

Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos

Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria

Editado por Bernadette Abadía y Ricardo Bartosik

PRECOP - Proyecto Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos



■ Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

PROYECTO DE EFICIENCIA DE POSCOSECHA

Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos

***Hacia el agregado de valor en origen
de la producción primaria***

Editado por

Bernadette Abadía y Ricardo Bartosik

Ediciones INTA

Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos
Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria

Editadores: Bernadette Abadía y Ricardo Bartosik

PROYECTO DE EFICIENCIA DE POSCOSECHA

1a. Edición Ediciones INTA. CABA

Cantidad de ejemplares: 1000

ISBN: 978-987-679-264-6

IMPRENTA: ERREGE & Asociados

MAYO 2013

631.56 Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos : hacia el agregado de
M31 valor en origen / editado por: Bernadette Abadía y Ricardo Bartosik. –
 Buenos Aires : Ediciones INTA, 2013.
 194 p. : il., fotos

Proyecto de Eficiencia de Poscosecha

ISBN Nº 978-987-679-264-6

i. Abadía, Bernadette. ii. Barosik, Ricardo

GRANOS – TECNOLOGIA POSTCOSECHA – RECOLECCION – MEJOR PRACTICA – BUENAS
PRACTICAS AGRICOLAS – AGREGADO DE VALOR

INTA - DD

© 2013, Ediciones INTA. Libro de edición Argentina

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio, ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

AUTORES POR CAPÍTULO

CAPÍTULO 1

M. Sc. Bernadette Abadía (INTA)
Dr. Ricardo Bartosik (INTA)
Ing. Agr. Leandro Cardoso (INTA)
M. Sc. Diego de la Torre (INTA)
Téc. Quím. Juan José Giorda (APOSGRAN - Laboratorio Litoral SA)

CAPÍTULO 2

M. Sc. Bernadette Abadía (INTA)
Dr. Ricardo Bartosik (INTA)
Ing. Agr. Marcelo Hoyos (BASF Argentina SA)

CAPÍTULO 3

M. Sc. Bernadette Abadía (INTA)
M. Sc. Carolina Rúveda (Crop-Safe SA, una empresa del Grupo FUGRAN)

CAPÍTULO 4

M. Sc. Bernadette Abadía (INTA)

REVISORES POR CAPÍTULO

CAPÍTULO 1:

Ing. Agr. Armando Casalins (Federación de Acopiadores)
Perito Luis Pedro Góngora (Sociedad Agropecuaria de Correa Coop. Ltda.)
Ing. Martín Igartúa (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata)
Ing. Agr. Rubén Roskopf (INTA)

CAPÍTULO 2:

M. Sc. Dora Carmona (INTA)
Ing. Agr. Bárbara Carpaneto (INTA)
Ing. Agr. Armando Casalins (Federación de Acopiadores)
Ing. Agr. Guillermo Laitano (Rizobacter Argentina SA)
Ing. Agr. DEA Pablo Manetti (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata)
Ing. Agr. Guillermo Romero (APOSGRAN – FUGRAN Comercial e Industrial SA)
Ing. Agr. Domingo Yanucci (Consulgran – Granos)

CAPÍTULO 3:

Ing. Fabián Balbi (SIHISEIN)
Lic. Hig. y Seg. Leonardo Marcucci (INTA)

CAPÍTULO 4:

Ing. Fabián Balbi (SIHISEIN)
Ing. Daniel Díaz (OPDS)
M. Sc. Carolina Rúveda (Crop-Safe SA, una empresa del Grupo FUGRAN)

ÍNDICE

PRÓLOGO	11
1. ¿Qué son las Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos?	11
2. Beneficios	11
3. A quiénes va dirigido este Manual	12
4. Alcance	12
5. Estructura	12
6. Renuncia de responsabilidad	12
 CAPÍTULO I	 13
<i>Manejo eficiente del grano en la poscosecha</i>	
1. Preparación de las instalaciones para el almacenamiento	15
1.1 Limpieza	16
1.2 Tratamiento con insecticidas preventivos	16
1.3 Reparaciones	17
2. Recepción del grano: muestreo	17
2.1 Granos transportados a granel	17
2.1.1 Camiones	17
2.1.2 Vagones	18
2.1.3 Barcazas	19
2.2 Granos fraccionados en bolsas	19
3. Clasificación de granos	20
4. La humedad de los granos	21
4.1 Definición de humedad	21
4.2 La humedad relativa de equilibrio	22
4.3 La humedad y el tiempo de almacenamiento seguro	25
4.4 Medición de humedad	28
5. Limpieza del grano	29
6. Secado	31
6.1 Secado a alta temperatura	32
6.1.1 Tipos de secadoras de alta temperatura	32
6.1.2 Calidad del grano	33
6.1.2.1 Seca-aireación	35
6.1.3 Eficiencia energética	36
6.1.4 Medición de humedad luego del secado	37
6.2 Secado a baja temperatura	38
6.2.1 Componentes de un sistema de secado con aire natural/baja temperatura	38
6.2.2 Dependencia de la condición climática	39
6.2.3 Riesgos del sistema	39
6.3 Síntesis: recomendaciones generales para optimizar la calidad durante el secado	40
7. Llenado del silo	40
7.1 Descorazonado	40
7.2 Desparramado del material fino	41
7.3 Nivelado de la superficie	42

7.4 Sobrellenado	42
8. Aireación	43
8.1 ¿Para qué se utiliza la aireación?	43
8.2 El caudal específico	44
8.3 El sentido del flujo del aire	45
8.4 El proceso de enfriamiento de los granos: los ciclos de aireación	46
8.5 Duración del ciclo de aireación	48
8.6 ¿Insuflar o aspirar?	49
8.6.1 Sistemas de presión positiva	50
8.6.2 Sistemas de presión negativa	51
9. Estrategias de aireación	52
9.1 Enfriar grano seco	52
9.1.1 La relación entre el clima y la aireación	52
9.1.2 Aireación en etapas	53
9.1.3 Selección de temperaturas de aireación	55
9.1.4 La importancia de seleccionar correctamente la temperatura de aireación	55
9.1.5 Las ventajas de la automatizar la aireación	57
9.1.6 Cambios en la humedad del grano durante la aireación	58
9.2 Mantener grano húmedo por un breve período	59
9.3 Acondicionar por humedad	59
10. Ingeniería de aireación	60
10.1 La resistencia del aire: presión estática	60
10.2 Ventiladores	62
10.2.1 Conociendo al ventilador: curvas de presión - caudal	62
10.2.2 Tipos de ventiladores	63
10.2.3 Configuración de ventiladores en serie o en paralelo	64
10.2.4 Selección de ventiladores	65
10.3 Ductos y pisos perforados	66
10.3.1 Transiciones	66
10.3.2 Ductos y pisos perforados	67
10.3.2.1 Dimensiones de los ductos	70
10.3.2.2 Relación entre altura del granel y ancho del recinto	72
10.3.2.3 Número y separación entre ductos	72
10.3.2.4 Sección ciega	72
10.3.2.5 Codos y constricciones	73
10.3.3 Aberturas de entrada y salida del aire	73
10.4 AireAr: una herramienta informática para dimensionar sistemas de aireación	74
11. Refrigeración artificial de granos	75
12. El grano ya está frío y seco: sellado del silo	77
13. Monitoreo del grano almacenado	77
13.1 Temperatura	77
13.2 Insectos	79
13.3 Otras consideraciones de importancia a la hora de monitorear	79
14. Manejo de granos en bolsas plásticas	79
14.1 Elección del terreno y planificación de la ubicación de las bolsas	80

14.2 Confección de la bolsa	82
14.3 Monitoreo de la calidad del grano almacenado	83
14.4 Sellado de roturas y sitios de muestreo	88
15. Mantenimiento y calibración de equipos	88
15.1 Balanzas	89
15.2 Termómetros	89
15.3 Estufas	89
15.4 Cápsulas para humedad	90
15.5 Humedímetros	90
15.6 Zarandas	91
16. Trazabilidad	91
16.1 ¿De qué se trata?	91
16.2 Trazabilidad en el manejo de granos a granel	91
16.3 Registros	92
17. Bibliografía consultada para este capítulo	93

CAPÍTULO II

95

Control integrado de plagas de granos almacenados

1. Control integrado de insectos	97
1.1 ¿De dónde provienen los insectos que infestan los granos almacenados?	98
1.2 Prevenir la infestación	98
1.2.1 Antes del ingreso de la mercadería	98
1.2.2 Durante el llenado del depósito	100
1.2.3 Después del llenado del depósito	100
1.3 Insecticidas de granos almacenados	101
1.3.1 Principios activos registrados en Argentina y clasificación	101
1.3.2 Consideraciones acerca del uso de DDVP	103
1.3.3 Recomendaciones para una pulverización efectiva	103
1.3.4 Cálculo de la cantidad de insecticida a aplicar	104
1.3.5 Sitios de aplicación	106
1.4 Identificación de los insectos plagas más frecuentes del almacenamiento	106
1.4.1 Plagas de infestación interna o primaria	107
1.4.1.1 Palomita de los cereales (<i>Sitotroga cerealella</i>)	107
1.4.1.2 Taladrillo de los granos (<i>Rhyzopertha dominica</i>)	107
1.4.1.3 Gorgojos (<i>Sitophilus spp</i>)	108
1.4.1.4 Gorgojo del poroto (<i>Acanthoscelides obtectus</i> Say)	109
1.4.1.5 Brucho de la arveja (<i>Bruchus pisorum</i> L.)	109
1.4.2 Plagas de infestación externa o secundaria	110
1.4.2.1 Polilla de la fruta seca (<i>Plodia interpunctella</i>)	110
1.4.2.2 Polilla de la harina (<i>Ephestia kuehniella</i>)	110
1.4.2.3 Tribolio castaño (<i>Tribolium castaneum</i>) y tribolio confuso (<i>Tribolium confusum</i>).	111
1.4.2.4 Carcoma dentada de los granos (<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.)	111
1.4.2.5 Carcoma achatada de los granos (<i>Cryptolestes ferrugineus</i>)	112
1.4.2.6 Gusano amarillo de la harina (<i>Tenebrio molitor</i>)	112
1.4.2.7 Piojo de los libros (<i>Liposcelis divinatorius</i>)	113
1.4.2.8 Ácaro de la harina (<i>Acarus siro</i>)	113
1.5 Monitoreo de insectos	114

1.5.1	Dispositivos de muestreo: calador y cucharín	114
1.5.2	Trampas de caída	115
1.5.3	Trampas de feromonas	115
1.5.4	Trampas de alimento	116
1.5.5	¿Con qué frecuencia muestrear?	117
1.6	Métodos para el control de insectos	117
1.6.1	Fumigantes: gas fosfina	117
1.6.1.1	Claves para una fumigación exitosa: hermeticidad y dosificación	118
1.6.1.2	Duración de la fumigación	122
1.6.1.3	Métodos para aplicar pastillas y comprimidos de fosfuro metálico	123
1.6.1.4	Fumigación en circuito cerrado	125
1.6.1.5	Generador de gas fosfina	126
1.6.1.6	Medición de fosfina	127
1.6.1.7	Límite máximo de residuos de fosfina	129
1.6.1.8	Aclaraciones sobre la aplicación de productos fitosanitarios en camiones y vagones en tránsito	129
1.6.1.9	Síntesis: modelo de decisión para la aplicación de insecticidas en el grano y las instalaciones	130
1.6.2	Atmósferas modificadas	130
1.6.3	Métodos biológicos de control	132
1.7	12 Pasos fundamentales del control integrado de insectos	132
1.8	Bibliografía consultada para esta sección	132
2.	Control integrado de roedores	133
2.1	Características de los roedores relevantes para un programa de control	134
2.2	Programa de control de roedores: enfoque y planificación	137
2.3	Programa de control de roedores: herramientas	138
2.3.1	Prevención	138
2.3.2	Control directo: rodenticidas	139
2.3.2.1	Criterios para la elección del rodenticida	139
2.3.2.2	Colocación de cebos rodenticidas y monitoreo	140
2.4	Bibliografía consultada para esta sección	142

Capítulo III

143

Seguridad y salud ocupacional en la poscosecha de granos

1.	Gestión de la seguridad y la salud ocupacional: desarrollando un plan de acción	146
2.	Principales riesgos y recomendaciones para su prevención	147
2.1	Encendido accidental de maquinaria y equipamiento	147
2.2	Riesgo eléctrico	149
2.3	Caídas por trabajo en altura	149
2.4	Caída por aberturas en pisos y/o paredes	150
2.5	Espacios confinados	150
2.5.1	¿Cuántas personas se necesitan para ingresar a una estructura de almacenamiento de granos?	151
2.5.2	Atmósferas peligrosas	151
2.5.3	Atrapamiento en la masa de granos	152
2.5.4	Temperaturas elevadas	154
2.5.5	Explosiones e incendios	154
2.5.6	Síntesis: los 8 principios básicos para la entrada a un espacio confinado de almacenamiento de granos	156
2.6	Sustancias fitosanitarias	156

2.6.1 Riesgo en el uso de fitosanitarios: toxicidad y exposición	157
2.6.2 La importancia de la etiqueta y la hoja de seguridad	158
2.6.3 Elementos de protección personal	163
2.6.4 Almacenamiento	161
2.6.5 Disposición final: triple lavado y destino de envases vacíos	162
2.6.6 Señalización de áreas y mercadería tratada	164
2.6.7 Las 10 reglas de oro para el uso seguro de fitosanitarios	165
2.6.8 Precauciones especiales en el uso de fosfuros metálicos	165
3. Plan de emergencia	166
3.1 Los servicios de emergencias	166
3.2 Entrenamiento en primeros auxilios	166
3.3 Procedimiento: atrapamiento en silos	167
3.4 Procedimiento: derrame de sustancias fitosanitarias líquidas	168
3.5 Procedimiento: intoxicación aguda con productos fitosanitarios	168
4. Bibliografía consultada para este capítulo	169

CAPÍTULO IV **171**

Conservación del medio ambiente

1. Tráfico de vehículos	173
2. Material particulado	173
3. Emisiones sonoras	174
4. Preservación de recursos naturales	174
4.1 Agua	174
4.2 Fauna y flora	174
4.3 Energía	174
5. Productos fitosanitarios	175
6. Gestión de residuos	175
7. Plagas y vectores	175
8. Incendios y explosiones	175
9. Síntesis: plan de acción	176
10. Bibliografía consultada en este capítulo	177

ANEXO **171**

Anexo I	181
Anexo II	192
Anexo III	193

PRÓLOGO

1. ¿Qué son las Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos?

