



Diseño y desarrollo de un controlador económico para la aireación de los granos almacenados.

Ricardo Bartosik, Diego de la Torre, Leandro Cardoso y Juan Rodríguez.

INTA PRECOP: Eficiencia de Poscosecha.

EEA INTA Balcarce

Contacto: 02266-439100 rbartosik@balcarce.inta.gov.ar

El INTA, a través del proyecto INTA-PRECOP: Eficiencia de Poscosecha, diseñó y desarrolló un controlador de aireación especialmente orientado a silos chacras. El objetivo de este desarrollo fue brindar al sector de manejo de granos un controlador de aireación simple, de bajo costo, robusto y eficiente para controlar la temperatura de los granos durante el almacenamiento. La oferta en el mercado local de controladores de aireación estaba básicamente orientada a equipos muy sofisticados y de alto costo, lo cual impedía su incorporación en estructuras de acopios pequeñas y medianas.

El controlador consta de las siguientes partes:

- 1 gabinete para protección de los componentes de las inclemencias climáticas
- 1 llave selectora Manual-Automático
- 1 termostato (de los que se utilizan para controlar la calefacción de una casa)
- 1 temporizador (opcional)
- 1 cuenta horas
- 1 contactor

Todos estos componentes se pueden conseguir en una casa de electricidad de cualquier ciudad, por un costo muy accesible.

Las principales características de esta forma de control son las siguientes:

- Se lo utiliza cuando se requiere enfriar los granos que ya están acondicionados (humedad de recibo) para un largo período de almacenamiento.
- Permite capturar todas las horas disponibles con buena calidad de aire para enfriado, independientemente de la hora del día y de la fecha (fin de semana, feriado, etc), por lo que resulta muy eficiente.
- Ventajas:
 - Eficiente
 - Sencillo de operar
 - Muy económico
 - Menos horas de funcionamiento del ventilador
 - Ahorra energía (reduce costos)
 - Reduce las probabilidades de sobresecado (mermas por humedad)
 - Reduce la posibilidad de desarrollo de insectos
 - Mejora la calidad del grano
- Desventajas:
 - Se debe tener un conocimiento de las condiciones climáticas del lugar para no programar límites de funcionamiento demasiado bajos que resulten en muy pocas horas de funcionamiento del ventilador. En general el ventilador debería funcionar entre 30 a 40% de las horas.
 - Este controlador no es útil para acondicionar por humedad.

Este artículo tiene la intención de despertar el interés por controladores automáticos de aireación y es una guía para aquellas personas que quieran construir uno a muy bajo costo. Sin embargo, si el interesado no desea construir el controlador, algunas empresas han tomado este diseño del INTA y construyeron controladores que se pueden adquirir por \$3000 aproximadamente.

Como Funciona

La llave selectora Manual-Automático permite seleccionar entre dos modalidades de operación: manual y automático. Cuando se selecciona la opción “manual”, entonces el encendido y apagado del ventilador se realiza de manera manual, a través de la llave de control de encendido del ventilador. Es importante contar siempre con la posibilidad de encender el ventilador de manera manual para resolver cualquier contingencia, como por ejemplo si se detecta el desarrollo de un foco de calentamiento (requiere aireación continua para su control), hasta el caso eventual que se descalibre el termostato.

Cuando se selecciona la opción automático, entonces el controlador, a través del termostato y los demás componentes, deciden el encendido y apagado del ventilador.

Se programa el termostato a una determinada temperatura límite de encendido del ventilador, por ejemplo 17°C. En este caso, el controlador encenderá el ventilador cada vez que la temperatura ambiente se encuentre por debajo de los 17°C, y lo apagará cada vez que la temperatura ambiente se encuentre por encima de los 17°C. La figura 1 muestra la lógica de funcionamiento del controlador. Normalmente la temperatura del aire ambiente tiene un mínimo en la madrugada y un máximo cerca del mediodía. El controlador va seleccionando automáticamente todas las horas con temperaturas por debajo del valor programado.

