

# Recomendaciones de ahorro y eficiencia energética para el sector agrícola

Documento elaborado por la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la provincia de Santa Fe en el marco del Decreto N°1070/2024 y en apoyo a la Ley N°14366 «Buenas prácticas para la promoción agropecuaria sostenible», en colaboración con la Dirección Provincial de Agricultura, Sanidad Vegetal y Desarrollo Forestal de la Secretaría de Agricultura y Ganadería

El presente documento plantea acercar a todo el sector agrícola una serie de recomendaciones que permitan mejorar el desempeño de sus instalaciones e infraestructuras.

## Introducción

En esta publicación se considera como consumo del sector agrícola a todo aquel que ocurre tranquera adentro del campo. De este modo, los consumos asociados a los fletes corto y largo se atribuyen al sector transporte. Por otra parte, si bien los consumos correspondientes al sector agroindustrial forman parte del sector industrial propiamente dicho, sí se ha resuelto incluir en este documento lo referido al secado de granos<sup>1</sup>.

El uso racional de la energía y la eficiencia energética son temas de creciente análisis e interés para la producción primaria en general. A partir de diversos diagnósticos realizados en el país, se ha identificado que los principales consumos del sector agrícola son los correspondientes al gasoil utilizado en maquinaria agrícola para las tareas de labranza, implantación, labores culturales y cosecha, y en menor medida para el transporte de insumos y movimientos internos del campo.

Las estrategias aquí desarrolladas son factibles de ser adoptadas por los productores. Algunas son de nulo o bajo costo y tienen que ver con acciones de gestión (modificaciones en la forma de realizar tareas, cambios culturales, automatización de procesos, ordenamiento horario, entre otros), mientras que otras implican inversiones para incorporar nuevos equipos y/o reemplazar los obsoletos. En todos los casos, las propuestas apuntan a mejorar el desempeño energético de estos sistemas, resultando así en una reducción de los consumos de combustibles y electricidad, rubros de primordial relevancia dentro de los costos de producción. A su vez, cabe mencionar que cada vez existen más regulaciones y normativas relacionadas con la sostenibilidad y la eficiencia energética en la agricultura y la ganadería, por lo cual implementar buenas prácticas puede mejorar la imagen y competitividad de la empresa, así como impulsar la apertura a nuevos mercados.

Finalmente, se refuerzan recomendaciones para el uso seguro de la energía eléctrica, dado que para el correcto desarrollo de las actividades productivas es necesario contar con una instalación eléctrica correctamente diseñada que cumpla con todas las especificaciones y requerimientos establecidos en la reglamentación vigente, así como para garantizar un correcto mantenimiento de la misma.

---

<sup>1</sup> Extraído de «Diagnóstico sector primario 2019», Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina, 2018-2021.

## Mejoras del laboreo

Se identifican las siguientes recomendaciones en esta actividad:

- *Organización, control y gestión del trabajo.* Una correcta gestión del trabajo mediante la organización de recorridos, la planificación de las tareas a llevar a cabo, la actualización y revisión periódica del layout, la estructuración de las parcelas, entre otras acciones de esta índole, pueden generar un importante ahorro energético. Se recomienda seleccionar el tipo y el número de trabajos agrícolas a desarrollar en los cultivos, simplificando en lo posible las operaciones de cultivo asociando laboreo.
- *Realización del sistema de labranza más adecuado.* La labranza es la práctica de excavar, voltear o agitar el suelo con herramientas mecánicas, generalmente un arado o un disco. Es una práctica que facilita las labores agrícolas de instalación de un cultivo, entre las que destacan el control de malezas, mejoramiento de la germinación de semillas, incorporación de materia orgánica al suelo, entre otras. Si bien estos beneficios son importantes, la labranza también deja el suelo vulnerable a la erosión y destruye importantes redes de hongos subterráneos. A su vez, requiere significativo consumo energético por el combustible que utiliza la maquinaria.

Existen diferentes sistemas y para cada uno de ellos existen posibilidades de mejora del desempeño energético en función de los aperos utilizados y otros diferentes aspectos relacionados con el terreno y el cultivo. Los métodos disponibles en la actualidad son:

- a. Labranza tradicional: se caracteriza por el laboreo del suelo y procesamientos del rastrojo, utilizando implementos de disco como rastras, rastrillos y pulidores.
- b. Labranza mínima: se trata de una preparación del terreno en la que no existe labor profunda, sino uno o dos pasadas de implementos sobre la superficie y la posterior siembra. Esta técnica mezcla los residuos del cultivo anterior con la tierra, logrando una mejora en la estructura del suelo, a la vez que se reduce el consumo de energía y el tiempo de preparación.
- c. Labranza cero (o siembra directa): el suelo no recibe labranza alguna durante todo el proceso de instalación desde la cosecha del cultivo hasta la siembra del siguiente, con excepción de la aplicación de materia orgánica y el control de las malas hierbas que se realiza de forma manual sobre la superficie del terreno. Tanto este método como el anterior se consideran *agricultura de conservación*.

d. Agricultura de precisión: es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote, de manera de aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto.

Actualmente la agricultura de conservación es uno de los grandes desafíos desde el punto de vista energético, ambiental y económico. Con la eliminación del laboreo se consigue mantener una cubierta vegetal con los restos del cultivo anterior que lo protege frente a la erosión y lo nutre de modo natural, además de mejorar activamente a la cosecha a través de la presencia de microorganismos y fauna. En cuanto a los ahorros energéticos que se pueden llegar a alcanzar por este método, se estima que oscilan entre el 10 y el 50 % según la región y el cultivo en cuestión.