La Argentina enfrenta el desafío de agregar valor a sus granos en origen a través de la agroindustria. Para ello se requiere un enfoque sistémico que contemple a la producción primaria, la poscosecha y el procesamiento agroindustrial como parte de un único proceso integral -la fabricación de alimentos-, cuyo éxito final dependerá de la sinergia entre los tres componentes.

El desafío de agregar valor en origen se presenta además en un contexto complejo. Los consumidores del mundo cada vez más prefieren alimentos seguros para su salud, producidos con respeto al medioambiente y preservando el bienestar de los trabajadores. La aparición continua de normativas internacionales para reducir los límites permitidos de pesticidas y micotoxinas, y una presión cada vez mayor para la incorporación de las Buenas Prácticas en todos los eslabones de la cadena de valor de los granos son reflejo de esta situación.

Para consolidarse como productora y exportadora de alimentos de alto valor agregado, la Argentina debe anticiparse a estas tendencias como medio para acceder a mercados internacionales altamente competitivos, pero sobre todo para incorporar prácticas productivas más sustentables desde el punto de vista económico y ambiental, y para cuidar la salud de los consumidores argentinos y del mundo.

Como parte fundamental de la cadena de valor, implementar las Buenas Prácticas en la etapa de Poscosecha resulta imprescindible para enfrentar el desafío. En este contexto, el Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos ofrece normas y recomendaciones técnicas aplicables a las actividades de poscosecha de los granos orientadas a lograr cuatro objetivos fundamentales:

- 1) minimizar las pérdidas de calidad de los granos durante la etapa de poscosecha,
- 2) garantizar la inocuidad de la materia prima para el proceso agroindustrial,
- 3) mejorar la seguridad de los trabajadores involucrados en los procesos de poscosecha, y
- 4) disminuir el impacto medioambiental.

El propósito final de este Manual es contribuir, desde el eslabón de la poscosecha, a la inocuidad de los alimentos derivados de los granos, así como a la sustentabilidad económica, ambiental y social de toda la cadena de valor de los granos.

2. Beneficios

Algunos beneficios derivados de implementar las Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos, tanto para las empresas como para el país en su conjunto, son:

- Mejor articulación con el proceso de transformación agroindustrial de los granos
- Posibilidad de diferenciar los granos
- Posibilidad de acceder a mercados exigentes en cuanto a calidad
- Menores costos por la utilización racional de insumos y servicios
- Menores pérdidas de granos debidas a deterioros de calidad
- Menores problemas y costos logísticos por rechazos de mercadería debidos a residuos de fitosanitarios y micotoxinas
- Mejores condiciones de trabajo y trabajadores más informados
- Alimentos inocuos para personas y animales
- Menos contaminación del medioambiente

3. A quiénes va dirigido este Manual

El Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos va dirigido al personal técnico y profesional relacionado con las actividades y servicios del sector de poscosecha e industrialización de los granos, a saber: gerentes, jefes y consultores de plantas de acopio de granos e industrias procesadoras que almacenan granos, productores que operen instalaciones de acopio de granos, organizaciones proveedoras de insumos y servicios para plantas de acopio e industrias procesadoras que almacenan granos, y estudiantes de carreras relacionadas a la actividad de poscosecha e industrialización de granos.

4. Alcance

El Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos alcanza las operaciones de recepción, clasificación, acondicionamiento, almacenamiento y despacho de granos desarrolladas en silos, celdas, depósitos y bolsas plásticas. Este Manual no posee injerencia sobre los procesos que atraviesan los granos antes y después de su almacenamiento. Por este motivo, los autores recomiendan la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas en la etapa de producción primaria y de Buenas Prácticas de Manufactura en la etapa de elaboración de alimentos derivados de los granos, para asegurar la calidad desde el origen hasta el producto terminado.

5. Estructura

El Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos se encuentra organizado en cuatro capítulos, con sus correspondientes anexos:

1. Manejo eficiente del grano. Contiene recomendaciones para optimizar los procesos de almacenamiento y la calidad e inocuidad del grano en estructuras fijas y bolsas plásticas, incluyendo preparación de instalaciones, medición de humedad, llenado del recinto, aireación, monitoreo, calibración de equipos y trazabilidad del grano, entre otros.
2. Control integrado de plagas. Contiene recomendaciones para evitar los daños causados por plagas de granos almacenados, principalmente insectos y roedores. El enfoque es prevenir la aparición de las plagas mediante la combinación de diferentes prácticas para minimizar la necesidad de control y, al mismo tiempo, preservar la inocuidad del grano.
3. Seguridad y salud ocupacional en la poscosecha. Contiene recomendaciones orientadas a promover y proteger la salud de los trabajadores. El objetivo es prevenir accidentes y enfermedades laborales mediante el análisis y la reducción de las condiciones de riesgo.
4. Mitigación del impacto medioambiental. Contiene recomendaciones para minimizar el impacto ambiental de las actividades de poscosecha, especialmente el relacionado a emisión de material particulado, ruidos, generación de residuos, plagas y explosiones, entre otros.

6. Renuncia de responsabilidad

El Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos ha sido confeccionado de buena fe en base a información científico-técnica disponible hasta la fecha de publicación, con el propósito de contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos productivos, preservar la inocuidad del grano, proteger la salud de los trabajadores y minimizar el impacto ambiental durante la poscosecha de granos. Los lectores son responsables de utilizar el sentido común y de recurrir al asesoramiento profesional correspondiente para la adecuada implementación de toda recomendación del Manual, especialmente cuando puedan involucrar la salud y la seguridad de las personas. Ni el INTA ni los autores se responsabilizan por ninguna pérdida, daño y/o costo incurrido a razón de la aplicación de las recomendaciones ofrecidas en el Manual. La aplicación de las recomendaciones ofrecidas en este Manual está supeditada al cumplimiento de la legislación nacional, provincial y/o municipal vigente.

CAPÍTULO I

Manejo Eficiente del Grano en la Poscosecha



Manejo Eficiente del Grano en la Poscosecha

El objetivo del almacenamiento de los granos debe ser preservarlos por períodos más o menos prolongados de tiempo sin que se deterioren ni la calidad ni la inocuidad con que han sido cosechados, para maximizar la calidad de los alimentos de alto valor agregado que derivan de ellos.

Los deterioros de calidad a los que nos referiremos aquí se relacionan con propiedades tales como porcentaje de proteínas, almidón, aceite, calidad panadera, porcentaje de granos dañados y valor nutritivo, entre otras. Por inocuidad entendemos que el alimento no causará un daño a la salud del consumidor si se lo consume según el uso indicado.

Para reducir las pérdidas de calidad y de inocuidad debe comprenderse que los granos tienen dos enemigos principales: los hongos y los insectos. En consecuencia, todos los esfuerzos que se realicen durante la poscosecha deben estar claramente orientados a prevenir el desarrollo de estos organismos perjudiciales para el granel.

A su vez, la prevención efectiva de estos organismos se basa en el manejo de dos variables fundamentales: la temperatura y la humedad de los granos. Concretamente, el principio básico del almacenamiento es mantener los granos fríos y con una humedad cercana a la de recibo durante todo el período de almacenaje. Al reducirse la fuente de calor y de agua, los hongos y los insectos no pueden desarrollarse normalmente.

Es importante además que el grano esté limpio y sano antes de ingresar al almacenamiento. Por limpio, se entiende que el grano no debe contener tierra, granos partidos o materias extrañas, ya que estas partículas suelen presentar mayor contenido de humedad, de hongos y de micotoxinas, y son más fácilmente atacables por los insectos. Por sano, se entiende que el grano esté libre de insectos en cualquiera de sus estadios de desarrollo.

Grano Frío + Seco + Sano + Limpio = Grano Almacenable + Inocuo + de bajo impacto medioambiental + más seguro para los trabajadores

Tal como se profundizará en este Capítulo, las prácticas centrales para mantener la calidad y la inocuidad radican en contar con una metodología apropiada para controlar y reducir la humedad de los granos, en la efectiva limpieza de las instalaciones, el llenado correcto del silo, la ventilación adecuada y el monitoreo cuidadoso de la mercadería.

Al mismo tiempo, estas prácticas permiten reducir el uso de productos fitosanitarios y mejorar la higiene general del establecimiento de acopio, contribuyendo a la inocuidad de los granos, a la preservación del medioambiente y al cuidado de la salud de los trabajadores involucrados.

La calidad de los granos nunca mejora durante el almacenamiento, pero mediante prácticas adecuadas de poscosecha es posible reducir las pérdidas de calidad a niveles mínimos así como resguardar la inocuidad, cuidar el medioambiente y proteger la salud de los trabajadores.

1. Preparación de las Instalaciones para el Almacenamiento

Preparar las instalaciones en forma adecuada previamente a la llegada de los granos constituye un factor clave para mantener la calidad. Operaciones sencillas como la limpieza, la reparación de la infraestructura y la desinfección ayudarán a obtener granos inocuos a la vez que permitirán ahorrar mucho dinero, evitando pudrimientos, pérdidas de calidad y aplicaciones innecesarias de productos fitosanitarios.

1.1 Limpieza

Las operaciones de limpieza deben realizarse para remover todos los restos de granos y otras contaminaciones (excrementos, restos de animales, insectos, objetos extraños, etcétera) que pueden producirse durante las operaciones de la poscosecha.

Hay dos razones fundamentales que justifican la implementación de un estricto programa de limpieza de las instalaciones:

- 1) La limpieza es el punto de partida para un control de plagas exitoso. Siempre se debe tener en cuenta que los restos de granos y el polvo que permanecen dentro de las instalaciones son fuente de alimento para los insectos (además de roedores y aves). Por lo tanto, una mala higiene favorecerá el desarrollo de poblaciones de insectos que atacarán el producto una vez que los silos estén llenos, generando pérdidas económicas.
- 2) La limpieza es la base para lograr granos inocuos, porque permite remover posibles agentes microbiológicos perjudiciales para la salud presentes en las estructuras de almacenamiento (como los gérmenes presentes en excrementos de animales, restos de animales muertos, etcétera) a la vez que disminuye la necesidad de aplicar insecticidas.

***La limpieza debe realizarse con fines sanitarios y no únicamente con fines estéticos.
Por lo tanto, debe limpiarse donde se ve y también donde no se ve.***

Asimismo, la limpieza evita que se acumule el polvillo de los granos que puede resultar explosivo bajo ciertas condiciones.

La limpieza de las instalaciones debe realizarse antes de la cosecha y debe mantenerse durante el resto del ciclo operativo. Brevemente, las operaciones de limpieza deberían incluir:

- Transportadores de granos: norias, sinfines, caños de carga y descarga, cintas transportadoras
- Vehículos de transporte: camiones, tolvas, carros
- Estructuras de almacenaje por dentro y fuera: piso, conductos, paredes laterales, techo, bocas de inspección, ventiladores.

Para mayor profundidad acerca de la limpieza, véase Capítulo II - Sección 1.2.1 y Capítulo III – Sección 2.3.5.

Más limpieza = menos insectos = menos insecticidas = más inocuidad = más ahorro

1.2 Tratamiento con insecticidas preventivos

De forma complementaria a las operaciones de limpieza, se puede realizar un tratamiento de las instalaciones vacías con insecticidas residuales para prevenir la entrada de insectos desde el exterior hacia el interior del silo y para eliminar alguna pequeña población de insectos remanentes.

Esta práctica puede resultar necesaria principalmente en zonas geográficas cálidas y con fuerte presión de insectos. No obstante, nunca reemplaza a la limpieza sino que la complementa. Para una explicación detallada sobre estos tratamientos, vea las Secciones 1.2 y 1.3 del Capítulo II.

1.3 Reparaciones

Previamente a la llegada del grano se debe controlar y reparar goteras y filtraciones en los sistemas de almacenaje y sistemas de transporte del grano. Téngase en cuenta que la entrada de agua en estas estructuras generará las condiciones propicias para el desarrollo de hongos, resultando en un rápido deterioro de los granos.

2. Recepción del Grano: Muestreo

El muestreo del grano es una parte esencial del proceso de inspección y posterior clasificación de los mismos según su calidad comercial. El primer paso para determinar con precisión la calidad de los granos es asegurarse de tomar una muestra representativa de cada lote, es decir, obtener una pequeña porción de granos que refleje con la mayor exactitud posible las propiedades del lote completo del que proviene.

El muestreo es una práctica fundamental en la poscosecha ya que si no se conoce la condición de la mercadería es imposible trabajarla correctamente.

A continuación, se describen las metodologías para obtener muestras representativas de granos según la modalidad de transporte de la mercadería, en base a la Resolución SAGyP 1075/94 – Anexo XXII. Siempre se debe respetar el número mínimo de muestras a extraer en cada situación pues la muestra representa una fracción muy pequeña del total; de lo contrario, no se dispondrá de una muestra que sea representativa. Para el ejemplo típico de un camión con acoplado en el que se realizan 8 caladas, considérese que una calada está representando a 4 toneladas de grano.

En el muestreo de vehículos que transportan granos, tenga en cuenta que se toma una muestra muy pequeña: sólo 1 kilogramo por cada 4000 kilogramos de granos. Esto equivale a...

... 1 metro en 4 kilómetros

... 1 vaso en 1000 litros

... 1 segundo en 1 hora

Por lo tanto, se debe buscar la mayor representatividad posible.

En todos los casos, se deben combinar las muestras tomadas y mezclarlas bien para formar una única muestra final. Sobre la muestra final se realizará la medición del contenido de humedad y los análisis de calidad correspondientes.

2.1 Granos transportados a granel

La metodología a utilizar en el muestreo depende del tipo de vehículo en que se transporten los granos.

En todos los casos, se deben combinar las muestras tomadas y mezclarlas bien para formar una única muestra final. Sobre la muestra final se realizará la medición del contenido de humedad y los análisis de calidad correspondientes.

