un sistema que simplemente de aviso al superar algún valor de temperatura definida como máxima. A menos que el foco de temperatura esté exactamente al lado de un sensor, este aviso siempre llegará tarde. Tampoco sirve un sistema automático que de aviso por los incrementos sin un análisis que incorpore el contexto, ya que, como vimos por ejemplo, en el caso del avance del frente de aireación puede ser perfectamente una condición normal.

- Intervalos entre lecturas

Los valores absolutos de temperatura, fuera del contexto temporal, no son un elemento adecuado para analizar el estado del grano. De nada sirve monitorear a cada rato la temperatura de los sensores, ya que las variaciones que se esperan ver, de acuerdo al comportamiento típico del grano almacenado, son del orden de uno o dos grados por día.

- Necesidad de control a lo largo del tiempo

De nada sirve un control de temperatura del grano, si no se almacena y analiza la evolución de las temperaturas de cada uno de los puntos día a día, a través de por lo menos 10 días.

- Aireación:

Es técnicamente imposible, conocer el estado del grano y por lo tanto airear racionalmente, sin contar con la información de un control de temperatura del grano almacenado.

La información del estado del aire que sale de los ventiladores es un dato inservible, tanto para decidir cuándo airear como para conocer el estado del grano.

La aireación innecesaria o insuficiente provoca pérdida de peso y pesos (\$\$\$). Mientras está encendida la aireación, se está modificando constantemente la condición del grano y, ante la imposibilidad de medir la humedad de grano, en forma continua, se hace necesario estimar, mediante complejos cálculos, función de varias variables, cuánta agua está agregando o quitando el aire que pasa a través del grano.

Nunca debe revertirse el sentido de circulación del aire dentro del silo (dar vuelta el ventilador) durante el enfriamiento. Caso contrario, si realizamos esta inversión cuando tenemos, por ejemplo el medio silo superior frío y la otra mitad caliente, después de una cantidad de horas de aireación, pasaremos a tener la mitad inferior fría y la superior caliente (con la consecuente pérdida de peso, consumo Kwh., etc., sin beneficio alguno).

Usando los sistemas de temperatura y aireación racionalmente, obtendremos óptimos resultados en la conservación del grano y los máximos rendimientos económicos en su comercialización.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Que tiene TESMA para ofrecer

El control de temperatura en grano ensilado, es una tarea compleja que involucra el análisis de las tendencias a través de varios días de miles o a veces decenas de miles de sensores de temperatura, distribuidos dentro de la masa del cereal, donde cada uno de ellos tiene la misma importancia relativa que todos los demás.

Para el adecuado diagnóstico del estado real del grano no es apropiado el simple análisis o monitoreo del valor absoluto de la temperatura en tiempo real, con disparos de alarmas al alcanzar un determinado valor sino, por el contrario, hay que realizar un profundo análisis sensor por sensor, de la evolución y tendencias de estas temperaturas a través de varios días.

Es en este punto donde resultan totalmente ineficaces los tradicionales sistemas de control industrial cuando se adaptan para ser utilizados en control de cereal almacenado, ya que no fueron diseñados originalmente para manejar decenas de miles de variables analógicas y mucho menos para hacer un análisis dinámico de la evolución de cada una de estas variables a través de varios días.

Por este motivo TESMA s.a.i.c., con sus más de 35 años de experiencia específica en el control de grano almacenado y más de 30 millones de toneladas de grano controladas, campaña tras campaña, con sus sistemas tanto en Argentina como en otras partes del mundo, ha desarrollado herramientas específicas para esta tarea, que simplifican la tarea del operador.

Nuestros sistemas permiten, gracias a nuestro exclusivo análisis (el que es realizado en background sin intervención del operador) punto por punto de las tendencias a través de varios días de cada uno de los sensores, generar pantallas, con información suficiente, las permiten identificar en una única pantalla, de una vista general en planta, de entre miles de puntos, cuales son aquellas zonas que tienen uno o más puntos con alguna evolución sospechosa y donde es necesario prestar especial atención. A partir de allí se puede acceder rápidamente a una vista en corte de la zona en cuestión, para luego rápidamente acceder a las tendencias a través del tiempo de algún sensor o conjunto de sensores.

En todas las pantallas, mediante la utilización de colores, se guía la vista del operador, para ayudarlo rápidamente a encontrar las zonas de interés.