- *Rotación de Cultivos.* Esta práctica se basa en ir variando la especie cultivada entre siembras, de manera de buscar un equilibrio natural entre los nutrientes que toman del suelo las diferentes especies y los nutrientes que el material orgánico excedente de cada una de ellas devuelve al suelo, logrando reponer los nutrientes que faltan en el suelo de forma natural, sin productos artificiales. Entre las principales ventajas que impactan directamente en el rendimiento de la inversión y en la reducción del consumo energético, podemos mencionar que la rotación de cultivos<sup>2</sup>:
  - a. Reduce la ocurrencia de plagas y los costos implicados en su tratamiento. Mientras que en un campo monocultivo una plaga tendrá alimento de forma constante, con la rotación de cultivos el alimento no está garantizado al haber diferentes plantas a lo largo del año.
  - b. Reduce drásticamente la necesidad de fertilizar el suelo. Dado que algunas de las plantas usadas en la rotación de cultivos se encargan de reponer los elementos que faltan en el suelo, se reduce la necesidad de comprar y distribuir fertilizantes.
  - c. Aumenta la saturación de nitrógeno. El nitrógeno es un elemento clave y necesario para el desarrollo saludable de las plantas. Las plantas usan el nitrógeno para crear bloques de proteínas y clorofila. Sin embargo, el nitrógeno atmosférico no puede ser absorbido, por lo que este elemento debe estar en el suelo.

---

<sup>2</sup> Adaptado de «Rotación De Cultivos: Tipos Y Ejemplos Prácticos». Enlace: <https://eos.com/es/blog/rotacion-de-cultivos/>

- d. Aumenta la retención de agua del suelo. Cada tipo de cultivo utilizado tiene un sistema radicular diferente. Esto hace que el suelo retenga mayor cantidad de agua en las capas inferiores del suelo.
- e. Reduce la erosión del suelo. Al igual que con el agua en capas inferiores, los diferentes sistemas radiculares de las plantas aumentan la porosidad del suelo en diferentes niveles. Además, algunas de las plantas sueltan una gran cantidad de residuos que cubren el suelo, protegiendo la superficie contra la acción erosiva del viento y la lluvia.
- f. Armoniza el cultivo con su ecosistema, maximizando la colaboración de los agentes asociados para la polinización, fertilización y regulación natural de plagas.

## Sistemas de riego y fertilizantes

<sup>3</sup>El sistema de riego y el método de aplicación de fertilizantes tienen consecuencias directas en los rendimientos y la calidad de las cosechas. Por lo tanto, el agua es uno de los principales insumos para el sector agrícola, siendo la de origen subterráneo el recurso más utilizado en la provincia. Es fundamental trabajar con sistemas de riego que garanticen la productividad, prevean y eviten los riesgos ambientales (asociados con la contaminación del suelo y aguas subterráneas, erosión y/o anegamiento, entre otros). También, resulta de suma importancia integrar estrategias de uso racional del agua, considerando que se trata de un recurso natural a preservar y que el consumo energético para su extracción puede ser importante, en particular en los meses de mayor demanda hídrica.

La experiencia demuestra que, en muchos casos, el sobreconsumo energético de los procesos de riego está relacionado con la implementación de sistemas que no son eficientes en sí mismos y a fallas en el dimensionamiento de los sistemas de bombeo.

Con respecto al primer punto, los sistemas de riego disponibles son:

- a. Por inundación, llevando la hidratación a la planta a través de canales o surcos que se llenan de agua y escurre por desnivel.

---

<sup>3</sup> Adaptado de «Buenas Prácticas Agrícolas: Lineamientos de Base». Enlace: <https://www.casafe.org/pdf/2015/BUENAS-PRACTICAS-AGRICOLAS/BuenasPracticasAgricolas-LineamientosdeBase.pdf>

- b.* Por aspersión, regando la planta y/o la raíz por agua que se dispersa como un spray proveniente de picos instalados en una maquinaria o instalación fija de mangueras por donde circula el agua presurizada.
- c.* Por goteo, hidratando la planta por medio de gotas de agua a velocidad controlada proveniente de picos instalados en mangueras por donde circula el agua presurizada.

A continuación, se presentan una serie de estrategias que ayudan a minimizar las pérdidas de agua y los consumos de energía asociados con su obtención e implementación para riego y fertilización líquida:

- a.* Trabajar con drenajes adecuados para el aprovechamiento de aguas de lluvia o riego por inundación, que eviten estancamientos por poca pendiente o depresiones, y con pendientes tales que tampoco permitan la erosión del suelo por escurrimiento a gran velocidad.
- b.* Sembrar en terrenos con pendiente. Los cultivos deben hacerse en curvas de nivel (sembrando en líneas que respetan un mismo nivel de altura para evitar arrastre de terreno por lluvias).
- c.* Mantener la cobertura orgánica del suelo, minimizando las pérdidas de humedad por evaporación y rotar los cultivos previendo la recomposición de nutrientes.
- d.* Realizar plantaciones de árboles y arbustos en los bordes de los campos como cortinas forestales rompevientos, reduciendo las pérdidas de humedad del suelo por desecación y la erosión eólica de la capa superficial.
- e.* De ser necesario aplicar fertilizantes, realizar un uso eficiente de los mismos. Relevamientos indican que la adición consistente de nitrógeno (N) y de fósforo (P) a los suelos a través de la fertilización presenta eficiencias de uso muy bajas, causando contaminación y altos costos energéticos. Es posible evaluar la conveniencia de incorporarlos al agua de riego para efectuar ambas acciones en una sola operación, asegurándose aplicarlos en la forma y dosificación adecuadas, que se verifiquen humedades recomendadas al momento de su aplicación, que el líquido llegue a los lugares en donde la planta los aprovecha mejor, entre otros. Se aconseja revisar siempre las dosis, métodos de uso y períodos de aplicación correctos, de acuerdo con las necesidades de cada explotación.