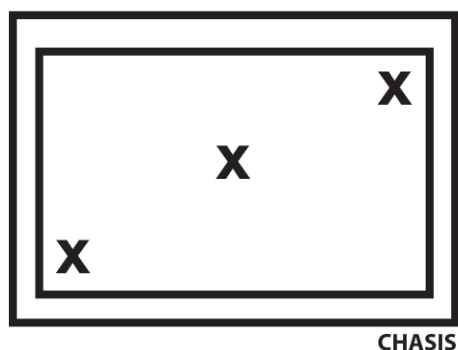
2.1.1 Camiones

Cuando la mercadería se encuentre a granel en camiones, se debe calar cada vehículo introduciendo el calador en forma perpendicular a la superficie del grano e intentando alcanzar la mayor profundidad posible.

En los chasis se debe realizar un mínimo de tres caladas, distribuidas de la siguiente forma (Fig. 2.1): en dos de los cuatro ángulos del vehículo, a cuarenta centímetros aproximadamente de la pared, y una en el centro. Además, se debe extraer 250 gramos del conjunto de boquillas (las aperturas existentes en la parte inferior de la caja del chasis del camión), si las hubiere.

Figura 2.1

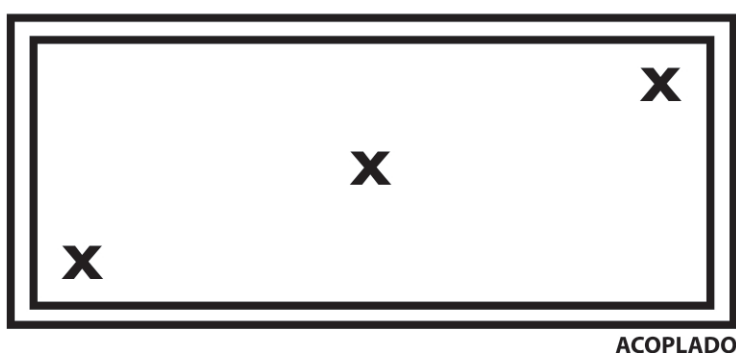
Caladas en chasis de camión



En los acoplados se debe proceder en forma similar al chasis pero realizando un mínimo de cinco caladas (Fig. 2.2): cuatro en cada ángulo del vehículo, a cuarenta centímetros aproximadamente de la pared, y una en la zona central del mismo. Además, se debe extraer 250 gramos del conjunto de boquillas si las hubiere.

Figura 2.2

Caladas en acoplado de camión

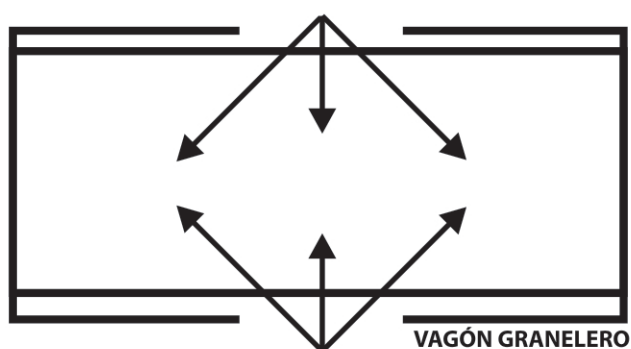


2.1.2 Vagones

Cuando la mercadería es transportada en vagones, el procedimiento depende del tipo de vagón. En los vagones graneleros convencionales sin compuerta superior (Fig. 2.3), se debe realizar como mínimo tres caladas por cada puerta lateral, una en dirección al centro y dos hacia los laterales, intentando alcanzar buena profundidad.

Figura 2.3

Caladas en vagón granelero



En los vagones tolva y graneleros convencionales con abertura superior (Fig. 2.4) se debe extraer muestras a través de cada una de las compuertas, realizando como mínimo ocho caladas por vagón, intentando llegar en profundidad y a los laterales.

Figura 2.4

Caladas en vagones tolva y graneleros con abertura superior



En vagonetas tolva o carrilines (Fig. 2.5), se debe realizar una calada en el centro con calador y completar la muestra con cucharín a medida que se descarga.

Figura 2.5

Caladas en vagonetas tolva



2.1.3 Barcazas

Cuando se trate de grano transportado en barcazas, se debe realizar un mínimo de veinte caladas distribuidas uniformemente en toda la superficie, intentando alcanzar la mayor profundidad posible.

2.2 Granos fraccionados en bolsas

Cuando el grano se encuentra embolsado, el número de bolsas a muestrear depende del número total de bolsas que conforman el lote:

- Cuando el lote está formado por diez bolsas o menos, se muestrean todas.
- Cuando el lote está formado por más de diez bolsas y menos de cien, se recomienda muestrear como mínimo diez bolsas.
- Cuando el lote está formado por más de cien bolsas, se recomienda muestrear como mínimo el número de bolsas indicado en la Tabla 2.1.

Cuando sea necesario seleccionar bolsas para el muestreo, se debe buscar la mayor representatividad posible. Para ello, se recomienda elegir las bolsas al azar y cubrir todos los costados de la estiba, desde arriba hacia abajo. La extracción del grano puede realizarse calando las bolsas (en la zona central superior y avanzando en diagonal) o bien abriéndolas.

Tabla 2.1

Número de bolsas a muestrear dependiendo del número de bolsas del lote

NÚMERO DE BOLSAS			NÚMERO DE BOLSAS			NÚMERO DE BOLSAS		
de	hasta	a muestrear	de	hasta	a muestrear	de	hasta	a muestrear
101	121	11	1682	1764	42	5185	5329	73
122	144	12	1765	1849	43	5330	5476	74
145	169	13	1850	1936	44	5477	5625	75
170	196	14	1937	2024	45	5626	5776	76
197	225	15	2025	2116	46	5777	5929	77
226	256	16	2117	2209	47	5930	6084	78
257	289	17	2210	2304	48	6085	6241	79
290	324	18	2305	2401	49	6242	6400	80
325	361	19	2402	2500	50	6401	6561	81
362	400	20	2501	2604	51	6562	6724	82
401	441	21	2605	2704	52	6725	6889	83
442	484	22	2705	2809	53	6890	7056	84
485	529	23	2810	2916	54	7057	7225	85
530	576	24	2917	3025	55	7226	7396	86
577	625	25	3026	3136	56	7397	7569	87
626	676	26	3137	3249	57	7570	7744	88
677	729	27	3250	3364	58	7745	7921	89
730	784	28	3365	3481	59	7922	8100	90
785	841	29	3482	3600	60	8101	8281	91
842	900	30	3601	3721	61	8282	8464	92
901	961	31	3722	3844	62	8465	8649	93
962	1024	32	3845	3969	63	8650	8836	94
1025	1089	33	3970	4096	64	8837	9025	95
1090	1156	34	4097	4225	65	9026	9216	96
1157	1225	35	4226	4356	66	9217	9409	97
1226	1296	36	4357	4489	67	9410	9604	98
1297	1369	37	4490	4624	68	9605	9801	99
1370	1444	38	4625	4761	69	9802	10000	100
1445	1521	39	4762	4900	70			
1522	1600	40	4901	5041	71			
1601	1681	41	5042	5184	72			

Fuente: Resolución SAGyP 1075/94 - Norma XXII

3. Clasificación de Granos

El proceso de clasificación de los granos consiste en la evaluación de una serie de características de los mismos para determinar su calidad. Dependiendo del tipo de grano, corresponderá evaluar peso hectolítrico, materias extrañas, granos rotos, granos dañados, acidez y/o materia grasa.

En Argentina, las pautas para la clasificación de los distintos granos se encuentran estipuladas en las Normas Oficiales de Comercialización de Granos. Para consultar las normas vigentes actualmente en Argentina se puede acceder a la siguiente dirección web: <http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=1447&io=15047>

4. La Humedad de los Granos

4.1 Definición de Humedad

El concepto de Humedad de los granos hace referencia a la cantidad de agua contenida en los mismos, por unidad de masa del grano.

El contenido de humedad de los granos puede expresarse tanto en “base húmeda” como en “base seca” (Ecuaciones 4.1 y 4.2). La primera modalidad es la más utilizada entre productores, comerciantes y procesadores de grano y es la empleada típicamente en los estándares de comercialización. La segunda modalidad es usada por los ingenieros para describir la tasa de secado.

Ecuación 4.1

Contenido de humedad en Base Húmeda

$$\text{CH bh (\%)} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa de grano sin secar}} \times 100$$

Ecuación 4.2

Contenido de humedad en Base Seca

$$\text{CH bs (\%)} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa de grano seco}} \times 100$$

Veamos un ejemplo de cómo calcular cada una. Supóngase una muestra de maíz cuyo peso es de 10 gramos. Una fracción del peso corresponderá al agua contenida en el grano y la otra fracción corresponderá a la materia seca. En este ejemplo, tómese como 2 gramos el peso del agua y como 8 gramos el de la materia seca.

La humedad de esta muestra de maíz se expresará entonces en base húmeda y en base seca según las Ecuaciones 4.1 y 4.2:

*Contenido de Humedad de la muestra
Expresado en Base Húmeda*

$$\text{CH bh (\%)} = \frac{2 \text{ gr}}{2 \text{ gr} + 8 \text{ gr}} \times 100 = 20\%$$

*Contenido de Humedad de la muestra
Expresado en Base Seca*

$$\text{CH bs (\%)} = \frac{2 \text{ gr}}{8 \text{ gr}} \times 100 = 25\%$$

Generalmente, la humedad de los granos se expresa en base húmeda; si se desear hacer referencia expresa a la humedad en base seca, se lo debería aclarar.

Conocer el contenido de humedad de los granos es imprescindible para una adecuada conservación de los mismos durante la poscosecha, pues la humedad determinará en gran medida el período durante el cual el grano puede ser almacenado sin que se deteriore su calidad. Por lo tanto, conocer la humedad será fundamental para tomar la mejor decisión en cuanto a secar el grano, acondicionarlo o almacenarlo directamente.

4.2 La Humedad Relativa de Equilibrio

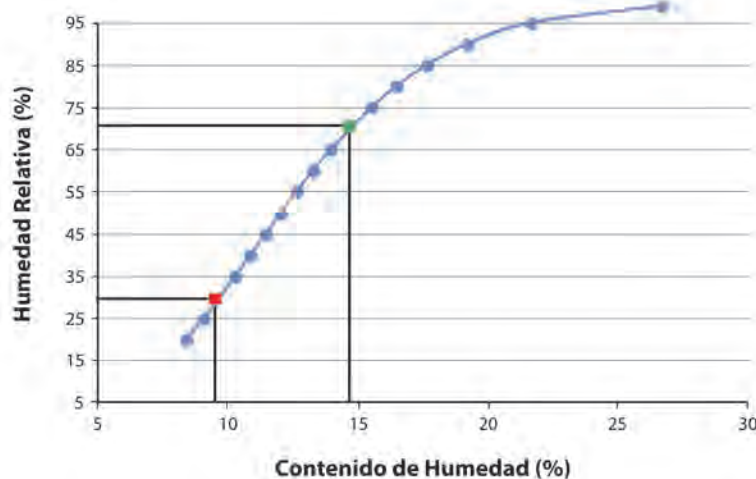
El contenido de humedad de los granos guarda una relación directa con la humedad relativa del ambiente dada por la “Humedad Relativa de Equilibrio”. El concepto de Humedad Relativa de Equilibrio permite comprender por qué el control de la humedad de los granos es fundamental para su adecuada conservación.

En un espacio confinado como puede ser un silo, al estar lleno de grano, el contenido de humedad del grano será el que determine cuál es la humedad relativa del espacio intergranario (independientemente de la humedad relativa del aire que está fuera del silo), siempre que no haya circulación forzada de aire.

Para cada valor de humedad del grano existe un valor de humedad relativa en el cual las presiones de vapor de agua del grano y del ambiente son iguales; en este punto de equilibrio, no hay cambios netos de humedad ni en el grano ni en el espacio intergranario. La relación entre la humedad del grano y la humedad del espacio intergranario está dada por la curva de Humedad Relativa de Equilibrio, que depende de la temperatura y del tipo de grano. La Fig. 4.1 muestra un ejemplo de curva de Humedad Relativa de Equilibrio. En particular, se trata de la curva de Humedad Relativa de Equilibrio de maíz a 10°C de temperatura. En el eje horizontal está representada la humedad del grano (en porcentaje) y en el eje vertical esta representada la humedad relativa del espacio intergranario (en porcentaje) una vez alcanzado el equilibrio.

Figura 4.1

Curva de Humedad Relativa de Equilibrio para maíz a 10 °C.



Supongamos que se desea almacenar maíz con 10% de humedad y a 10°C en un silo. La curva de Humedad Relativa de Equilibrio de la Fig. 4.1 permite predecir cuál será la humedad relativa del espacio intergranario al alcanzarse el equilibrio. En efecto, al lograrse el equilibrio, la humedad relativa del espacio intergranario será cercana a 30% (cuadrado rojo). En cambio, si el silo fuese llenado con maíz de 15% de humedad, en el equilibrio la humedad relativa del espacio intergranario sería cercana al 70% (cuadrado verde).

Ahora bien: ¿por qué es importante la humedad relativa del espacio intergranario? La respuesta es que la humedad relativa del espacio intergranario será la que determinará en gran medida si los hongos del almacenamiento pueden desarrollarse o no en el granel, dado que estos organismos necesitan un mínimo de humedad relativa para crecer.

Como regla general, cuando la humedad relativa del espacio intergranario es inferior al 67% la mayoría de los hongos del almacenaje no pueden sobrevivir en la masa de granos. A este valor de humedad relativa se lo denomina “Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro”.

El valor específico de la Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro surge de la Tabla 4.1, en la que se muestran las humedades relativas mínimas que necesitan los principales hongos del almacenamiento para crecer (además del rango de temperaturas en el que pueden sobrevivir). En rigor, algunas especies de hongos (*Aspergillus restrictus* y *Aspergillus glaucus*) son capaces de germinar recién por encima del 71-72% de humedad relativa, pero se fija el valor de Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro en 67% para dejar un margen de seguridad.