De este modo nuestros resúmenes permiten llegar rápidamente desde lo general a lo particular, optimizando el tiempo que demora el operador en encontrar las zonas con problemas, permitiendo que cualquier condición peligrosa o crítica sea identificada con la suficiente antelación, evitando de este modo que alguna sea pasada por alto con las costosas pérdidas por deterioro del grano que esto puede ocasionar.

Del mismo modo, y utilizando la misma tecnología, gracias a nuestro sistema modular en red, simplemente agregando al sistema de control de temperatura con tecnología **MID** (que ya tiene integrada en la misma red toda la información histórica de la evolución de la temperatura de todos los sensores que están dentro de los silos) un módulo de central meteorológica **MCM** y los módulos de accionamiento de ventiladores **CAA** que fueran necesarios, podemos decidir cuando las condiciones del aire exterior son las apropiadas para el grano que en ese momento está almacenado

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



en cada uno de los silos, y en consecuencia encender o apagar la aireación en forma automatizada, sin intervención del operador.

Arquitectura del sistema de Control y Automatización TESMA

Se compone de uno o varios Módulos de Inteligencia Distribuida (MID) ubicadas estratégicamente en diferentes puntos de la planta de silos, una estación meteorológica (opcional), uno o varios módulos inteligentes de accionamiento de aireadores (CAA) (opcional) y una computadora central. Estos elementos están interconectadas entre si mediante un BUS CAN 2.0B (Control Área Network) en una arquitectura de red.

Esta interconexión se realiza por medio de un simple par trenzado de cables para datos, requiriendo además los módulos para su funcionamiento una alimentación de baja tensión de 24 Volt.

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).

Módulos para el control de la temperatura

Módulos MID

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 módulo cuenta con una dirección física y una dirección lógica asignada por la computadora central cuando la misma se identifica por primera vez dentro de la red.

Esto permite la fácil intercambiabilidad de módulos, ya que toda la información particular de configuración y la topología de sensores que le corresponde controlar a cada una, es enviada a través del Bus CAN por la computadora central al momento de identificarse en la red.

Una vez configurada, cada MID tiene capacidad autónoma de medir todos los sensores asignados de su entorno, y almacenar la información recolectada en su propia memoria no volátil de 1.000.000 de ciclos de escritura.

Características de los MID

Son unidades inteligentes y autónomas de medición, con una capacidad de control y almacenamiento, cada una, de hasta 512 sensores de termocuplas tipo T.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Cada MID está interconectado a la red mediante un Bus CAN 2.0B, y puede comandar una o varias Unidades de Multiplexado (UM)

Está compuesto de 3 módulos de montaje normalizado para riel DIN, enchufables, interconectados entre sí mediante un bus de datos digital de 2 hilos, en un gabinete bajo normas IP54 o IP67 (opcional)

Estos módulos son:

- CPU
- D&R (Drivers & Retornos)
- STC (Selector de Termocuplas)



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 y mantenimiento en forma local.

Cuenta con un poderoso procesador de 40 MIPS, con 32k/64k de memoria Enhanced Flash ROM que permite hacer actualizaciones de firmware en el futuro, para incorporar posibles nuevas prestaciones.

Tiene una dirección física en la red, y sus características particulares de funcionamiento son programadas a través de la red por la computadora central cuando se identifica en el sistema, con su dirección física. Esto permite una total intercambiabilidad de estos módulos, pese a que realizan tareas diferentes de acuerdo a la topología de la zona asignada para controlar.

Dentro de la CPU está integrada la unidad de potencia encargada de proveer a cada uno los módulos de las alimentaciones reguladas para su funcionamiento, y de aislar galvánicamente al MID del Bus CAN general para proveer mayor robustez al sistema frente a posibles sobretensiones o pérdidas infligidas a la línea general (tanto de datos como de alimentación).

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



D&R (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 un microprocesador propio, encargado de supervisar su funcionamiento, que se comunica con la CPU mediante una línea digital de 2 hilos.

STC (Selector Termocuplas)

Es la unidad encargada de demultiplexar, acondicionar, linealizar, procesar y digitalizar las señales analógicas provenientes de las UM.

Cuenta con un microprocesador propio, encargado de supervisar su funcionamiento, que se comunica con la CPU mediante una línea digital de 2 hilos.

Además este módulo tiene:

- Conversor análogo / digital de 10 bits que permite una resolución de 0,1° C
- Compensación de junta fría digital.
- 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.