## Sistemas de bombeo

En primer lugar, se recomienda analizar si el diseño de los sistemas implementados es el adecuado. El procedimiento inicial debería ser evaluar los requerimientos específicos que precisan los cultivos en términos de demanda hídrica y, en función de ello, diseñar el sistema. Luego, es fundamental mantener una correcta adecuación del mismo. Esto contempla evaluar distintas posibilidades, tales como la mejora de rendimientos en los equipos de impulsión, automatización de los sistemas de mando, maniobra y control, posibilidad de construcción de depósitos operativos (en casos determinados), entre otros. A continuación, se presentan una serie de puntos considerados fundamentales para mejorar el desempeño energético referido a estos sistemas.

- *Mantenimiento.* Un correcto programa de mantenimiento implica el reemplazo periódico de piezas como sellos y juntas, realizar la verificación periódica del correcto funcionamiento de todas las partes móviles y mantener limpios todos los componentes, de manera de garantizar que la bomba funcione en su máxima capacidad.
- *Correcta lubricación.* Todas y cada una de las partes móviles de una bomba requieren una lubricación adecuada para funcionar de manera eficiente. Este factor es esencial para reducir la fricción entre las piezas, minimizar el desgaste y, finalmente, prolongar la vida útil del equipo.
- *Categorías de eficiencia energética.* En caso de que sea necesario realizar un reemplazo, evaluar la adquisición de bombas con motores más eficientes. A la hora de adquirir nuevos equipos, es importante una correcta selección de los mismos, ya que, si bien las bombas hidráulicas pueden trabajar en un amplio rango de caudales y alturas, su funcionamiento óptimo está dado para su caudal y altura nominales. La eficiencia de los motores se clasifica en distintas categorías dispuestas por la Norma IEC N° 60.034, replicada en Argentina como la Norma IRAM N° 62.405, en la que se definen cinco clases de eficiencia (de IE0 a IE5 -eficiencia súper premium-).



Figura 1: Etiqueta Norma IRAM N°62.405

- *Variadores de velocidad.* Dado que las bombas de vacío funcionan a una velocidad fija, se recomienda la instalación de variadores de velocidad (VSD), equipos que ajustan la velocidad de los motores eléctricos para igualarla a la demanda de la aplicación. La bibliografía especializada indica que la instalación de estos equipos provoca una reducción anual del 60-70 % del consumo eléctrico de las bombas, no obstante, depende en gran medida de cómo se use, además.

## Maquinaria agrícola

Es fundamental planificar y llevar a cabo el mantenimiento de la maquinaria y herramientas (tractores, cosechadoras, sembradoras, arados, entre otras) tal como especifican los fabricantes. El mantenimiento debe hacerse a lo largo de toda la vida útil de los mismos. Se listan a continuación algunos puntos principales para el mantenimiento de tractores, así como acciones tendientes a garantizar su correcto funcionamiento (evitando el sobreconsumo de combustible) y extender su vida útil:

- Mantener la limpieza del filtro del aire y del gasoil.
- Controlar y regular el circuito de combustible.
- Utilizar lubricantes y neumáticos apropiados.
- Controlar la adecuada presión de los neumáticos y el estado del terreno, dado que si trabajan a presiones distintas a las especificadas por el fabricante se forzará innecesariamente a la maquinaria, implicando sobreconsumos de combustible.

- Utilizar máquinas y aperos apropiados y en buen estado, correctamente regulados con el tractor.
- Seleccionar el régimen de funcionamiento del motor para que trabaje en zonas de alta eficiencia.
- Emplear adecuadamente los dispositivos de control de los que dispone el tractor para los diferentes tipos de trabajo.
- Evitar realizar las operaciones agrícolas en condiciones desfavorables del suelo, el producto, el cultivo o la meteorología (por ejemplo, el suelo húmedo demanda mayor potencia por un mayor contenido de agua).
- En el caso que se deban adquirir nuevos tractores, evaluar la posibilidad de incorporar maquinarias modernas y eficientes que consuman menos combustible.

## Conducción eficiente

Además de las acciones propias del mantenimiento, se suman a continuación estrategias de ahorro y manejo eficiente de fácil implementación para la reducción de los consumos de combustible, mano de obra, consumibles y reparaciones.

- Apagar el motor en caso de preverse más de 3 minutos sin utilizar.
- En función de la velocidad deseada, adaptar los cambios para lograr el menor número de RPM posible (para motores de gasolina, se recomienda entre 1.500 y 2.500 revoluciones, mientras que en motores diésel, entre las 1.300-2.000).
- Programar los circuitos y actividades a realizar con los transportes o maquinarias para minimizar el recorrido y aprovechando lo mayor posible su capacidad de carga.
- Utilizar el frenado con motor, es decir, frenar con las marchas puestas de la caja de cambios, lo cual reduce el consumo de combustible, además de extender la vida de los frenos y embrague.
- En lo posible aprovechar la temperatura exterior para lograr confort en la cabina, evitando en lo posible el uso «permanente» del aire acondicionado o calefacción.

- Al momento de adquirir un nuevo vehículo o maquinaria, seleccionar el porte adecuado para el peso y volumen del material a transportar o trabajo a realizar.

## Sistemas de secado de granos

La humedad y la temperatura son los factores que más afectan la calidad de los granos y el tiempo que pueden ser almacenados sin sufrir deterioros o mermas. Si la humedad y la temperatura son elevadas, la actividad biológica del grano y los organismos presentes aumentan, provocando disminución de la calidad y viabilidad de las semillas, incremento de la pérdida de materia seca de los granos y, por lo tanto, una reducción del tiempo de almacenamiento seguro.