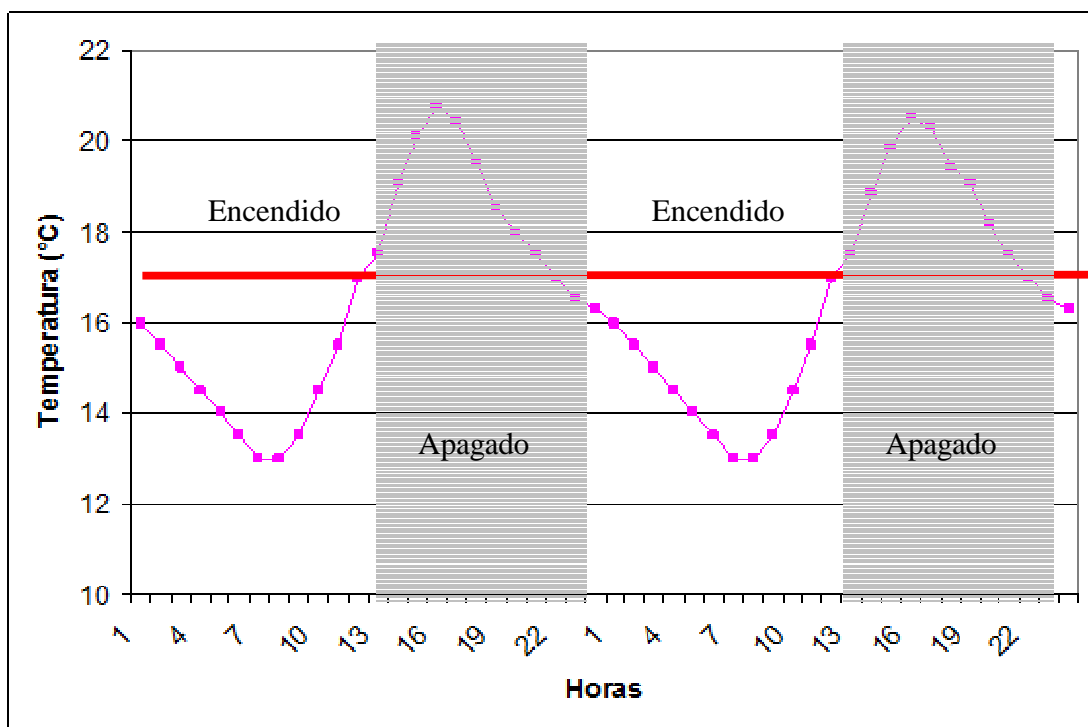


Figura 1. Variación de la temperatura del aire ambiente durante dos días, temperatura límite de funcionamiento del controlador (17°C) y períodos de tiempo de ventilador encendido y apagado.

La temperatura límite debe programarse de acuerdo a la localidad y la época del año (ver tabla 1 para recomendaciones de temperaturas de funcionamiento). Si se programa un límite demasiado bajo, por ejemplo 10°C en enero para la localidad de Roque Saenz Peña (Chaco), el ventilador no

funcionará nunca, ya que difícilmente ocurran temperaturas por debajo de 10°C durante el verano en dicha localidad.

El temporizador, dispositivo opcional, permite bloquear una determinada banda horaria. Esto permite reducir costos de funcionamiento, ya que evita que se encienda el ventilador en la hora de mayor costo de la electricidad (ej: 18 a 23hs).

El cuenta horas permite llevar un control de las horas de funcionamiento del ventilador. Esto permite, por un lado estimar los costos derivados de la aireación, y por otro estimar el tiempo demandado para completar el enfriamiento del silo. Por ejemplo, si el caudal de aire es el típico de una aireación de mantenimiento (0,1 m³/min/t), entonces el tiempo estimado en completar un ciclo de aireación será de 170 hs aproximadamente. Al poner el cuenta horas en cero al comienzo del ciclo de aireación, se puede tener una estimación del tiempo restante para completar el ciclo de aireación. A su vez, si observamos que el cuenta horas no avanza, indica que quizás el límite de funcionamiento del controlador se fijó a un valor demasiado bajo.