Tabla 4.1

Condiciones de humedad relativa para germinar y temperaturas mínimas, máxima y óptima para el desarrollo de las especies de hongos más importantes del almacenamiento

HONGO	HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA PARA GERMINAR (%)	TEMPERATURA DE CRECIMIENTO (°C)		
		Mínima	Óptima	Máxima
<i>Alternaria sp.</i>	91	-3	20	36 - 40
<i>Aspergillus candidus</i>	75	10	28	44
<i>Aspergillus flavus</i>	82	6-8	36-38	44 - 46
<i>Aspergillus fumigatus</i>	82	12	37 - 40	50
<i>Aspergillus glaucus</i>	72	8	25	38
<i>Aspergillus restrictus</i>	71 - 72	-	-	-
<i>Cephalosporium acremonium</i>	97	8	25	40
<i>Epicoccum sp</i>	91	-3	25	28
<i>Fusarium moniliforme</i>	91	4	28	36
<i>Fusarium graminearum</i>	94	4	25	32
<i>Mucor sp</i>	91	-3	28	36
<i>Nigrospora oryzae</i>	91	4	28	32
<i>Penicillium funiculosum</i>	91	8	30	36
<i>Penicillium oxalicum</i>	86	8	30	36
<i>Penicillium brevicompactum</i>	81	-2	23	30
<i>Penicillium cyclopium</i>	81	-2	23	30
<i>Penicillium viridicatum</i>	81	-2	23	36

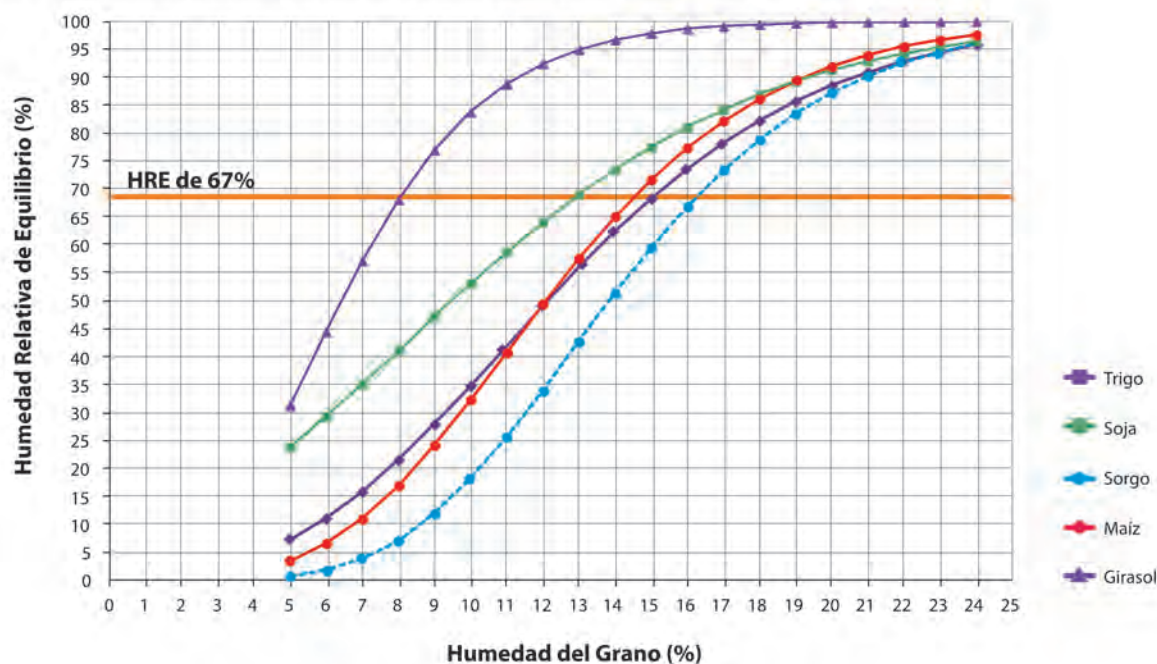
Fuente: adaptado de Tuite, 1986

Teniendo en cuenta que es necesaria una humedad relativa del espacio intergranario inferior al 67% para evitar el desarrollo de hongos, veamos ahora con qué humedad es recomendable almacenar cada grano para lograr ese objetivo. Para ello, es necesario observar las curvas de Humedad Relativa de Equilibrio de cada grano (Fig. 4.2).

En la Fig. 4.2 se muestran las curvas de Humedad Relativa de Equilibrio de girasol (violeta), soja (verde), maíz (rojo), trigo (azul) y sorgo (celeste) a 25°C. En el eje horizontal se encuentra el contenido de humedad del grano (en porcentaje) y en el vertical la Humedad Relativa de Equilibrio (en porcentaje). La línea naranja representa la Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro (es decir, una humedad relativa del espacio intergranario de 67%). Al proyectar en el eje horizontal el punto de intersección entre cada curva y la Humedad Relativa de Equilibrio de 67% se obtiene el contenido de humedad del grano correspondiente a su "Humedad de Almacenamiento Seguro".

Figura 4.2

Curvas de Humedad Relativa de Equilibrio para los principales granos a 25 °C.



Así, la Humedad de Almacenamiento Seguro para maíz es de 14%; para trigo, 14,5%; para sorgo, 15%; para girasol 7,5% y para soja, 12% (siempre a 25°C). Si almacenamos cada grano a una humedad igual o inferior a su Humedad de Almacenamiento Seguro, estaremos minimizando el desarrollo de hongos y favoreciendo la calidad durante el almacenamiento (Tabla 4.2).

Tabla 4.2

Humedad de Almacenamiento Seguro y Humedad de Recibo para los principales granos

GRANO	HUMEDAD DE ALMACENAMIENTO SEGURO A 25 °C (%)	HUMEDAD DE RECIBO (%) (SEGÚN NORMAS OFICIALES DE COMERCIALIZACIÓN)
Maíz	14	14,5
Trigo	14,5	14
Sorgo	15	13,5
Girasol	7,5	11
Soja	12	13,5

Fuente: elaboración propia en base a ASAE y SENASA.

Ahora bien: la humedad de recibo que establecen las Normas Oficiales de Comercialización argentinas no siempre coincide con la Humedad de Almacenamiento Seguro para todos los granos. De acuerdo con la Tabla 4.2, es seguro almacenar los cereales (trigo, sorgo y maíz) a la humedad de recibo, ya que ésta es inferior o igual a la Humedad de Almacenamiento Seguro. En cambio, es riesgoso almacenar las oleaginosas (soja y girasol) a la humedad de recibo, pues ésta es superior a la Humedad de Almacenamiento Seguro.

Regla de Oro del Almacenamiento: “Los granos se deben almacenar con una humedad inferior a la Humedad de Almacenamiento Seguro”

Adicionalmente, la Humedad de Almacenamiento Seguro es afectada por la temperatura de almacenamiento. La regla general es que, a mayor temperatura, la Humedad de Almacenamiento Segura disminuye (Fig. 4.3). En consecuencia, cuando almacenamos granos en las épocas del año más calurosas, es recomendable hacerlo por debajo de la humedad de recibo para evitar los deterioros de calidad.

La Humedad de Almacenamiento Seguro...

... es aquella que evita el desarrollo de hongos en el granel, pues determina una humedad relativa del espacio intergranario menor al 67%.

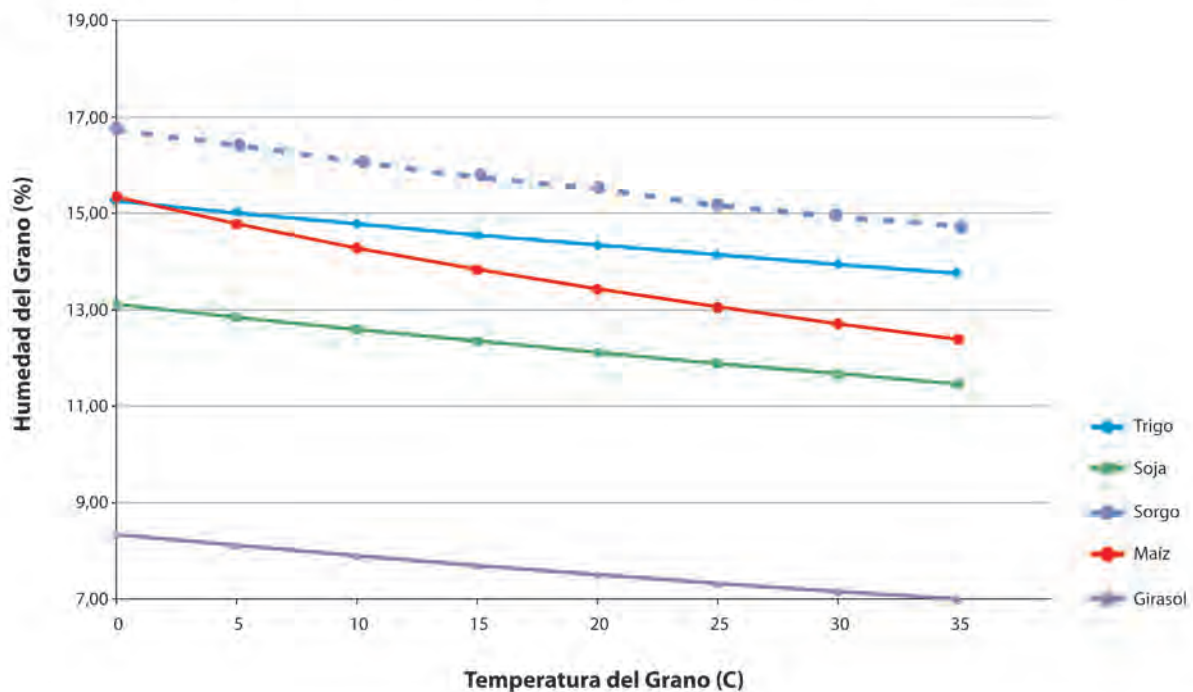
... es distinta para cada grano.

... para los cereales es cercana a la humedad de recibo, pero para oleaginosas es inferior a la humedad de recibo, de modo que en soja y girasol hay que extremar los cuidados durante el almacenamiento.

... disminuye con la temperatura, de modo que en épocas calurosas se recomienda almacenar los granos por debajo de la humedad de recibo para favorecer su adecuada conservación.

Figura 4.3

Humedad de Almacenamiento Seguro en función de la temperatura. Nótese que a medida que aumenta la temperatura, el grano se debe guardar más seco para evitar el desarrollo de hongos.



Fuente: elaboración propia

4.3 La humedad y el Tiempo de Almacenamiento Seguro

Durante el almacenamiento, la actividad biológica del granel (correspondiente a hongos del almacenamiento, insectos y los propios granos) va deteriorando la calidad del grano, fundamentalmente a través de la reducción en el peso hectolítrico y el incremento en el porcentaje de granos dañados. Si el deterioro es importante, puede causar incluso la disminución del grado comercial.

En este sentido, se define como Tiempo de Almacenamiento Seguro al período máximo que puede ser almacenado un grano a determinadas condiciones de humedad y temperatura, sin perder su condición de grado.

El Tiempo de Almacenamiento Seguro es afectado por tres factores:

- 1) la humedad con que es almacenado el grano. A mayor humedad, mayor es la velocidad de deterioro de la calidad. Recuérdese que la humedad favorece fundamentalmente el desarrollo de los hongos.
- 2) la temperatura. Para un mismo valor de humedad del grano, cuanto mayor es la temperatura, más rápido es el deterioro. La temperatura favorece principalmente a los insectos.
- 3) el porcentaje de grano dañado mecánicamente. El grano dañado es más susceptible al ataque de hongos y de insectos, de modo que su almacenabilidad es menor.

A continuación se presentan gráficos que orientan sobre el Tiempo de Almacenamiento Seguro de distintos granos (Figs. 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7). Estos gráficos permiten estimar el período en que pueden ser almacenados los distintos granos sin perder su condición de grado, en función de la humedad y la temperatura.

Las figuras 4.4 a 4.7 fueron construidas en base a las curvas de Humedad Relativa de Equilibrio de cada grano, modificadas por temperatura. Para la construcción de estos gráficos, se ha considerado que es seguro almacenar cada grano -desde el punto de vista del deterioro causado por hongos- hasta 6 meses o más cuando el contenido de humedad del grano determina una humedad relativa del espacio intergranario menor al 65% para un rango de temperaturas de 0 a 40°C (zona gris claro del gráfico). Se ha considerado que no es seguro almacenar el grano más allá de 1 mes cuando el contenido de humedad del grano determina humedades relativas del espacio intergranario superiores al 70% (zona gris medio gráfico), en el mismo rango de temperaturas. Para contenidos de humedad que determinen humedades relativas entre 65 y 70% en el mismo rango de temperaturas, el período de almacenamiento seguro puede variar entre 1 y 6 meses (zona gris oscuro del gráfico) dependiendo de otras condiciones tales como porcentaje de materias extrañas, grano partido, etc.

Respecto del riesgo de daño por insectos, en las Figs. 4.4 a 4.7 se indican zonas consideradas como de riesgo elevado, moderado y bajo en función de la temperatura del almacenamiento (según Fields, 1992; ver Tabla 9.1). La zona de temperaturas superiores a 25°C se ha establecido como de riesgo elevado de desarrollo de insectos; la zona entre 17 y 25°C se ha establecido como de riesgo moderado; y la zona de temperaturas menores a 17°C corresponde a la de bajo riesgo. Asimismo, por debajo de 15°C considera que también se afecta el desarrollo de los hongos.

Figura 4.4

Tiempo de Almacenamiento Seguro para trigo, avena y cebada.