Dado que los hongos son los principales causantes de daño y debido a su alta sensibilidad a la disponibilidad de agua, el secado de los granos es la principal herramienta para su preservación. El *secado* se puede definir como el método universal de acondicionar los granos retirando el agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla.

### Métodos de secado

Los métodos de secado se pueden clasificar en dos grandes tipos: con aire natural o con aire artificial. El primero consiste en evaporar el exceso de agua de los granos a partir de la radiación solar y los vientos durante el período de maduración y recolección. Es un método que puede resultar simple y económico para pequeños productores, pero que puede requerir bastante tiempo y depende fundamentalmente de las condiciones ambientales del sitio en cuestión. En este punto, cabe destacar que existen diversos proyectos realizados en el país de sistemas solares térmicos para este uso (secado de hierbas aromáticas y disecado de frutas, como tomates).



*Figura 2: Experiencia realizada por escuelas secundarias (ConcurSol, 2016)*

El secado con aire artificial implica calentar el aire hasta 60°C o más, dependiendo del uso del grano; es el método más práctico para secar grandes volúmenes de granos y para esto existen diversos tipos de secadoras (si bien puede cambiar su tecnología, todas mantienen el mismo principio). Su función principal es conducir el grano a secar a través de sus paredes, columnas o líneas, inyectando aire caliente seco durante su recorrido por el grano, para después inyectar aire ambiente para enfriarlo en el resto del recorrido. Cada sistema de secado y cada tipo de grano tienen sus particularidades. En esta publicación sólo se hará hincapié en los principales equipos en común que consumen energía para este uso.



*Figura 3: Ejemplo de secado con aire natural y/o baja temperatura SSAN/BT-INTA (izq) y con secadora de gas (der)*

## Tecnología de quemadores

Los quemadores son los dispositivos encargados de calentar el aire que se inyecta a la masa de granos. Es fundamental garantizar la mezcla de combustible y aire en proporciones controladas para lograr una combustión eficiente, principalmente por cuestiones de seguridad, y dado que una combustión ineficiente puede llevar a un aumento en el consumo de combustible y, por consiguiente, en las emisiones de gases de efecto invernadero.



*Figura 4: Ejemplos de quemadores industriales (Fuente: EQA)*

Para la correcta elección se deben conocer los datos operativos que proporciona el quemador industrial, de manera de trabajar con la temperatura adecuada y el caudal óptimo de aire. A continuación, se enuncian una serie de parámetros a controlar y recomendaciones para tener en cuenta con el fin de mejorar el desempeño energético de estos equipos.

- Mezcla aire-combustible: se puede realizar un control mecánico o digital. Los quemadores de control mecánico funcionan mediante servomotores, y es el operador de la instalación quien debe realizar los ajustes para una combustión eficiente. Por otro lado, los quemadores electrónicos se controlan de manera digital, realizando el ajuste mediante señal electrónica y evitando desajustes mecánicos, lo cual implica un mejor rendimiento (se estiman ahorros de consumo desde 3 % a 10 %) y un menor mantenimiento respecto a los anteriores. Acorde con lo expresado, se recomienda evaluar la incorporación de estos equipos.
- Mantenimiento: se propone integrar la limpieza regular de los quemadores, la calibración de sensores y la revisión de componentes críticos (por ejemplo, los reguladores) al Plan de Mantenimiento Preventivo.

- Control continuo de O<sub>2</sub>: El aire se aporta en cantidad superior a la teórica para garantizar la combustión completa, evitando la emisión de gases tóxicos como el CO. En muchos casos se trabaja con un volumen innecesariamente alto de aire (y, por ende, mayor potencia mecánica para mover dicho caudal), que se libera a la atmósfera junto con los gases de combustión. Por lo tanto, el control continuo de O<sub>2</sub> permite trabajar con un margen más estrecho, evitando el sobreconsumo de combustible. Además, para poder operar los sistemas más cerca del punto de funcionamiento óptimo en condiciones variables, se precisan unidades de medición y control continuas.
- Precalentamiento del aire de combustión: se sugiere evaluar la implementación de intercambiadores para precalentamiento (pudiendo utilizar, por ejemplo, el calor residual liberado por otros procesos).