La figura 2 muestra la secuencia de la lógica de la toma de decisiones del controlador automático de aireación.

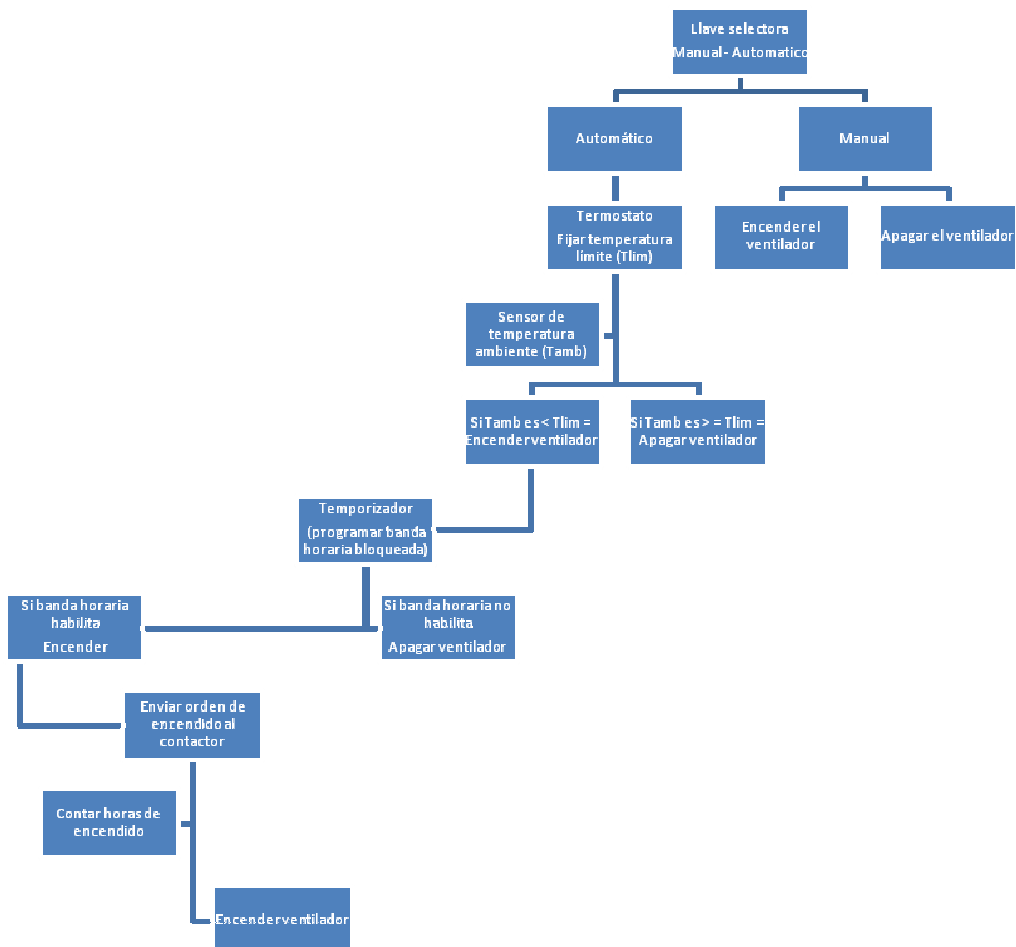


Figura 2. Diagrama de secuencia de decisiones del controlador automático de aireación.

Construcción del Controlador

Este controlador es muy sencillo y puede construirse con materiales disponibles en cualquier casa de electricidad. La figura 3 muestra el controlador con los diferentes componentes.