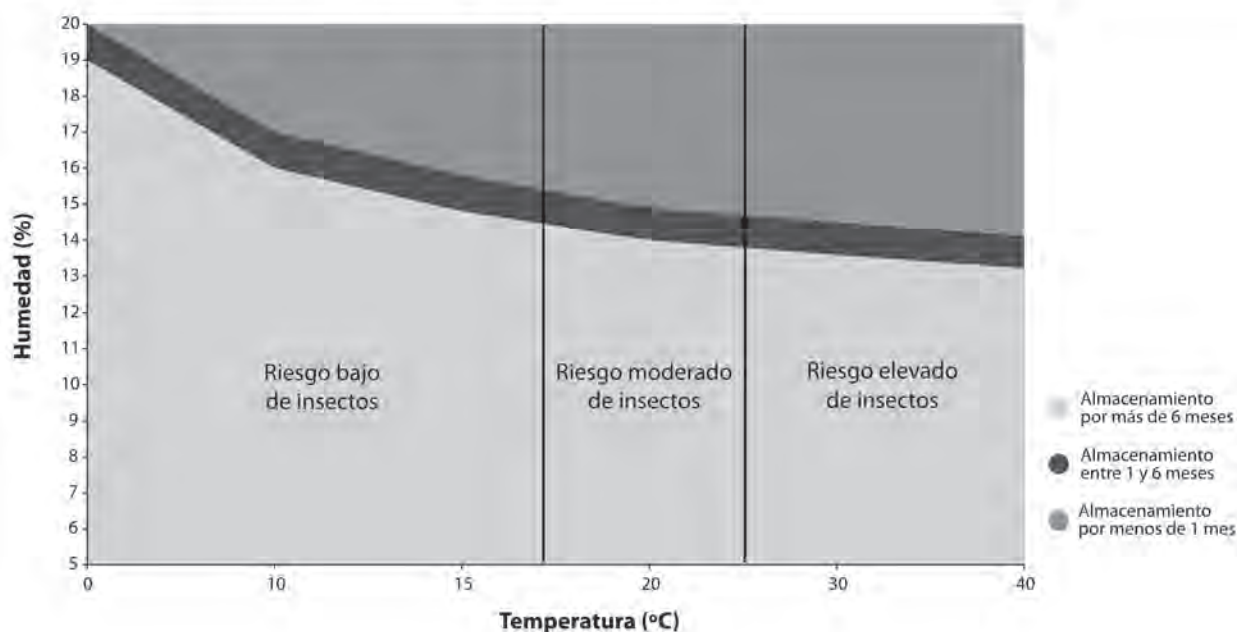
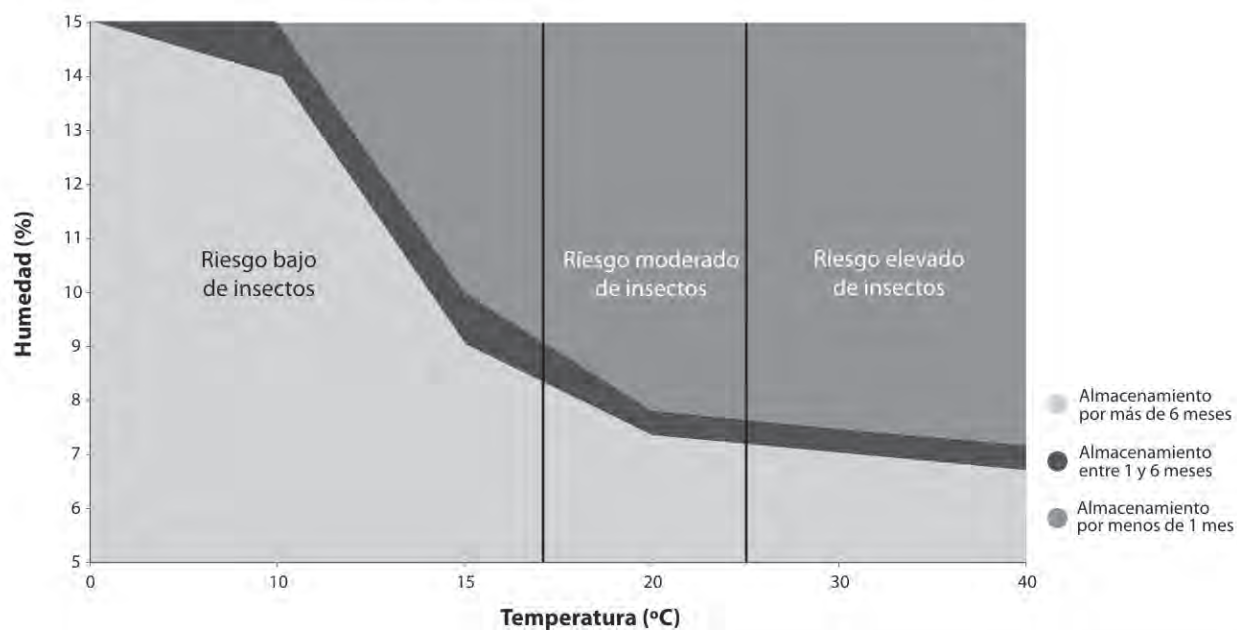


Figura 4.5

Tiempo de Almacenamiento Seguro para girasol y colza¹.



1. Por encima de 13% de humedad, incluso a baja temperatura estos granos se deterioran rápidamente

Figura 4.6

Tiempo de Almacenamiento Seguro para maíz y sorgo.

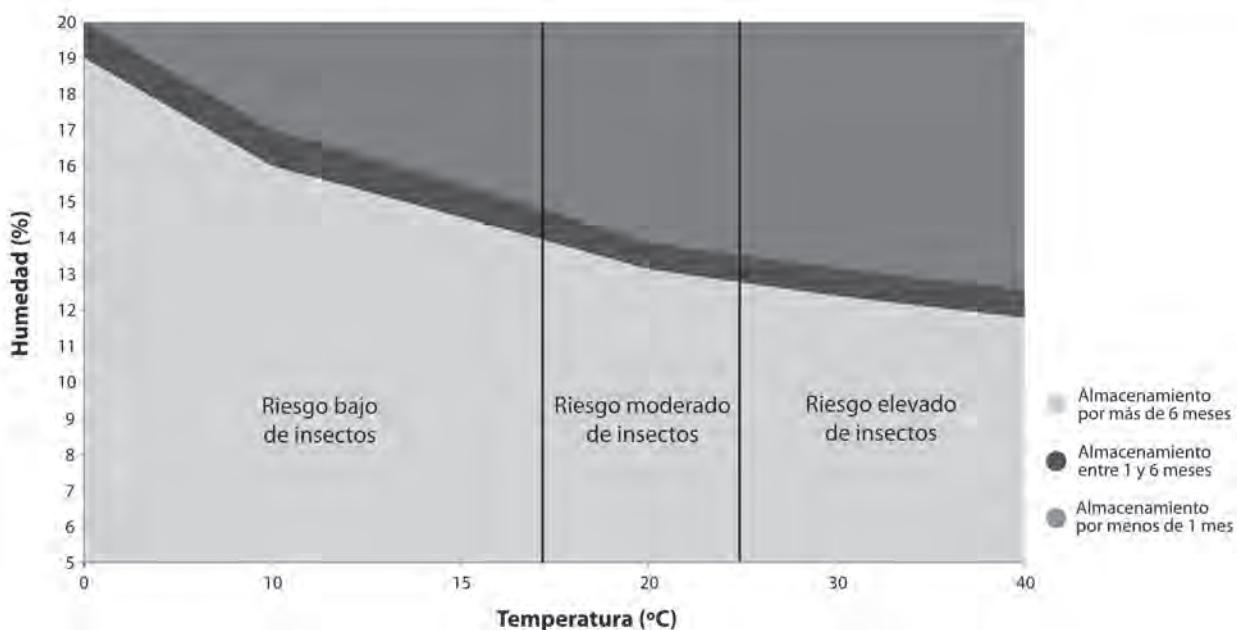
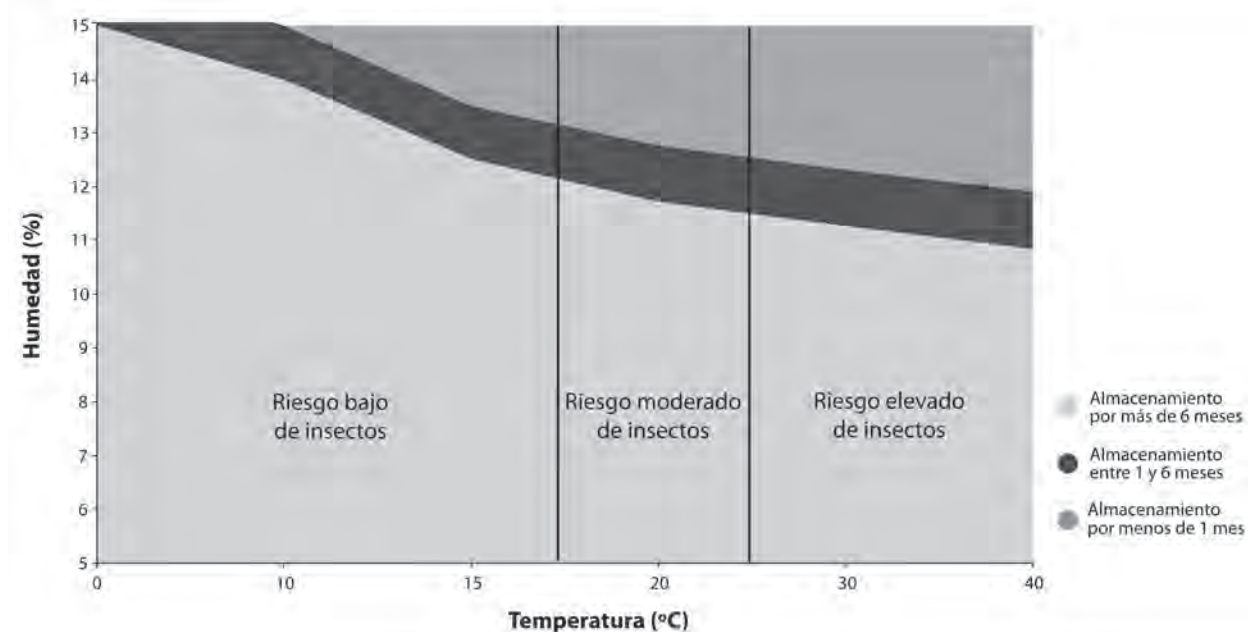


Figura 4.7

Tiempo de Almacenamiento Seguro para soja.



Fuente: elaboración propia

El Tiempo de Almacenaje Seguro es un indicador de riesgo de almacenabilidad y de ninguna manera debe tomarse como un valor absoluto. Como es diferente para cada grano, para una estimación más aproximada del Tiempo de Almacenaje Seguro se debe recurrir al gráfico específico del grano a almacenar.

4.4 Medición de humedad

La medición de humedad permite conocer el contenido de humedad de los granos, es decir, la cantidad de agua presente en los mismos.

Como se ha explicado, la medición correcta del contenido de humedad a nivel de productores y acopiadores es crítica para tomar decisiones correctas para la conservación del grano durante la poscosecha, pues este dato determinará si es necesario secar y/o acondicionar el grano, o si será posible almacenar grano húmedo en buenas condiciones a la espera de ser secado.

Conocer el contenido de humedad de los granos es fundamental porque determinará en gran medida el Tiempo de Almacenaje Seguro, es decir, el período durante el cual el grano puede ser almacenado sin que se deteriore su calidad comercial.

En la actualidad existen numerosos métodos para medir la humedad de los granos. El método patrón para la determinación de la humedad es el Brown-Duvel, aunque en la práctica suele utilizarse la estufa como método de referencia. A nivel comercial, los humidímetros de capacitancia son los más empleados gracias a la rapidez del resultado. Al utilizar humidímetros es muy importante tener en cuenta una serie de consideraciones para un resultado correcto, que se exponen en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3*Consideraciones acerca del uso del humidímetro*

FACTOR A TENER EN CUENTA	MODO CORRECTO DE PROCEDER
Muestra de grano representativa	Para asegurarse de que el contenido de humedad de la muestra refleja con exactitud el contenido de humedad de todo el lote, la muestra debe ser representativa (sección 2 de éste capítulo). Se recomienda adicionalmente que la muestra no contenga demasiada materia extraña, porque esto introduce error en la lectura de la humedad.
Uso correcto del medidor	Se recomienda seguir exactamente las instrucciones del fabricante al momento de utilizar el medidor de humedad.
Calibración adecuada del instrumento	Se debe realizar calibraciones periódicas del medidor de humedad en los fabricantes (se sugiere como mínimo dos veces al año).
Temperatura de la muestra de grano	Temperaturas de la muestra muy altas (superiores a 33°C) o muy bajas conducen a errores de medición. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que: • Si la muestra está muy caliente (por ejemplo, a la salida de la secadora), es necesario enfriarla. Esto puede hacerse lentamente en un recipiente hermético o bien rápidamente en un recipiente abierto. • Si la muestra está muy fría, se la debe dejar equilibrar en un contenedor hermético a temperatura ambiente antes de medir.
Rango de medición de Humedad	Cerca de la humedad de recibo es donde son más precisos los medidores de humedad. A humedades de granos muy bajas o muy altas, es menor la precisión de la medición.

Fuente: elaboración propia en base a ASAE y SENASA.

Los operarios encargados de medir la humedad deben estar capacitados en el funcionamiento del instrumento y en los cuidados que requiera la técnica para obtener resultados correctos.

5. Limpieza del grano

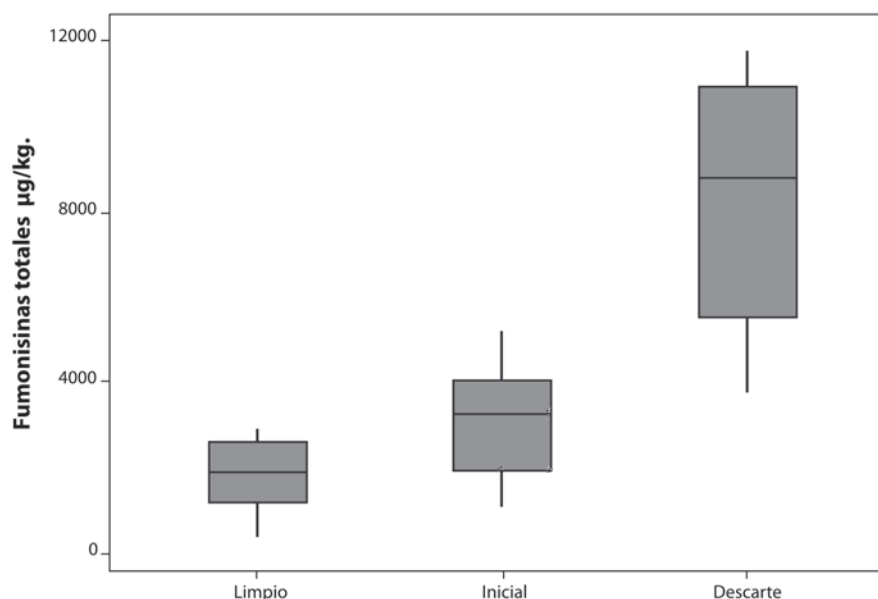
Esta práctica refiere a la operación de limpieza de los granos inmediatamente después de su recepción o antes de su secado por medio de zarandas. Cuando se la realiza al momento de ingresar los granos a la planta de acopio se la denomina “pre-limpieza”.