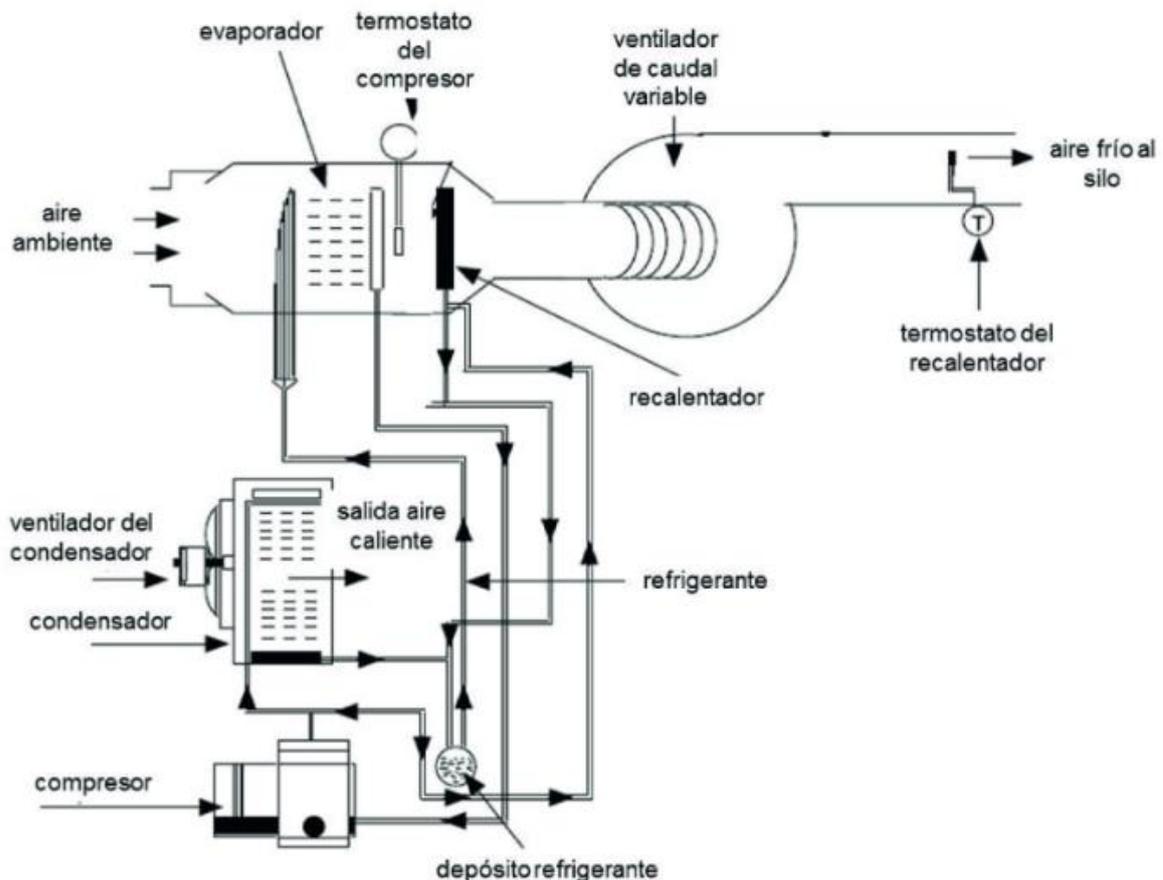
## Tecnología de ventiladores

Los ventiladores son los equipos encargados de inyectar el aire necesario a los quemadores para garantizar la combustión completa. Para mejorar su desempeño energético, se recomienda:

- *Instalación de variadores de velocidad*: El ventilador sin regulación de velocidad puede provocar un elevado consumo de energía si su operación real se aleja de la zona de trabajo eficiente. Para esto, se recomienda la instalación de variadores de velocidad. Tal como se describe previamente, son equipos que ajustan la velocidad de los motores eléctricos para igualarla a la demanda de la aplicación durante el ciclo de arranque y parada, así como durante todo el funcionamiento.
- *Empleo de arrancadores suaves*: Son dispositivos que protegen los motores de daños causados por la energización repentina en el encendido al limitar la gran corriente de entrada inicial en el arranque del motor (la corriente de arranque puede significar entre tres y seis veces el valor de la nominal, con el consiguiente aumento de potencia, la cual incluso puede modificar el contrato con la distribuidora). Son equipos más pequeños y menos costosos que los variadores, sin embargo, sólo intervienen en el arranque precisamente.

## Sistemas de refrigeración de granos

Una vez que el grano está seco, el segundo factor a controlar es la temperatura. Cuando las condiciones climáticas lo permiten, los granos se enfrían utilizando sistemas de aireación forzada con aire ambiente, lo cual es una técnica muy eficiente de conservación recomendada en el marco de las buenas prácticas en la poscosecha. Sin embargo, esta técnica es muy dependiente del clima, lo que limita su eficacia en zonas o épocas del año con altas temperaturas. En estos casos, la mejor alternativa es el enfriamiento de los granos usando un equipo refrigerador para acondicionar artificialmente el aire ambiente, entregándolo a granel a una menor temperatura, a expensas de un consumo eléctrico para alimentar principalmente compresor/es y ventilador/es.



*Figura 5: Esquema de los componentes de un equipo refrigerador de silo (Fuente: Maier y Navarro, 2002)*

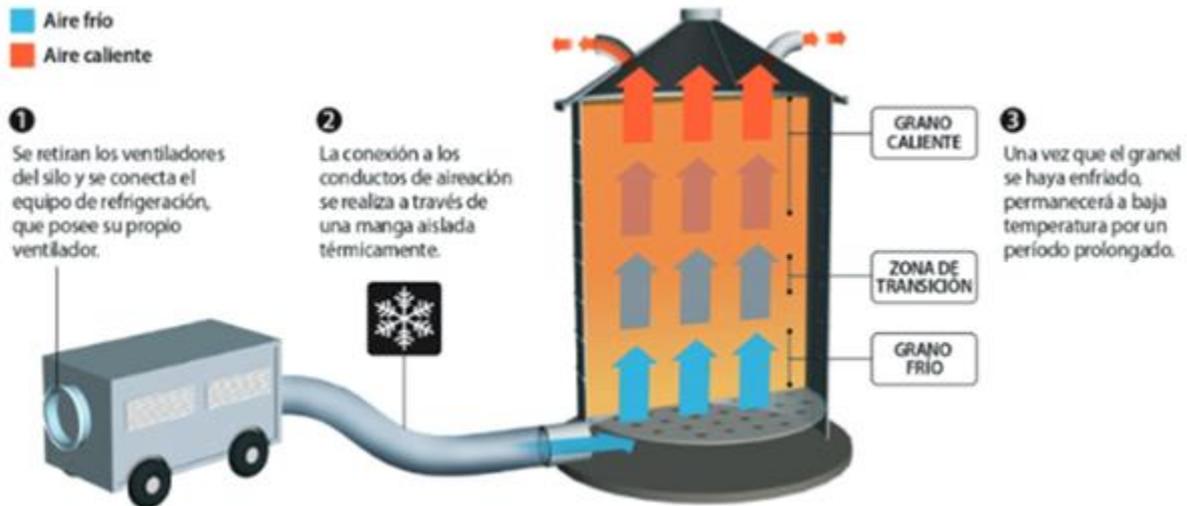


Figura 6: Esquema de conexión de un equipo refrigerador a un silo (Abadía y Bartosik (2013)<sup>4</sup>)



Figura 9: De izquierda a derecha, ejemplos de equipos refrigeradores de silos, cámaras y silos subterráneos.