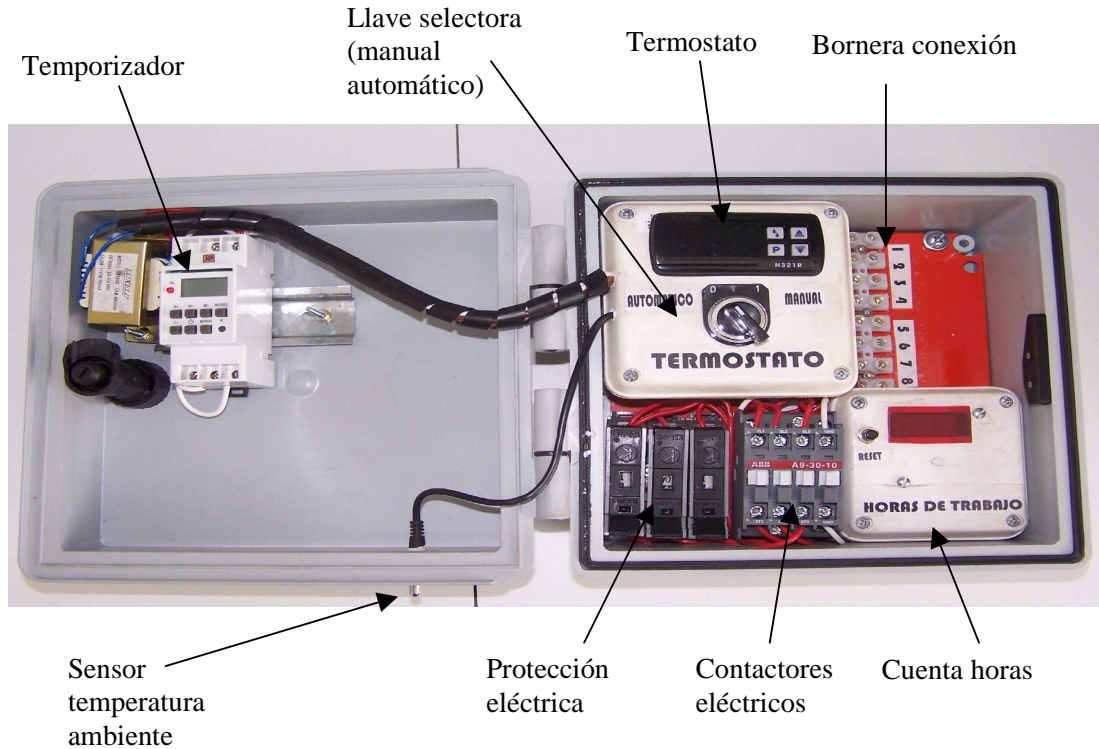


Figura 3. Controlador de aireación con el detalle de sus componentes.

El gabinete a utilizar debe reunir algunos requisitos. Como probablemente el controlador se instale a la intemperie, el gabinete debe ser de buena calidad, con tratamiento de protección UV e impermeable al agua. Otro aspecto importante a considerar es su tamaño, ya que debe permitir alojar todos los componentes y realizar las conexiones del circuito eléctrico con facilidad (figura 4).



Figura 4. Imagen del controlador de aireación cerrado, donde se aprecia el detalle del tipo de gabinete utilizado.

El controlador se debe ubicar entre la llave que comanda el ventilador (comando original del ventilador) y el ventilador, tal como lo muestra la figura 5 (para ventiladores de baja potencia). Si el

ventilador es de gran potencia, asegurarse que el contactor del controlador es el adecuado para la potencia del ventilador. Otra posibilidad es que el controlador accione el contactor original del ventilador. Para saber la capacidad de los contactores respecto de la potencia del ventilador consulte a su electricista.