El objetivo de la limpieza es separar el grano de otros materiales indeseables (grano partido, hojas, cáscaras, glumas, restos de capítulos, etcétera), los cuales afectan negativamente el proceso de secado y de aireación. Asimismo, la limpieza es una práctica muy importante para prevenir la aparición de hongos y micotoxinas, ya que en la fracción de descarte de la limpieza es donde se encuentra la mayor concentración de esporas de hongos y de micotoxinas (Fig. 5.1).

Figura 5.1

Concentración de micotoxinas en distintas fracciones de grano (limpio, inicial y descarte).

Nótese que la concentración de micotoxinas es mayor en la fracción de descarte de la limpieza, respecto del grano sin limpiar y aun más respecto del grano limpio.



Fuente: Pacin et al, 2003

Por lo tanto, los beneficios de realizar la limpieza del grano son múltiples:

- Reduce los costos de secado pues no se seca material innecesario, ahorrando combustible y cuidando la energía.
- Mejora el pasaje del aire para el secado y la aireación.
- Reduce la posibilidad de infestación por insectos.
- La calidad del grano obtenido es más uniforme.
- Disminuye el peligro de explosiones.
- Favorece el escurrimiento y movimiento del grano.
- Aumenta la capacidad de almacenaje, por aumento del peso hectolítrico del grano.
- Facilita los trabajos de limpieza de los conductos de aireación, porque los orificios se tapan menos.
- Puede mejorar el acceso a mercados especializados por la mejor calidad de granos (como molinos de trigo y de maíz), que por los precios superiores pueden compensar el costo extra de la limpieza.

Se recomienda realizar la limpieza de los granos antes de su secado y/o almacenamiento siempre que sea posible, dado que mejora significativamente la eficiencia de todos los procesos posteriores y la calidad del grano cosechado.

6. Secado

El objetivo principal del secado es reducir la humedad de cosecha de granos y semillas hasta la Humedad de Almacenamiento Seguro, para lograr una adecuada conservación (Tabla 6.1). Adicionalmente, el secado permite reducir la humedad de cosecha de los granos hasta el nivel establecido en las normas de comercialización (humedad de recibo).

Tabla 6.1

Humedad de almacenamiento segura para diferentes tipos de granos

GRANO	Humedad de Almacenamiento segura (%)*
Trigo, maíz, sorgo	14 -1 4,5
Soja	12,5 - 13,5 **
Girasol/colza	7 - 9 **

* Depende de la temperatura **Depende del contenido de aceite

En la actualidad, existen diferentes sistemas de secado de granos que se clasifican como sistemas de secado de baja, media y alta temperatura, en función de la temperatura a la que llega el grano durante el proceso de secado (Tabla 6.2). En Argentina, el secado de granos se realiza mayoritariamente en secadoras de alta temperatura (también llamadas de alta capacidad). Los sistemas de secado en secadoras de alta temperatura son continuos, mientras que los sistemas de secado en silo generalmente se llevan a cabo en tandas.

Tabla 6.2

Clasificación de los sistemas de secado en función de la temperatura que alcanza el grano en el interior de la secadora.

Sistema de secado	Estructura de secado	Temperatura que alcanza grano en el interior de la secadora
Baja temperatura	Silo	Temperatura ambiente o 3-8 °C por encima de la temperatura ambiente.
Media temperatura	Silo/secadora	43 °C granos para semillas o consumo humano. 60 °C para granos con destino industrial.
Alta temperatura	Secadora	Mayor a 60 °C.

Cada uno de estos sistemas presenta ventajas y desventajas, relacionadas con la calidad final del grano y el rendimiento del proceso de secado (definido como toneladas secadas por hora, Tabla 6.3). En líneas generales, cuanto mayor es la temperatura de secado, mayor será el rendimiento de la secadora; sin embargo, mayor será también la temperatura que alcanza el grano, la tasa de secado y el riesgo de afectar la calidad. Por esta razón, para el secado de granos especiales como maíz pisingallo, semillas o cebada cervecera –que requieren condiciones muy controladas para maximizar la calidad- se recurre a los sistemas de secado en silo con aire natural o baja temperatura y no a las secadoras de alta capacidad.

Tabla 6.3

Comparación de calidad y rendimiento en sistemas de secado de alta, media y baja temperatura.

Parámetro	Temperatura de secado		
	Alta	Media	Baja
Calidad	Estándar	Buena	Muy buena
Rendimiento	Alto	Medio	Bajo

Fuente: elaboración propia

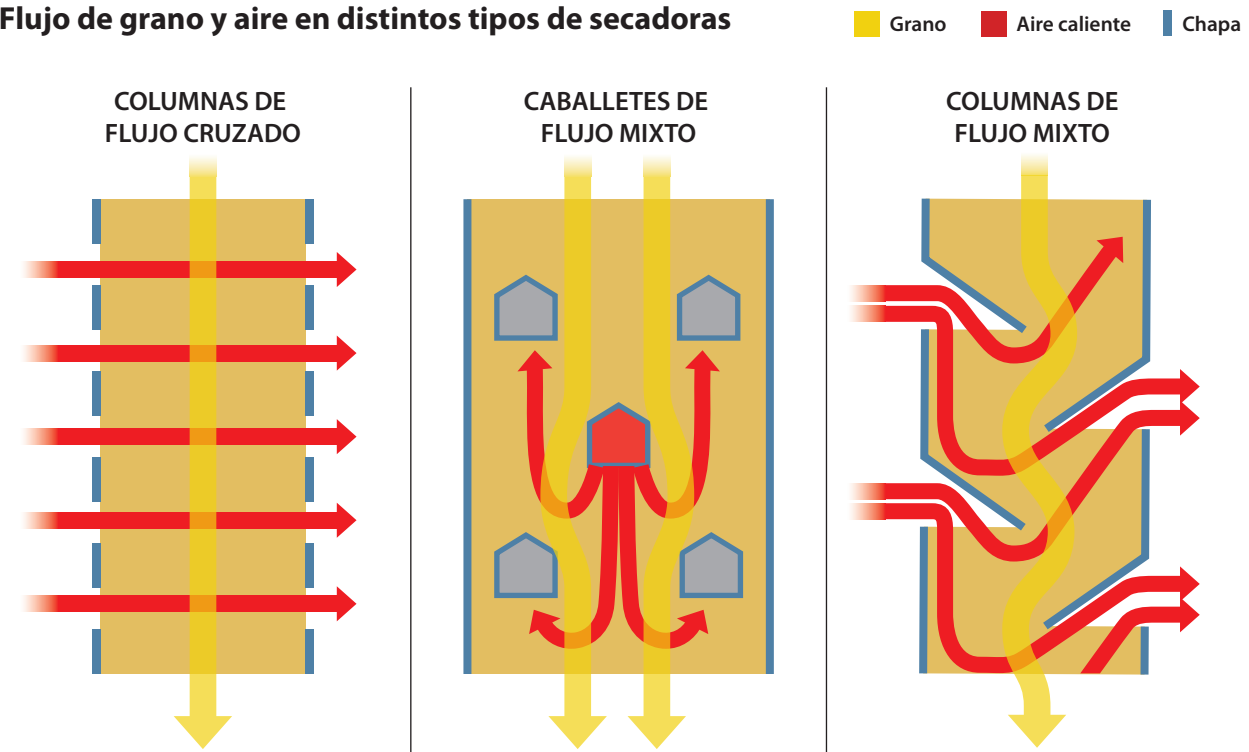
6.1 Secado a alta temperatura

6.1.1 Tipos de secadoras de alta temperatura

Las secadoras de alta temperatura o alta capacidad pueden clasificarse en tres grupos en base a la dirección del flujo de aire caliente y la dirección del flujo de grano: columnas de flujo cruzado, caballetes o columnas de flujo mixto (Fig. 6.1).

Figura 6.1

Flujo de grano y aire en distintos tipos de secadoras



Fuente: elaboración propia

En las secadoras de columnas de flujo cruzado, el grano circula de forma perpendicular a la dirección del flujo de aire, que ingresa por uno de los laterales de la máquina (Fig. 6.1, izq.). La principal desventaja de este sistema es que el grano cercano a la pared por donde ingresa el aire caliente se sobrecalienta y se sobreseca respecto al grano cercano a la pared por donde sale el aire de la columna de secado. Esta característica obliga a ajustar el manejo de la máquina, sobre todo en la regulación de la temperatura, ya que pueden producirse problemas de desuniformidad de secado, exceso de grano fisurado (en maíz), exceso de grano partido (en soja) y daño de gluten (en trigo).

Una manera de mejorar este tipo de secadoras es a través de la inversión en el sentido del flujo del aire a mitad de la zona de secado. Esta mejora se encuentra en la mayoría de las secadoras de columnas de flujo cruzado del país. Por efecto de la inversión del aire de secado se pasa, por ejemplo, de un gradiente de humedad al final del secado de 5% en una secadora sin cambio en el flujo de aire, a 1,3% en aquella en que se invierte el mismo.

Las secadoras de caballetes (Fig. 6.1, centro) realizan un secado más homogéneo del grano ya que poseen un conjunto de conductos en forma de V invertida por donde circula el aire y que favorece el entremezclado de grano, evitando en gran medida los problemas que presentan las secadoras de columnas. Por esta razón, permiten trabajar a mayor temperatura que las secadoras de columnas. No obstante, por sus características de diseño, son más propensas al riesgo de incendio, principalmente en el secado de girasol.

Por último, la secadora de columnas de flujo mixto (Fig. 6.1, der.) posee las cualidades de una secadora de caballetes (en cuanto a la uniformidad de secado) y, al mismo tiempo, las ventajas de una secadora de columna (respecto a la simpleza del diseño y el bajo desgaste). Generalmente utilizan menor energía para mover el aire a través de los granos y, por lo tanto, son más eficientes.

En suma, por poseer un mayor gradiente de temperatura y humedad, en las secadoras de columnas de flujo cruzado es más complejo conservar la calidad del grano durante el proceso que en las secadoras de caballetes y columnas de flujo mixto.

Por otra parte, dos aspectos de capital importancia deben considerarse durante el secado a alta temperatura: el control de los parámetros que pueden afectar la calidad final del grano y la eficiencia energética. Sobre ellos hablaremos en los apartados siguientes.

6.1.2 Calidad del grano

La calidad final del grano puede verse afectada por múltiples parámetros del proceso: temperatura excesiva del grano dentro de la secadora, tiempo de exposición demasiado prolongado a la alta temperatura, elevada tasa de secado y/o elevada tasa de enfriamiento (enfriado rápido). El tipo de daño a la calidad dependerá del grano y de uso final. En la Tabla 6.4 se ofrecen los parámetros críticos a tener en cuenta para minimizar el deterioro de calidad según el uso final del grano.

Tabla 6.4

Parámetros críticos con sus respectivos valores para minimizar el daño a la calidad durante el secado a alta temperatura, para diferentes tipos y usos de los granos.

Grano	Uso Final	Parámetro crítico	Valor del parámetro
Maíz	Molienda Seca y Semillas	Tasa de secado y enfriado	< 3%/hora y enfriado lento
	Molienda Húmeda	Tasa de secado y enfriado	< 4%/hora y enfriado lento
	Alimento Balanceado	Temperatura máxima	71 - 82 °C
Trigo	Semilla (más de 24% de humedad)	Temperatura máxima	43 °C
	Semilla (menos de 24% de humedad)	Temperatura máxima	49 °C
	Harina (pan)	Temperatura máxima	43-49 °C
Soja	Semilla	Temperatura máxima	38 °C
	Aceite	Temperatura máxima y tasa de secado	49 °C <3%/hora
Girasol	Confitero	Temperatura máxima	60 - 77 °C
	Aceite	Temperatura máxima	77- 91°C

Grano	Uso Final	Parámetro crítico	Valor del parámetro
Arroz	Molienda (>20%)	Tasa secado	<2%/hora
	Molienda (<20%)	Tasa secado	2% hora
Cebada	Maltería	Temperatura máxima	41- 49 °C
	Forraje	Temperatura máxima	74 - 85 °C

Por ejemplo, la calidad panadera del trigo puede verse afectada negativamente durante el secado cuando la temperatura del grano supera los 49°C (Tabla 6.4, Fig. 6.2). La disminución del volumen de panificación dependerá del grado de daño que ocasione el calor sobre las proteínas del gluten.

Figura 6.2

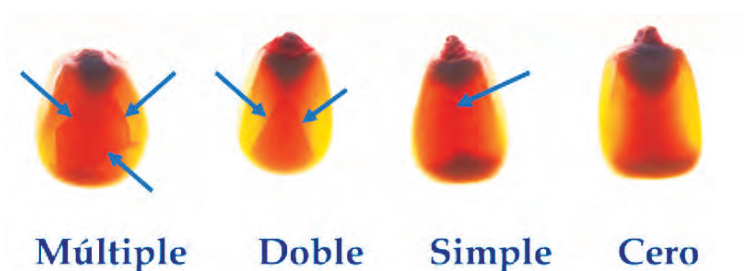
Efecto del secado a alta temperatura sobre la calidad panadera de trigo, con diferentes niveles de daño. De izquierda a derecha: secado con 100% de daño, secado con 50% de daño, secado con 25% de daño, secado sin daño y testigo sin secar a alta temperatura.