Para realizar un uso eficiente y mejorar la operatividad del equipo de frío se listan a continuación una serie de recomendaciones.

- *Aislamiento de los conductos de conexión con la estructura de almacenaje.* El equipo de refrigeración normalmente trabaja en condiciones de alta temperatura ambiente insuflando aire frío a través del conducto de conexión con el silo. Esto provoca pérdida de eficiencia y el ingreso de aire a una temperatura mayor que la programada en el equipo, sobre todo en meses críticos como el verano, por lo que en estas condiciones ambientales es muy importante aislar térmicamente los conductos y también la transición de entrada del aire al silo. A su vez, controlar la temperatura en la boca de ingreso del aire al silo es un factor de vital importancia

<sup>4</sup> Extraído de <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az5827.pdf>

ya que determina la temperatura mínima a la que podrá enfriarse el grano y el consumo de energía del equipo<sup>5</sup>.

- *Control de la humedad relativa del aire insuflado.* Adecuar el funcionamiento del equipo a la humedad del grano almacenado aumenta la eficiencia en el proceso de refrigeración (principalmente en la refrigeración de granos con humedad).
- *Mantenimiento:* Se recomienda fuertemente limpiar periódicamente los filtros, revisar la carga total del refrigerante, la presión de trabajo en el circuito y la correcta apertura de la válvula de expansión, entre otras verificaciones a realizar por el proveedor del equipo refrigerador, quien debe conocer los valores para su mejor funcionamiento.

Cabe aclarar que el uso de la secadora combinado con el equipo de refrigeración de granos (seca-refrigeración) presenta algunas ventajas como el aumento de la capacidad de la secadora, mejora en la economía de combustible en el secado y un aumento de la calidad final del grano en este proceso. Para ello, la secadora se configura en modo «todo calor» eliminando la sección de enfriado, tal como se puede observar a continuación.

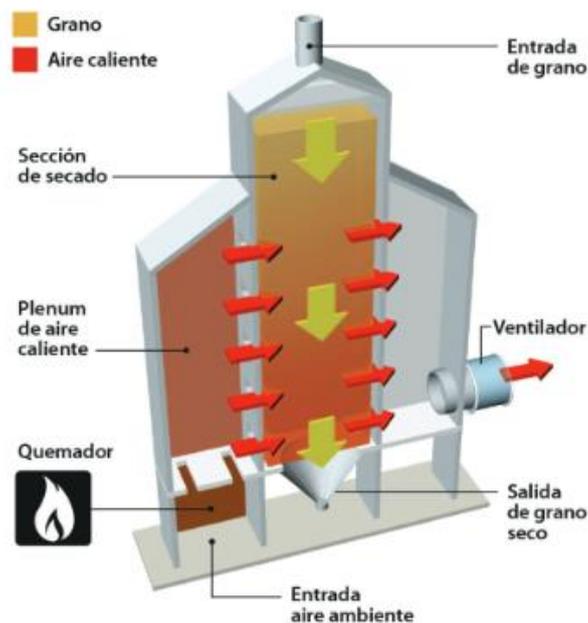


Figura 10: Esquema de secadora configurada en modo «todo calor»

<sup>5</sup> Por ejemplo, si se programa el equipo para que insufla aire a 13°C, pero por un inadecuado aislamiento el aire ingresa al silo a 16°C, el grano nunca se enfriará por debajo de los 16 °C. Esto representa un mayor consumo energético que luego no se reflejará en la menor temperatura del grano.

## Almacenamiento. Sector acopio

Las dos grandes formas de almacenamiento de granos son en *atmósfera normal* (es el tipo de almacenamiento más difundido: silos de chapa, celdas de almacenamiento, silos de malla de alambre, entre otros) y en *atmósfera modificada* (en condiciones herméticas en silobolsas). Para determinar el tipo y el tiempo de almacenamiento es fundamental conocer el porcentaje de humedad que contiene cada grano, además de las condiciones ambientales y las posibilidades que tenga el productor de utilizar un sistema de aireación. En este apartado se presentan algunas estrategias para reducir las pérdidas potenciales y maximizar la productividad de la cosecha:

- Monitorear la temperatura y la humedad de los granos almacenados es fundamental para minimizar las pérdidas de calidad y aumentar la productividad, en cualquier tipo de almacenamiento.
- Se recomienda que el guardado de granos húmedos en silo bolsas no se extienda por más de 30 días. De ser posible, ubicar los silobolsas en un lugar alto y con leve pendiente para evitar el ingreso de agua en caso de encharcamientos por lluvias frecuentes.
- Se recomienda medir la humedad del silobolsa mediante monitoreo de CO<sub>2</sub> (en vez del método clásico de calado de muestras), a fin de detectar zonas de riesgo de afectación del grano almacenado. Con este método, se obtiene mayor precisión en la detección de zonas con posibles accesos de agua por rotura de bolsa o zonas con condensación y, además, un tiempo de testeo menor, prácticamente sin dañar la integridad de la bolsa. Los dispositivos de medición de CO<sub>2</sub> registran la actividad biológica dentro de la bolsa, indicando el grado de riesgo de afectación al grano en aproximadamente cuatro metros alrededor del punto de testeo por condensaciones, accesos de agua y proliferación de insectos u hongos. Además, los equipos permiten la georreferenciación de los testeos para asegurar la identificación de las zonas y silobolsas afectados.