Esta es una tarea crítica debido a las características del entorno:

- Las termocuplas tipo T entregan un bajísimo nivel de tensión (aproximadamente 40 millonésimas partes de un Volt por cada grado centígrado).
- El ambiente donde están instaladas es de alto contenido de polvo y de agentes químicos agresivos.
- El sistema debe ser confiable y durable.
- 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, seguimos utilizando para esta tarea interceptores sellados de vidrio, con sus contactos bañados en Rhodio, bajo atmósfera de gas inerte tipo Reed-Switch.

Estos elementos nos garantizan una resistencia de contacto inferior a los 100 miliohms, una resistencia de aislación superior a los 10.000 MegaOhm y una vida útil superior a las 100 millones de operaciones.

Por el lugar donde están colocadas, las UM están 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

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Todos los cables de medición van conectados a las UM, que son las encargadas, conforme a los comandos recibidos desde el MID, de seleccionar y multiplexar las señales de cada cable de medición, para entregar esta información al STC del MID.

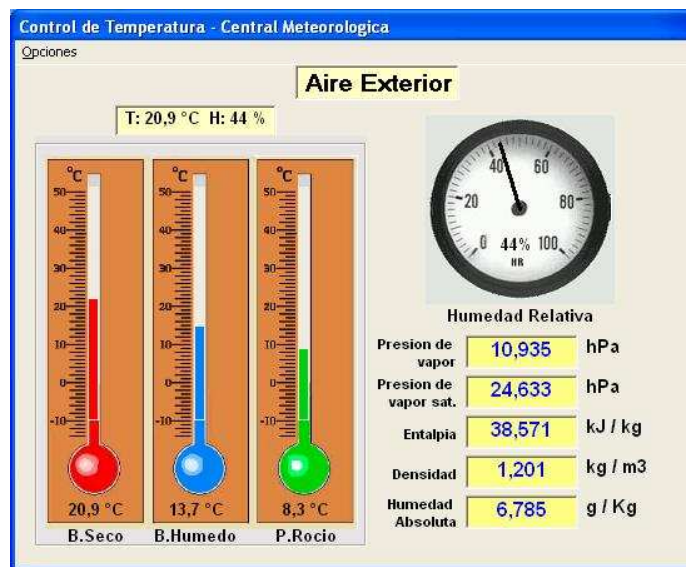
Módulos para el control de aireación

Módulo de Central Meteorológica (MCM)

Es el encargado de medir y monitorear permanentemente las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire ambiente y transferir los datos obtenidos a los demás componentes de la red a la que está conectado mediante un BUS CAN 2.0B (Control Área Network).

Cuenta con un poderoso procesador de 40 MIPS, con 32k/64k de memoria Enhanced Flash ROM que permite hacer actualizaciones de firmware en el futuro, para incorporar posibles nuevas prestaciones.

Tiene una dirección física en la red, y sus características particulares de funcionamiento son programadas a través de la red por la computadora central cuando se identifica en el sistema, con su dirección física.



Módulos de Control Automático de la Aireación (CAA)

Son los encargados de accionar los contactores de los motores de aireación.

Están conectados a la red mediante un BUS CAN 2.0B (Control Área Network) y cuentan con aislación galvánica del Bus CAN general para proveer mayor robustez al sistema frente a posibles sobretensiones o pérdidas infligidas a la línea general (tanto de datos como de alimentación).

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Cuentan con un display alfanumérico y un teclado que permiten a un operador realizar tareas de verificación y mantenimiento en forma local.

Cuentan con un poderoso procesador de 40 MIPS, con 32k/64k de memoria Enhanced Flash ROM que permite hacer actualizaciones de firmware en el futuro, para incorporar posibles nuevas prestaciones.

Tiene una dirección física en la red, y sus características particulares de funcionamiento son programadas a través de la red por la computadora central cuando se identifica en el sistema, con su dirección física.

Esto permite una total intercambiabilidad de estos módulos, pese a que realizan tareas diferentes de acuerdo a la topología de los motores que le toque controlar.

Cada uno de estos módulos puede manejar hasta 8 salidas de contactores. Los arranques de motores se realizan en forma coordinada a través de la red, estableciendo pausas programables entre arranques sucesivos de diferentes motores, de modo de evitar sobrecargar el sistema eléctrico.