Fuente: INTA

Figura 6.3

Fisurado de maíz debido al secado.



Una forma de minimizar el problema del fisurado del maíz es limitar la tasa de secado y utilizar la secadora a todo-calor combinada con una aireación reforzada posterior en el silo. A esta técnica de secado se la conoce como “seca-aireación” o enfriado lento diferido. Este proceso se explica con mayor detalle en la Sección 6.1.2.1.

Para realizar un control de la calidad del secado a alta temperatura, es recomendable controlar la temperatura del aire de secado mediante la instalación de sensores de temperatura en el interior de la cámara de secado y también controlar la temperatura del grano en el punto donde se prevé que alcance la temperatura máxima.

En secadoras funcionando a todo-calor se recomienda tomar una muestra a la descarga, colocar el grano en un envase térmico y medir la temperatura del grano con un termómetro. En secadoras funcionando en la modalidad tradicional (calor-frío, Fig. 6.4 izq.) tomar una muestra de grano previo a su ingreso a la sección de enfriado, colocar el grano en un envase térmico y medir la temperatura con un termómetro. Si la temperatura del grano se encuentra por encima de la tolerancia o la tasa de extracción de humedad es mayor a cuatro puntos porcentuales de humedad por hora, reducir la temperatura del aire de secado o el tiempo de permanencia del grano en la secadora considerando la posibilidad de realizar más de una pasada por la secadora hasta llegar a la humedad deseada.

6.1.2.1 Seca-aireación

En la seca-aireación, la secadora se modifica eliminando la parte del enfriado (Fig. 6.4, der. y Fig. 6.5).

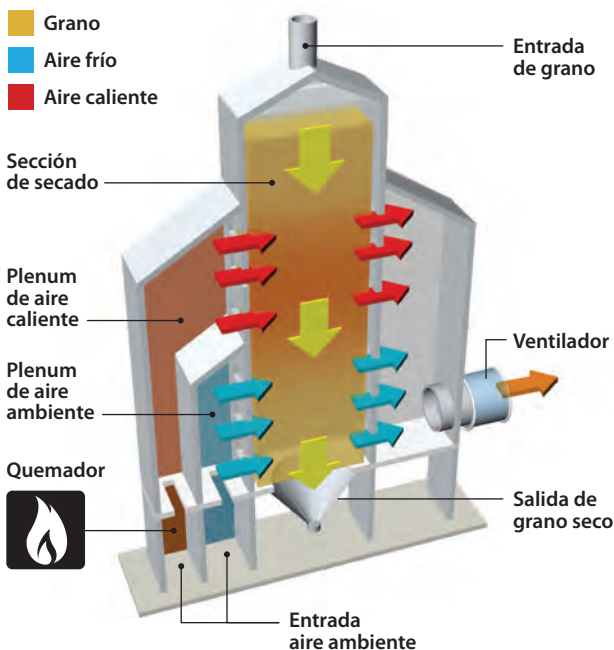
El grano se extrae de la secadora caliente (más de 40°C) y con una humedad ligeramente superior a la humedad final deseada (1,5% superior; es decir si la humedad final deseada es de 14,5%, de la secadora el grano debe salir a 16%). A la salida de la secadora el grano se transfiere a un silo de reposo, donde permanece entre 6 y 12 horas sin circulación de aire. Durante el período de reposo el grano se equilibra internamente en cuanto a humedad y temperatura.

Figura 6.4

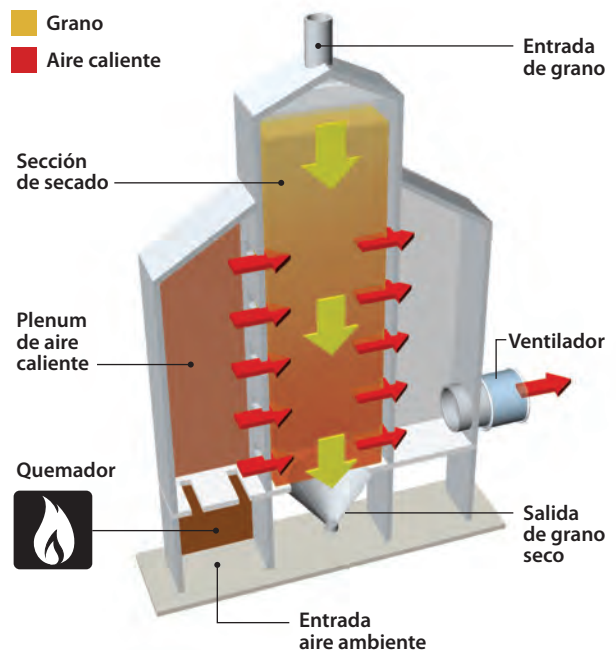
Secadoras de columna de flujo cruzado

En este tipo de secadora el grano circula en forma perpendicular a la dirección del flujo del aire.

CALOR-FRÍO



TODO CALOR

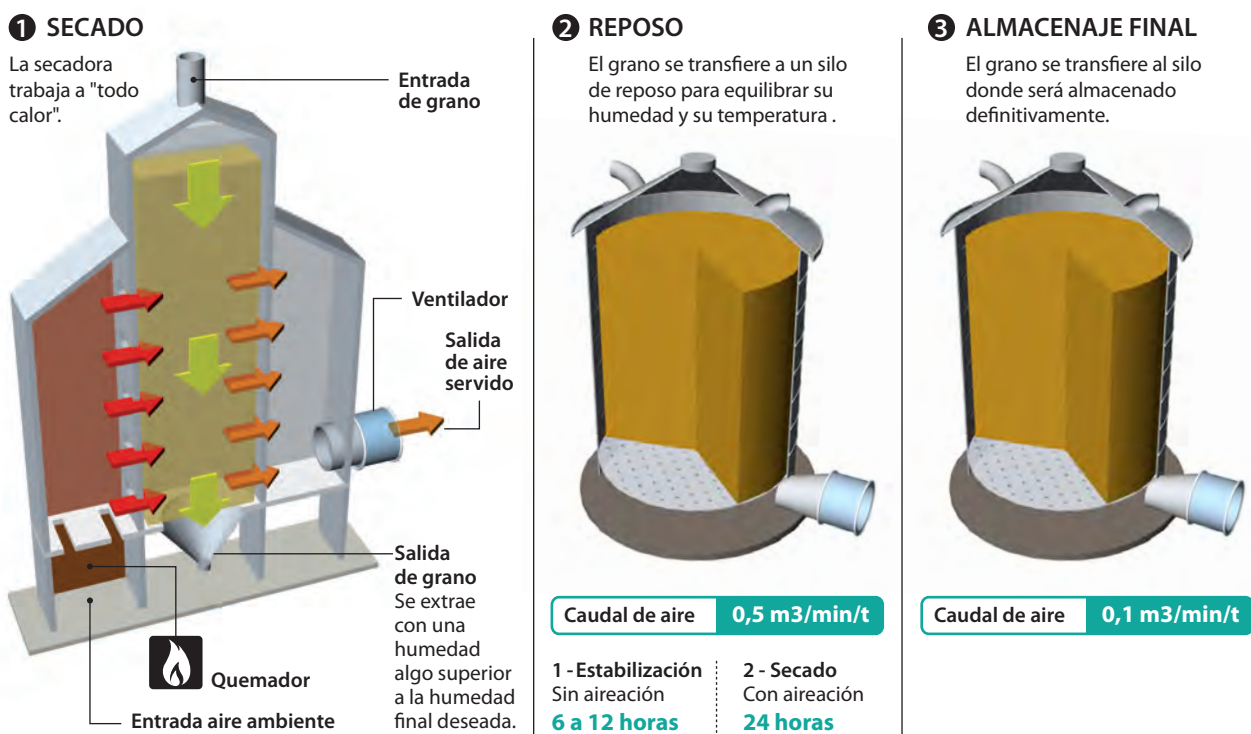


Fuente: elaboración propia

Luego del reposo, se enciende la aireación para terminar de enfriar y secar el grano en un período de 24 horas. El Caudal Específico debe ser de 0,4 a 0,5 m³/min.ton (entre cuatro y cinco veces mayor que para aireación de mantenimiento de grano seco, ver Sección 8 de este Capítulo). Es importante tener en cuenta que durante el enfriado y el secado final puede producirse condensación de humedad en el techo del silo, por lo que se debe contar con adecuada superficie de bocas de venteo (ver Sección 10 de este Capítulo) y con extractores de aire. Estos extractores deben tener una capacidad entre 25 y 50% superior al caudal de aire total de los ventiladores de aireación. Además de beneficios en la calidad del grano, la seca-aireación incrementa la capacidad de la secadora y la eficiencia del secado.

Figura 6.5

Sistema de seca-aireación



Fuente: elaboración propia

6.1.3 Eficiencia energética

Según se ha dicho, el otro aspecto de gran importancia a tener en cuenta en el secado es la eficiencia energética. Ésta se mide como la energía necesaria para evaporar 1 kilogramo de agua de la masa de granos, en kilocalorías. Típicamente la eficiencia de las secadoras de alta temperatura ronda los 1600-1800 kcal/kg de agua evaporada. La importancia de la eficiencia energética radica en que, cuanto más eficiente es la secadora, menor será el consumo de energía demandado por el secado y menores los costos de secado.

Principalmente, la eficiencia energética del secado varía con los puntos de humedad a extraer. Cuantos más puntos de humedad se extraen en una sola pasada, menor será la eficiencia del proceso. Por este motivo, segregar los granos por humedad de entrada al acopio ayuda a mejorar la eficiencia y la calidad de secado (Tabla 6.5). Además de la humedad, la eficiencia es afectada por el sistema de secado, el tipo de grano, el híbrido o variedad, la cantidad de impurezas y la temperatura ambiente.

Tabla 6.5

Acción recomendada para maximizar la calidad y minimizar el consumo de energía en la recepción de grano húmedo en el acopio.

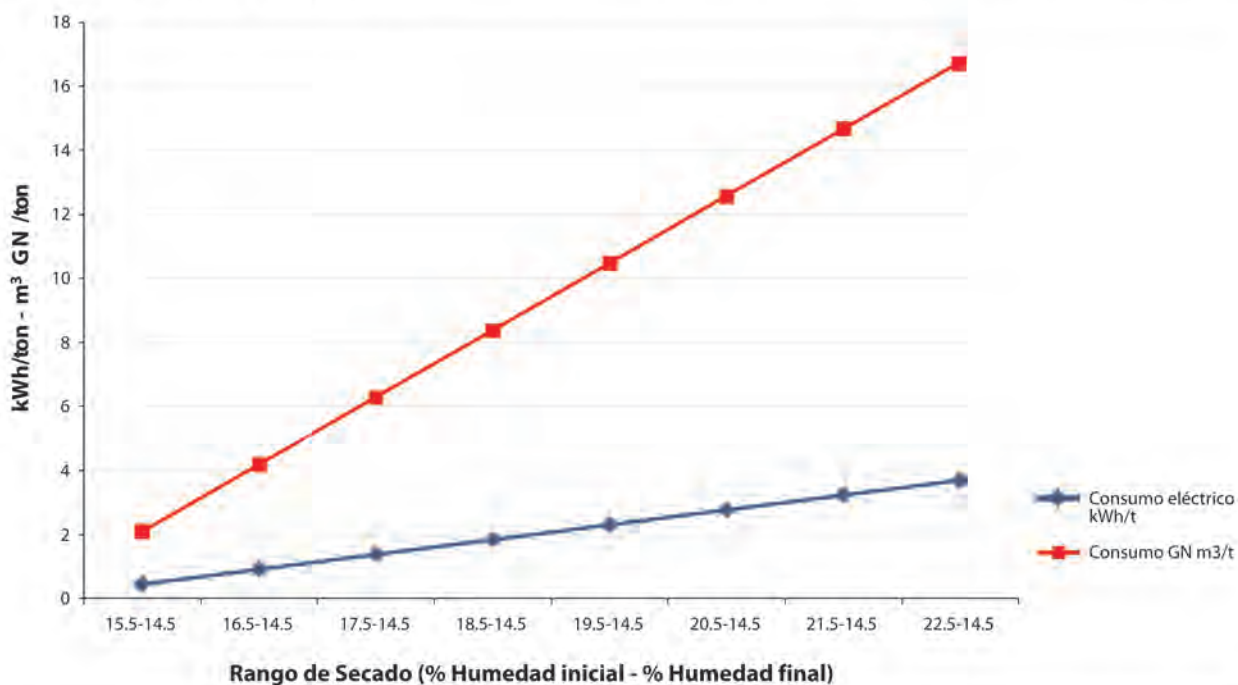
Puntos de humedad a remover	Acción
Menos de 2	Airear y/o mezclar y/o secar en 1 pasada
2 y 4	Secado en 1 pasada
Más de 4	Secado en 2 pasadas

Por otra parte, la Figura 6.6 muestra el consumo energético típico para el secado de granos a alta temperatura, en energía calórica y en energía eléctrica, para secar desde distintos valores de humedad inicial hasta 14,5% de humedad final. Para una eficiencia dada, a medida que aumentan los puntos de humedad a extraer, aumenta la necesidad de energía calórica y de energía eléctrica y, por lo tanto, el consumo de la secadora.

Figura 6.6

Consumo típico de energía de una secadora de alta temperatura.

Energía calórica expresada en metros cúbicos de gas natural por tonelada de grano; energía eléctrica expresada como kWh por tonelada de grano; tipo de secadora: alta temperatura, sin recirculación; eficiencia de la secadora: 1700 kcal/kg de agua; partición de la energía: 98% calórica, 2% eléctrica; combustible: Gas Natural (9300 kcal/m³); consumo energético por tonelada y punto de humedad: 19883 kcal/ton/punto de humedad.



Fuente: elaboración propia en base a Hillborn, 1984

6.1.4 Medición de humedad luego del secado

Para que la medición de la humedad final del grano luego del secado sea exacta es necesario tomar ciertas precauciones, ya que el grano sale de la secadora con un gradiente interno de temperatura y de humedad.