Figura 11: Ejemplo de medidor portátil de CO<sub>2</sub>

- En el caso de almacenar granos húmedos en silos de chapa tradicionales para su posterior secado, es imprescindible contar con un sistema de aireación reforzada que permita controlar la temperatura de los granos. Aquí aplican todas las recomendaciones enunciadas para ventilación (fundamentalmente se debe asegurar que el caudal de aire sea el adecuado para el producto en cuestión, manteniendo la temperatura homogénea en toda la masa y logrando un ahorro de energía). Luego se puede evaluar no llenar el silo y cargarlo hasta la mitad de su capacidad, lo cual permite disponer de mayor cantidad de aire por tonelada almacenada.

## Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento es transversal a todas las secciones, pero, por su importancia, se decidió abordarlo en un apartado particular. Su objetivo es aumentar la confiabilidad y la vida útil de los equipos e instalaciones. Gran parte de las tareas que se realizan durante el mantenimiento evitan que la eficiencia de los equipos se reduzca por el propio y normal uso y desgaste. Las rutinas de limpieza, inspección, reparación, entre otras, inciden en el funcionamiento de los equipos y, en consecuencia, en el consumo de energía. Teniendo en cuenta que en el mercado existen distintos modelos de máquinas, se recomienda considerar las sugerencias del manual del fabricante o del instalador de los distintos equipos.

## Gestión de actividades en función del costo de la energía eléctrica

Para usuarios que contraten potencia (establecimientos que demandan más de 50 kW), es recomendable organizar las actividades para que los consumos que demanden mayor potencia sean finalizados antes de las 18:00 h y/o realizadas luego de las 23:00 h evitando el horario pico, en el cual las demandas de potencia son más costosas.

## Uso seguro de la electricidad

Se recomienda contratar un profesional matriculado para que revise el estado de las instalaciones eléctricas y realice las adecuaciones pertinentes, en caso de ser necesarias. Se debe cumplir lo establecido en el Decreto N° 351/1979 reglamentario de la Ley Nacional N° 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. A su vez, es importante realizar un seguimiento de las facturas del servicio eléctrico. Dentro de estos requisitos, es imprescindible contar con el sistema de descarga a tierra más apropiado y verificado, conforme la resolución SRT 900/2015. En línea con lo anterior, se recuerda que es obligatorio la instalación del interruptor por corriente diferencial de fuga («disyuntor») correspondiente y adecuado a la instalación.

En el caso de contratar potencia (mayor a 50 kW), se debe tener en cuenta que los contratos de suministro de energía multan la energía reactiva recogida si el factor de potencia (FdP, generalmente también llamado  $\cos \phi$ , aunque técnicamente puede diferir) está entre 0.7 y 0.95, mientras que se bonifica si es mayor a 0.95. Para  $\cos \phi < 0.7$ , las distribuidoras de electricidad pueden obligar a sus usuarios a realizar la corrección. A la fecha de la presente publicación, la EPE Santa Fe bonifica o aplica multas de acuerdo con el siguiente cuadro:

**BONIFICACIÓN**

**MULTAS**

COS FI	FI	TAN FI	DIF.	Rec. %
1	0,0000	0,0000	-0,329	-33
0,99	0,1415	0,1425	-0,186	-19
0,98	0,2003	0,2031	-0,126	-13
0,97	0,2456	0,2506	-0,078	-8
0,96	0,2838	0,2917	-0,037	-4
<b>0,95</b>	<b>0,3176</b>	<b>0,3287</b>	<b>0,000</b>	<b>0</b>
0,94	0,3482	0,3630	0,034	3
0,93	0,3764	0,3952	0,067	7
0,92	0,4027	0,4260	0,097	10
0,91	0,4275	0,4556	0,127	13
0,9	0,4510	0,4843	0,156	16
0,89	0,4735	0,5123	0,184	18
0,88	0,4949	0,5397	0,211	21
0,87	0,5156	0,5667	0,238	24
0,86	0,5355	0,5934	0,265	26
0,85	0,5548	0,6197	0,291	29
0,84	0,5735	0,6459	0,317	32
0,83	0,5917	0,6720	0,343	34
0,82	0,6094	0,6980	0,369	37
0,81	0,6266	0,7240	0,395	40
0,8	0,6435	0,7500	0,421	42

COS FI	FI	TAN FI	DIF.	Rec. %
0,8	0,6435	0,7500	0,421	42
0,79	0,6600	0,7761	0,447	45
0,78	0,6761	0,8023	0,474	47
0,77	0,6920	0,8286	0,500	50
0,76	0,7075	0,8552	0,526	53
0,75	0,7227	0,8819	0,553	55
0,74	0,7377	0,9089	0,580	58
0,73	0,7525	0,9362	0,608	61
0,72	0,7670	0,9639	0,635	64
0,71	0,7813	0,9918	0,663	66
0,7	0,7954	1,0202	0,692	69
0,69	0,8093	1,0490	0,720	72
0,68	0,8230	1,0783	0,750	75
0,67	0,8366	1,1080	0,779	78
0,66	0,8500	1,1383	0,810	81
0,65	0,8632	1,1691	0,840	84
0,64	0,8763	1,2006	0,872	87
0,63	0,8892	1,2327	0,904	90
0,62	0,9021	1,2655	0,937	94
0,61	0,9147	1,2990	0,970	97
0,6	0,9273	1,3333	1,005	100

Figura 12: Bonificaciones y penalidades según factor de potencia

## Sistema de gestión de la energía

La Norma ISO 50001 tiene como objetivo establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Energía para la mejora continua del desempeño energético de una organización, que se evidencie en resultados medibles relacionados con usos (para qué se usa la energía), eficiencia energética (la capacidad de lograr el mismo servicio con el menor uso de recurso posible) y consumos (cantidad de energía utilizada).