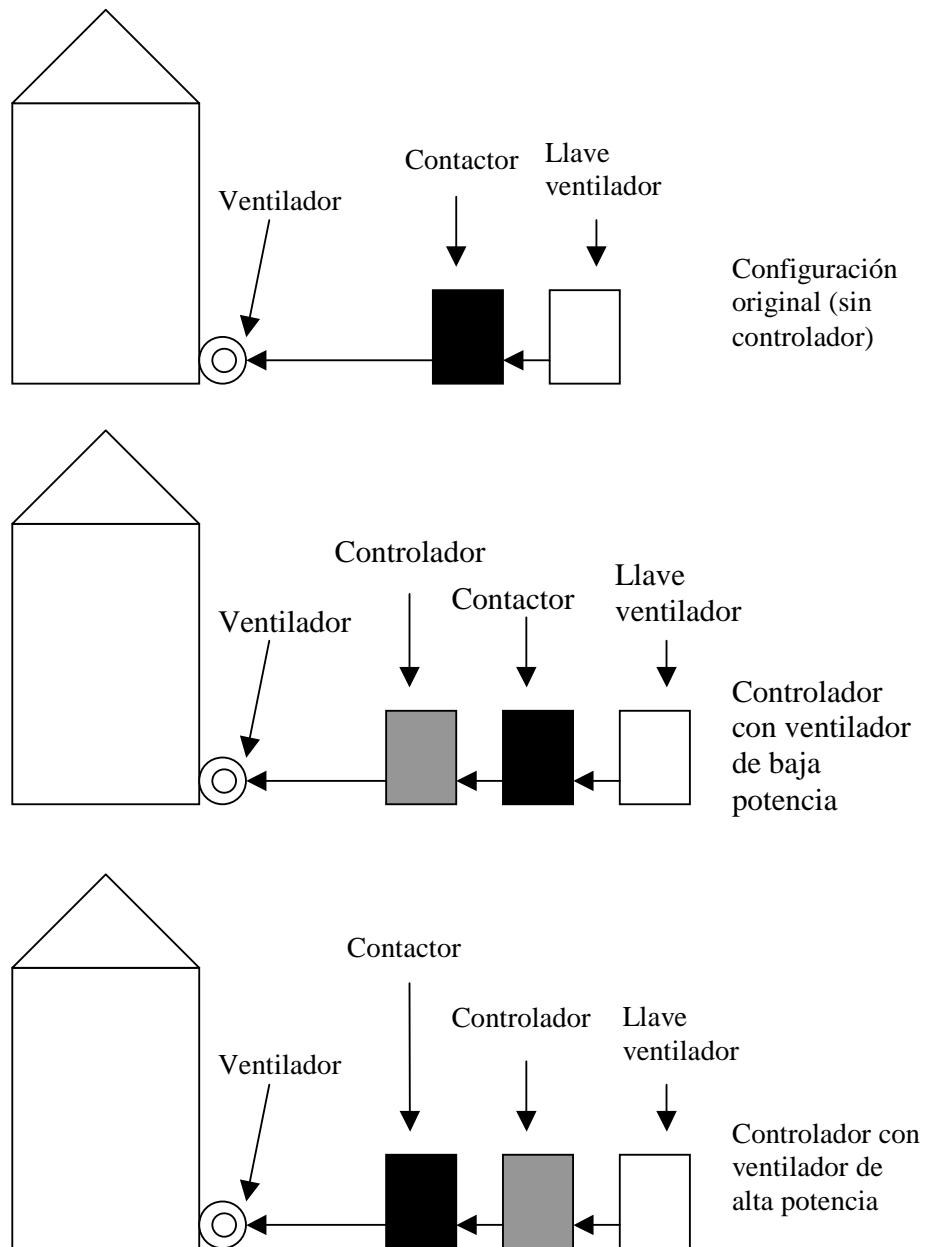


Figura 5. Esquema de conexión del controlador en silos con motores de aireación de baja potencia y de alta potencia.