Control de consumo

Por razones de racionalización energética, el sistema permite configurar por software que los aireadores arranquen únicamente en ciertas bandas horarias configurables. Asimismo, permite programar al usuario potencias máximas admisibles, para evitar sobrepasar el límite asignado o acordado con la prestataria del servicio eléctrico.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Límites de potencia de Aireacion

Opciones



Prioridades de uso de potencia

- Silo 03 - 20 Hp
- Silo 04 - 20 Hp
- Silo 01 - 20 Hp
- Silo 02 - 20 Hp
- Silo 05 - 20 Hp
- Silo 06 - 20 Hp
- Silo 07 - 20 Hp
- Silo 08 - 20 Hp

Sin Restriccion

| | |
|---------------|-----|
| Pot. Max (Kw) | 50 |
| Pot. Max (Kw) | 75 |
| Pot. Max (Kw) | 100 |

Programa HP Total Graba Hp

L a V 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Sab. 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Dom. 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Cancelar Aceptar

También estos módulos verifican que efectivamente el contactor comandado haya accionado, mediante nuestro exclusivo sistema de lazo cerrado, utilizando un contacto auxiliar del contactor como información de retorno del mismo.

Esta verificación del retorno es muy importante por los siguientes motivos:

- Evita la sobrecarga en el caso de la reposición de la energía, luego de un corte parcial a algún tablero eléctrico.
- Evita el arranque incontrolado de un motor al reponer algún relevo térmico que se haya activado.
- Informa de los ventiladores realmente accionados a la computadora central, única manera de poder calcular el verdadero trabajo que está realizando la aireación sobre el grano y de este modo poder estimar correctamente la humedad del cereal.
- Da avisos mediante alarmas de contactores que no accionan.

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Computadora Central

En la misma 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 CAN con todos los nodos cableados, inalámbricos, mixtos simples y duales (tramo cableado que se accede a través de un vínculo inalámbrico).
- Se realiza el monitoreo, verificación y programación de todas los módulos 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), 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 a los módulos CAA (Control Automático de Aireación) para encender o apagar los aireadores correspondientes cuando las condiciones ambientales son favorables para airear ese grano.
- Dado que cuando está encendida la aireación, se está modificando constantemente la condición de humedad del grano ensilado, y ante la imposibilidad técnico/ económica de medir las humedades del grano en forma continua dentro del silo, **se torna imprescindible calcular constantemente cuánta agua le está agregando o quitando el aire forzado al grano en cada momento**, para así poder estimar la humedad a la que va tendiendo el grano para que, de este modo, se puedan reajustar los parámetros de encendido de aireadores. Por ello se van realizando minuto a minuto, complejos cálculos con los datos que provienen tanto de los MID del control de temperatura, como de la central meteorológica, incluyendo tanto las curvas de equilibrio higroscópico típicas para cada tipo de cereal, como la temperatura, la humedad relativa, la humedad absoluta, la presión de vapor, la temperatura del punto de rocío, la entalpía (la **Entalpía** es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno), tanto para el aire exterior como del aire intergranario, correlacionando los valores obtenidos con el caudal de la aireación para ese tipo de grano en particular.
- 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.



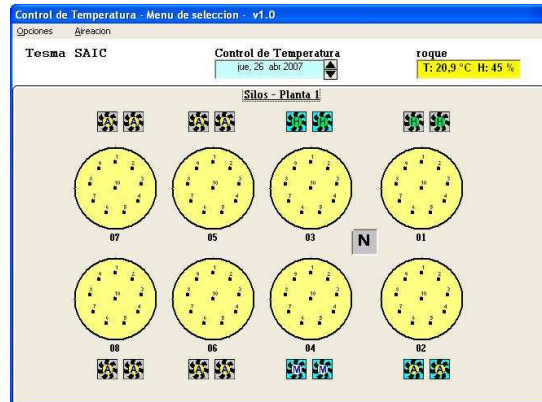
TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Opciones disponibles para el operador

- El operador tiene acceso a varias pantallas diseñadas específicamente de acuerdo a cada planta de silos, que le permiten poder encontrar rápidamente, yendo de lo general a lo particular, cuales 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.



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 por medio de colores claramente los puntos con evolución sospechosa o crítica, con posibilidad de navegar tanto en el espacio, para analizar secciones contiguas, o 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 como se manejan las alertas administrativas, período de medición de los MID, 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..

TESMA s.a.i.c.

Santa Rosa 3803 (esq. Perú)
B1604BWE - Florida (Bs. As.)



Acceso a la información a través de la red LAN o Internet (opcional)

Se pueden proveer programas "Cliente" para ser instalados en otras computadoras locales o remotas, (que tengan conectividad con la computadora principal), para que desde aquellas se pueda tener acceso a las mismas vistas que se pueden ver en la computadora principal.

Conectividad con otros sistemas a través de la red LAN

Se pueden desarrollar a pedido vínculos con sistemas SCADA a través de la red LAN utilizando tanto tecnología DDE como tecnología OLE.