Para llevar adelante este proceso, es recomendable contratar a un profesional formado en la materia<sup>6</sup>. Acciones de este tipo permiten no solo mejorar el desempeño energético, sino también posicionarse dentro de los más altos estándares en cuanto a certificación, siendo éste un factor competitivo clave.

## Energías renovables aplicadas al sector

La generación de agua caliente a partir de energía solar mediante radiadores, termotanques solares, entre otras tecnologías, para calefaccionar ambientes, lavado de equipos e instalaciones o como agua de procesos, es una estrategia muy significativa para la reducción del consumo energético del emprendimiento desde la red eléctrica o de combustibles fósiles.

También el uso de la energía solar o eólica para generación de energía eléctrica supone una estrategia importante a la hora de disminuir el consumo de energía provenientes de la red, ya sea inyectando la energía generada a la red, o simplemente destinando la energía a usos como bombeo solar o boyeros eléctricos por fuera del circuito conectado a la distribuidora<sup>7</sup>.

En los casos en que el establecimiento o alguna de sus dependencias no disponga de redes de distribución de energía eléctrica, el uso de paneles conectados con bancos de baterías permitirá evitar o reducir el consumo de combustibles fósiles para los motores generadores.

---

<sup>6</sup> La provincia dicta el curso de «Formación y Actualización de Gestores Energéticos para la Industria», esta norma está contenida. Para más información, visitar: [www.santafe.gob.ar/eficienciaenergetica](http://www.santafe.gob.ar/eficienciaenergetica).

<sup>7</sup> Se recomienda revisar los programas vigentes al día de la fecha. Para más información, consultar la Ley Provincial N° 14.259/2024.



*Figura 13: Ejemplo de instalaciones solares (sistema solar térmico compacto - termotanque solar- a la izquierda y paneles fotovoltaicos a la derecha)*

Otra opción para recuperar energía de los procesos es la biodigestión anaeróbica de los desechos orgánicos para obtención de biogás. El biogás es una mezcla de gases compuesto básicamente por metano ( $\text{CH}_4$ ) -el combustible-, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y pequeñas cantidades de otros gases (los cuales deben ser eliminados). Puede ser utilizado en algún proceso térmico que requiera su combustión directa (por ejemplo, calderas) o como único combustible en equipos de cogeneración que lo transformen en energía eléctrica y térmica. Además, en este proceso se obtiene un subproducto denominado «biofertilizante» (de aplicación líquida o sólida). Además, según diversas experiencias consultadas el biofertilizante actúa como una enmienda orgánica y presenta en su composición nutricional valores importantes de nitrógeno, fósforo y otros varios elementos, siendo lo más importante, materia orgánica estable y colonias de bacterias disponibles para enmendar suelos.

Proyectos de esta índole no solo reducen la dependencia energética a los combustibles fósiles, sino que también pueden dar una solución al tratamiento y disposición final de los efluentes, y a dar mejoras sustanciales en el mantenimiento de los suelos utilizados para la producción del alimento de los animales.



*Figura 14: Ejemplo de instalación de biodigestor*



*Figura 15: Biodigester de flujo continuo (izq) y de laguna cubierta (der)*



*Figura 16: Biodigester de mezcla completa*

Para más recomendaciones y posibilidad de armar tu propio Reporte Energético del establecimiento, te contamos que ya está disponible la Calculadora de Ahorro y Eficiencia Energética «Sumá Eficiencia». ¡Ingresá [aquí!](#)

## Referencias y bibliografía

- «Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina – Diagnóstico Sector Primario», 2019  
[https://eficienciaenergetica.net.ar/img\\_publicaciones/04281550\\_01-DiagnosticoSectorPrimario](https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04281550_01-DiagnosticoSectorPrimario)
- «Guía de Eficiencia Energética para Motores Eléctricos», ex Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética de la Nación, ex Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2017  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_de\\_eficiencia\\_energetica\\_para\\_motores\\_electricos.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_eficiencia_energetica_para_motores_electricos.pdf)
- Curso de Formación y Actualización de «Gestores Energéticos para la Industria», Secretaría de Energía, Ministerio de Desarrollo Productivo de Santa Fe, 2024  
<https://www.santafe.gob.ar/ms/eficienciaenergetica/industria-comercio/gestores-energeticos/>
- «Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural» - Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, 1993  
<https://www.fao.org/4/x5027s/x5027S05.htm>
- «Mantenimiento de las herramientas y maquinarias» - Instituto Nacional de la Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay, 1990  
<http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807153736.pdf>
- «Refrigeración artificial de granos postcosecha» - INTA Ediciones Centro Regional Entre Ríos / EEA Paraná, 2022  
<https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az5827.pdf>
- «Eficiencia de cosecha y almacenamiento de granos» - INTA Ediciones, 2020  
[https://backend.educ.ar/refactor\\_resource/get-attachment/1951](https://backend.educ.ar/refactor_resource/get-attachment/1951)
- «Pautas para lograr un almacenamiento seguro» - INTA, 2019  
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/pautas-para-lograr-un-almacenamiento-seguro>

Participaron en la redacción de este documento:

Secretaría de Energía del Ministerio Desarrollo Productivo de Santa Fe

- Ing. María Cecilia Mijich, Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética
- Mgtr. Ing. Marco A. Massacesi, Director Provincial de Eficiencia Energética
- Ing. Gretel Padinger, Equipo Técnico de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética
- Ing. Pablo Rivoira, Equipo Técnico de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética

Secretaría de Agricultura y Ganadería del Ministerio Desarrollo Productivo de Santa Fe

- Ing. Damián Scarabotti, Director Provincial de Ganadería y Sanidad Animal