Como Utilizar este Controlador

El objetivo de la aireación es mantener la temperatura de la masa de granos lo más baja posible (de acuerdo a las características climáticas de la localidad y del momento del año). Preferentemente, siempre que sea posible, la temperatura de la masa de granos se debería mantener por debajo de los 16°C. Esta temperatura asegura que no se desarrollen los insectos plagas de los granos almacenados. El controlador nos permitirá utilizar las horas más frías del día para llevar, a través de sucesivos ciclos de aireación, la temperatura de la masa de granos a 16°C o menos.

Una vez instalado, el controlador se lo debe programar. La temperatura límite de funcionamiento debe fijarse a un valor que permita funcionar el ventilador aproximadamente 40% del tiempo. Esto garantizará que el ciclo de aireación se complete en un tiempo razonable (menos de un mes). La tabla 1 muestra las temperaturas recomendadas de programación para diferentes localidades a través de los meses del año. Si se fija una temperatura demasiado baja se corre el riesgo que el ventilador funcione muy esporádicamente, con el problema de extender excesivamente el tiempo de enfriado de la masa de granos. Una vez que se completó un ciclo de aireación se debe esperar a que las condiciones ambientales cambien, como normalmente ocurre a mediados de otoño, para realizar un segundo ciclo de aireación y bajar un poco más la temperatura del grano. En algunas localidades sería necesario un tercer ciclo de aireación en el invierno.

La figura 6 muestra un ejemplo para la localidad de Roque Saenz Peña (Chaco). Se cosecha el trigo en Diciembre, con una temperatura promedio del grano de 35°C. De acuerdo a la tabla 1 la temperatura límite de programación del termostato sería de 24,1°C para el primer ciclo de aireación. En la figura 6 se puede observar como disminuye la temperatura del grano hasta 23°C en promedio en menos de 1 mes. Luego, no tiene sentido continuar con la aireación, ya que difícilmente se puede reducir la temperatura por debajo de 23°C en un tiempo razonable durante el resto del verano.

En Abril la temperatura promedio desciende significativamente, por lo que convendría realizar un segundo ciclo de aireación. Según la tabla 1, la temperatura recomendada sería de 19,4°C. El segundo ciclo de aireación se completa en uno pocos días, bajando la temperatura promedio a 19,4°C. Esta es una temperatura un tanto elevada, ya que permite el desarrollo de insectos. Por tal motivo, en Julio, cuando la temperatura promedio ambiente baja a 15,9°C se hace un tercer ciclo de aireación, esta vez programando el controlador a una temperatura de funcionamiento de 14°C. Como se puede apreciar en la figura 6, en pocos días la temperatura promedio de la masa de granos bajó a 13,6°C. Esta es una temperatura muy segura para el almacenamiento de los granos.

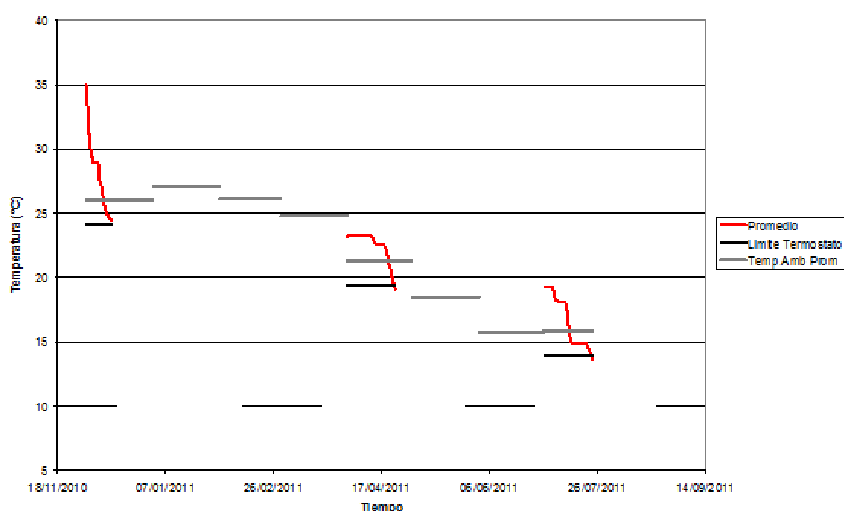


Figura 6. Temperatura promedio de la masa de granos, temperatura promedio ambiente mensual y temperatura de programación del controlador para tres ciclos de aireación para la localidad de Roque Sáenz Peña, Chaco.

Consideraciones Respecto de la Humedad del Aire y del Grano

Una de las mayores preocupaciones de los usuarios de aireación es evitar que se rehumedezca el grano. En tal sentido, los controladores de aireación que solo tienen en cuenta la temperatura ambiente han tenido siempre resistencia a ser implementados. Este es un concepto un tanto errado ya que, si la aireación se maneja eficientemente para enfriar, debido al bajo caudal de aire la posibilidad de cambiar la humedad de la masa de granos es baja y generalmente no excede los 0,5 puntos porcentuales. Cuando se opera aireación manualmente, como se utiliza más horas de lo adecuado, generalmente se termina con sobresecado de humedad que exceden los 0,5 puntos antes mencionados. Generalmente es más probable sobresecar que rehumedecer los granos.

Una vez que la temperatura de la masa de granos llegó a un valor que asegura una adecuada conservación, se recomienda tapar la boca del ventilador con una tapa hermética (figura 7). Esta práctica tiene dos importantes beneficios:

1. Evita la entrada de aire caliente a través de los ductos de aireación, el cual al penetrar en la masa de granos, por efecto “chimenea” (aire caliente más liviano tiende a subir) produce un lento recalentamiento de la masa de granos.
2. Una de las vías de entrada de insectos y roedores a los silos es a través de los conductos de aireación. Al poner una tapa se cierra esta vía y se reduce substancialmente el riesgo de entrada de insectos y roedores.

La práctica de tapado de la boca del ventilador es muy sencilla y de bajo costo, por lo cual se recomienda su implementación. Esta recomendación no solo corresponde cuando el grano llegó a la temperatura adecuada para un largo período de almacenamiento, sino también a los períodos de tiempo entre ciclos de aireación.

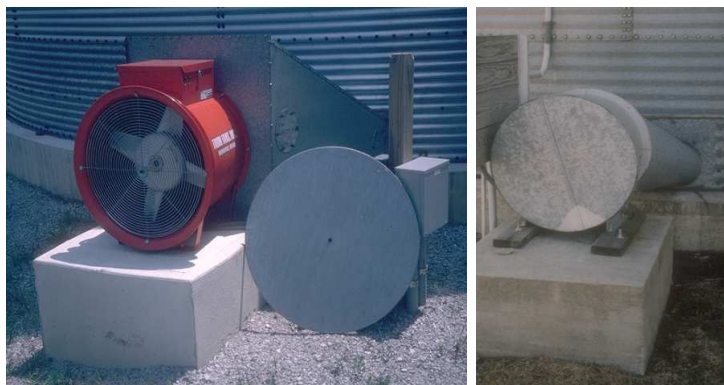


Figura 7. Fotos de ventiladores donde se muestra la tapa de sellado para evitar la entrada de aire caliente, insectos y roedores para los períodos de tiempo cuando la aireación no funciona.

Tabla 1. Temperaturas límites recomendadas para la programación de controladores de aireación en base a termostatos que aseguran un 40% de funcionamiento del ventilador para diferentes localidades y meses del año.

Localidad (Pcia.)	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agto.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cerrillos (Salta)	20.2	19.0	18.1	15.2	12.2	10.4	9.6	11.9	14.0	17.1	18.8	20.3
Salta (Salta)	20.2	19.0	18.1	15.2	12.2	10.4	9.6	11.9	14.0	17.1	18.8	20.3
Cerro Azul (Misiones)	24.3	23.8	22.6	19.2	16.4	14.2	14.9	15.5	17.1	19.5	21.4	23.5
El Colorado (Formosa)	25.6	24.7	23.6	20.2	17.1	14.9	14.7	15.7	18.0	20.8	22.1	24.4
Famaila (Tucumán)	23.3	22.3	20.9	17.7	14.1	10.8	10.3	12.4	15.1	18.9	21.0	22.6
Saenz Pena (Chaco)	25.2	24.2	22.9	19.4	16.6	13.8	14.0	15.5	17.3	20.3	22.1	24.1
Las Breñas (Chaco)	25.4	24.3	23.0	19.4	16.6	13.6	13.7	15.4	17.7	20.7	22.4	24.5
Colonia Benitez (Cha)	25.2	24.4	23.2	19.7	16.5	14.3	14.0	15.2	17.0	20.1	21.8	24.0
Bella Vista (Corr.)	24.7	23.9	22.5	19.3	16.3	13.8	13.7	14.9	16.4	19.4	21.4	23.6
Corrientes (Corr.)	24.7	24.1	22.7	19.2	16.2	13.7	13.5	14.5	16.2	19.1	21.3	23.7
Manfredi (Córdoba)	21.5	20.1	18.5	15.1	11.8	8.3	7.4	9.4	11.8	15.7	18.4	20.9
Reconquista (S.F.)	24.4	23.2	21.9	18.3	15.2	12.5	12.3	13.6	15.3	18.5	20.5	23.0
Rafaela (S.F.)	23.0	22.0	20.2	16.6	13.5	10.4	10.1	11.4	13.4	16.8	19.3	21.6
Oliveros (S.F.)	22.7	21.5	19.8	16.1	12.9	9.9	9.3	10.8	12.8	16.1	18.9	21.3
Zabala (S.F.)	22.0	20.6	19.2	15.5	12.2	9.1	8.5	10.2	12.0	15.5	18.3	20.8
Concordia (E.R.)	23.4	22.3	20.7	17.0	13.7	11.0	10.7	12.0	13.9	16.8	19.1	21.8
Conc. del Urug. (E.R.)	23.0	21.9	19.9	16.2	13.2	10.0	10.3	10.9	13.2	15.8	18.3	21.3
Crespo (E.R.)	22.9	21.9	19.9	16.2	13.5	10.6	10.1	11.5	13.4	16.2	18.9	21.5
Paraná (E.R.)	23.1	22.2	20.2	16.7	13.7	10.7	10.4	11.7	13.6	16.7	19.3	21.7
Pergamino (Bs.As.)	21.7	20.4	18.6	15.0	11.8	8.4	8.0	9.6	11.7	14.7	17.5	20.6
San Pedro (Bs.As.)	22.1	20.9	19.2	15.5	12.2	9.0	8.8	10.2	12.2	15.3	18.1	20.8
Geral. Villegas (Bs.As.)	20.7	19.6	17.8	13.7	10.5	7.1	6.0	8.2	10.1	13.9	16.6	19.8
Balcarce (Bs.As.)	18.6	17.8	16.2	12.6	9.2	6.3	5.7	7.1	8.7	11.3	13.9	16.9
H. Ascasubi (Bs.As.)	19.9	19.3	16.8	12.9	9.2	6.0	5.7	7.6	9.8	12.6	15.9	18.6
Bordenave (Bs.As.)	20.5	19.3	16.8	12.5	8.9	5.5	5.2	7.2	9.3	12.4	15.8	19.0
Barrow (Bs.As.)	19.4	18.6	16.3	12.3	8.8	5.8	5.4	6.8	8.7	11.4	14.6	17.6
Anguil (La Pampa)	20.9	19.5	17.3	13.2	9.3	5.9	5.5	7.5	10.0	13.3	16.4	19.7
Gral. Pico (La Pampa)	21.1	20.1	18.2	13.9	10.2	6.7	6.0	8.1	10.5	14.3	16.9	20.0