Como se ha visto en la Sección 4 de este Capítulo, altas temperaturas del grano afectan la medición de humedad. Si bien la mayoría de los medidores modernos de humedad tienen corrección automática de temperatura, ésta no es suficiente cuando la muestra sale de la secadora a más de 35°C. Además, el grano está más seco en la parte exterior y más húmedo en la parte interior. Este gradiente de humedad afecta la medición, indicando valores más bajos que los reales. La medición es más exacta luego que el grano se equilibra internamente y hay humedad disponible en la superficie.

Por estos motivos, se recomienda realizar una calibración propia del medidor de humedad para las condiciones típicas de secado. Esta calibración puede realizarse de la siguiente manera:

1. Tomar una muestra de granos a la salida de la secadora, medir la humedad y registrarla.
2. Colocar la muestra en una bolsa de plástico con cierre hermético y dejarla reposar a temperatura ambiente por 40 minutos.
3. Medir humedad nuevamente.

4. Confeccionar una tabla de calibración, relacionando los valores de humedad a la salida de la secadora con sus correspondientes valores de humedad luego de la estabilización.

La Tabla 6.6 ofrece un ejemplo de una calibración realizada según esta metodología. Según la Tabla 6.6, luego de obtener la calibración propia, el operario toma una muestra del grano a la salida de la secadora y realiza la determinación de humedad obteniendo, por ejemplo, un resultado de 13%. Ingresando en la Tabla 6.6 por la columna de “Humedad a la salida de la secadora”, se busca el valor de 13% y su correspondiente par en la columna “Humedad estabilizada” que, en este caso, sería 14%. Esta sería la humedad definitiva de esa muestra una vez estabilizada. De esta manera es posible minimizar el problema del “revenido” de los granos luego del secado.

Tabla 6.6

Tabla de calibración del medidor de humedad para determinar humedad del grano estabilizada luego de la secadora.*

Humedad a la salida de la secadora (%)	Humedad estabilizada (%)
12	13,2
12,5	13,6
13	14,0
13,5	14,4
14	14,8

**Recuérdese que cada usuario debe confeccionar su propia tabla de calibración, ya que los valores de la misma son específicos para cada tipo de medidor de humedad, tipo de secadora y condición de uso de la secadora. Los valores de la Tabla 6.6 son sólo a modo de ejemplo.*

6.2 Secado a baja temperatura

El secado de granos con aire natural o baja temperatura es un sistema de secado que prioriza la calidad final del grano por sobre el rendimiento del proceso. La baja temperatura del aire de secado garantiza que la calidad del grano no se vea afectada por estrés térmico ni por una elevada tasa de extracción de humedad. Por lo tanto, es utilizado principalmente para granos especiales de alto valor (por ejemplo, maíz pisingallo) y semillas. Además, este sistema de secado permite homogenizar en mayor medida la humedad de la masa de granos, reduciendo la dispersión en el contenido de humedad de los granos individuales.

El secado con aire natural o baja temperatura se realiza en silos, utilizando aire ambiente o calentado sólo entre 3 y 8°C por encima de la temperatura ambiente, con Caudales Específicos de entre 1 y 3 m³/min.ton (ver Sección 8 de este Capítulo). Dado que toma entre 20 y 30 días completar el secado, se recomienda que el contenido de humedad inicial del grano no supere el 20% para evitar pérdidas de calidad durante el proceso.

6.2.1 Componentes de un sistema de secado con aire natural/baja temperatura

Típicamente, un sistema de secado en silo con aire natural/baja temperatura está compuesto por un silo equipado con un ventilador capaz de entregar un Caudal Específico de aire de entre 1 y 3 m³/min.ton (Fig. 6.7, ver Sección 8 de este Capítulo).

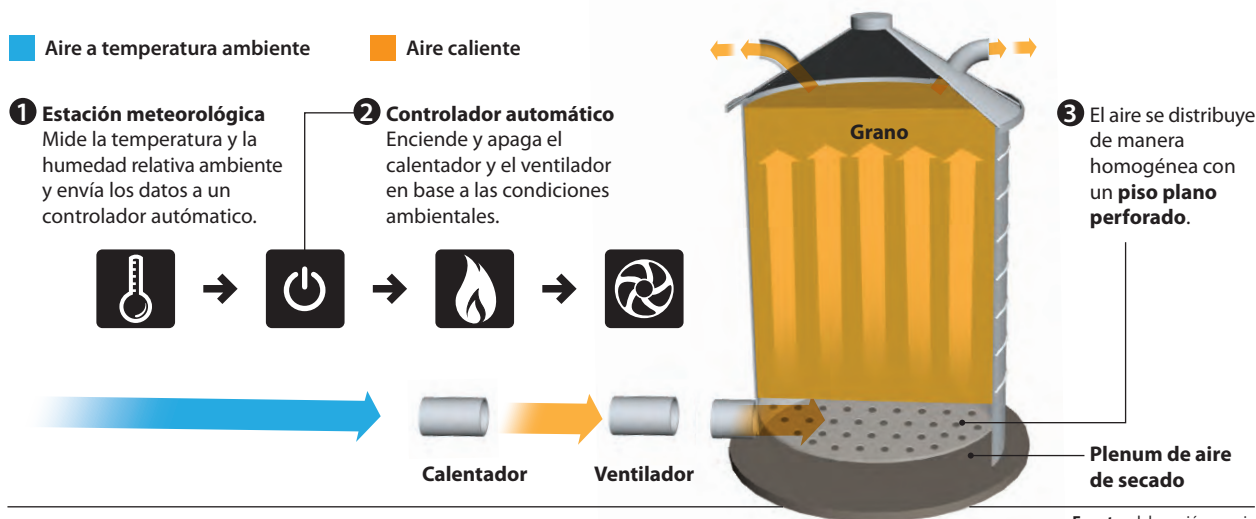
Para lograr que el aire circule de forma homogénea en todo el granel, el sistema de distribución de aire consiste en un piso totalmente perforado. El sistema puede incluir un calentador de aire para elevar la temperatura del aire de secado. Por último, el sistema debe incluir una estación meteorológica que mida la temperatura y la humedad relativa ambiente, y un controlador automático encargado de encender o apagar el ventilador y el calentador en base a las condiciones ambientales y del grano.

Finalizado el secado, el mismo silo puede ser usado como estructura de almacenamiento definitivo. En tal caso puede programarse el controlador para enfriar el grano.

Figura 6.7

Sistema de secado con aire natural/baja temperatura

El aire de secado utilizado por este sistema está a temperatura ambiente o apenas calentado por un quemador.



6.2.2 Dependencia de la condición climática

Dado que el aire de secado utilizado en este sistema está a temperatura ambiente o apenas calentado por un quemador, el tiempo de secado y el consumo energético serán muy variables dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y la época del año en el que se realice el secado.

Por ejemplo, las condiciones climáticas del norte argentino (fundamentalmente, aire seco y cálido) reducen el tiempo de secado y la demanda energética, pero pueden generar el sobreseca de la capa inferior de grano y favorecer el desarrollo de hongos e insectos. Por lo tanto, bajo condiciones cálidas es necesario trabajar con caudales de aire elevados y limitar la humedad inicial del grano. En particular, en la zona norte de Argentina (para maíz) se recomienda un Caudal Específico de $2 \text{ m}^3/\text{min}.\text{ton}$ y que la humedad inicial sea inferior al 20%.

En cambio, el clima en el sur del área productiva argentina (predominantemente frío y húmedo) prolonga el tiempo de secado, que puede extenderse a más de 20 días para un maíz con un contenido de humedad inicial de 18%, generando demoras para el despacho de la mercadería. La ventaja del clima frío de esta región es que se favorece la conservación del grano ya que disminuye la actividad metabólica de los microorganismos y del propio grano. En esta zona, se recomienda un Caudal Específico para secado en silo es de $1 \text{ m}^3/\text{min}.\text{ton}$ y una humedad inicial máxima de 20%. Adicionalmente, se requiere un mayor consumo energético dado que es necesario hacer un uso intensivo del quemador para calentar el aire ambiente.

6.2.3 Riesgos del sistema

Análogamente a lo que ocurre en la aireación, el proceso de secado en silo también avanza en forma de un frente de secado en sentido ascendente (ver Sección 8 de este Capítulo), lo cual posee tres implicancias importantes. La primera es que hasta que el frente de secado llega a las capas superiores de grano, éstas se encuentran en situación de riesgo debido a su alto contenido de humedad, de modo tal que si el frente demora demasiado en llegar puede haber pérdidas de calidad. El tiempo máximo aceptable para que el frente de secado pase a través de todo el granel dependerá de la temperatura y del contenido de humedad del grano, que inicialmente no debería superar el 20%. Puede tomarse como referencia las recomendaciones de tiempo de almacenamiento seguro para cada condición (ver Sección 4.3 del Capítulo I).

La segunda implicancia es que cuando el frente de secado llega a las capas superiores, las capas inferiores pueden estar sufriendo un sobreseca. Es decir que, cuando se haya secado todo el granel, parte de él se habrá secado

excesivamente. Esta situación indeseable significa pérdida de peso y en algunos casos pérdida de calidad (en maíz pisingallo, por ejemplo, puede verse afectado el potencial de expansión). Para evitar el sobresecado es muy importante ajustar adecuadamente la rutina de secado que ejecutará el controlador o instalar roscas verticales que mezclen las capas inferiores con las superiores.

Finalmente, un caudal heterogéneo dentro del silo –ya sea por diferencia de altura del granel o por acumulación de material fino– puede ocasionar diferencias notorias en la humedad final del grano con consecuencias en la calidad. Para evitar esto, es muy importante limpiar el grano, realizar el descorazonado del silo y nivelar la superficie (ver Sección 7 de este Capítulo). Adicionalmente, el diseño del sistema de distribución de aire debe garantizar la máxima uniformidad en el caudal. Los pisos planos totalmente perforados son los sistemas recomendados para este objetivo.

6.3 Síntesis: recomendaciones generales para optimizar la calidad durante el secado

En el secado a alta temperatura:

- Controlar la temperatura máxima del grano y la tasa de secado para cada tipo de grano y el uso final al que está destinado.
- Las secadoras de caballetes y las de columnas de flujo mixto permiten realizar un secado más homogéneo.
- En lotes de granos muy húmedos, realizar el secado en dos o más pasadas para obtener una mayor calidad final del grano y aumentar la eficiencia del proceso.
- Para medir humedad del grano luego del secado, conviene dejar reposar previamente la muestra.

En el secado con aire natural/baja temperatura:

- Usar un Caudal Específico de entre 1 y 3 m³/min.ton, dependiendo de la localidad.
- La humedad límite máxima para este sistema es de 20%, aproximadamente.
- Tener en cuenta que el tiempo de secado no debe exceder el tiempo de almacenamiento seguro para la condición de temperatura y humedad del grano.
- La utilización del quemador y del controlador automático son indispensables para maximizar la calidad del grano, minimizar el tiempo de secado y minimizar el riesgo de sobresecado.
- Realizar la limpieza del grano antes de secarlo.
- Una vez finalizada la carga del silo, nivelar la superficie y descorazonar.
- Verificar el avance del frente del secado tomando muestras de grano y midiendo el contenido de humedad.

7. Llenado del Silo

Durante el llenado del silo, el material fino tiende a concentrarse en la columna central provocando múltiples inconvenientes. Dado que el material fino ofrece una mayor resistencia al paso del aire, el aire tiende a canalizarse hacia la periferia del silo (fenómeno de canalización del aire, Fig. 7.1). La falta de aireación en el centro facilita el desarrollo de insectos, hongos y toxinas en esa zona, al mismo tiempo que el mayor caudal de aire en los laterales puede sobresecar los granos de la periferia.

Para minimizar el problema derivado del material fino, se recomienda siempre realizar la limpieza del grano antes de ingresarlo al silo y, a continuación, descorazonar el silo o instalar desparramadores de granos, tal como se profundiza a continuación.

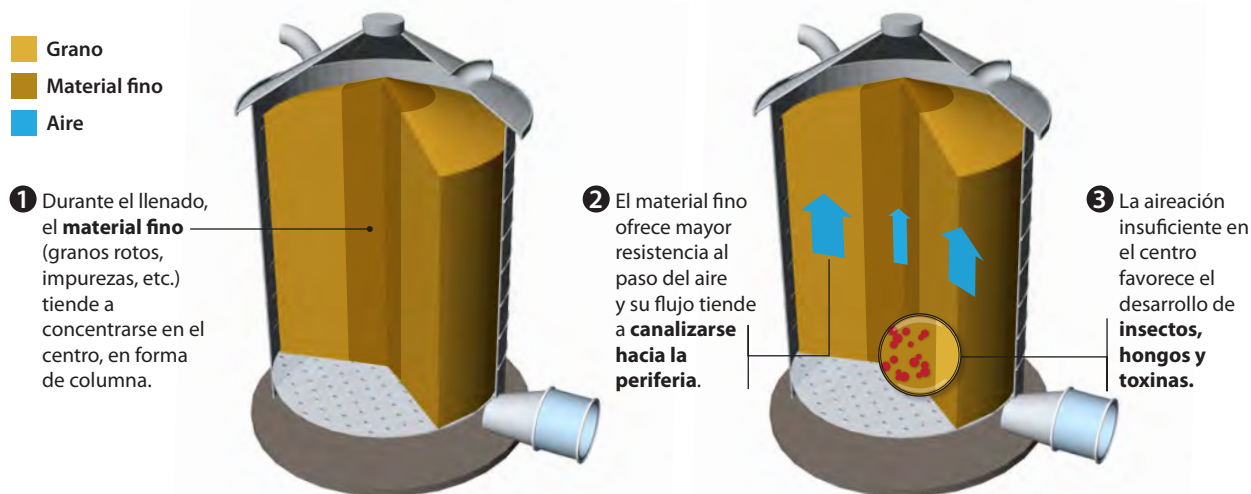
7.1 Descorazonado

El descorazonado del silo consiste en extraer la columna central del grano contenido en el silo lleno hasta invertir levemente el pico; el volumen a extraer se estima en el 3% del grano almacenado (para silos de 400 a 1000 toneladas de capacidad). El material extraído (que contiene abundante material fino) puede ser vendido por separado o bien debe pasar por un sistema de limpieza antes de ser recirculado al silo; de lo contrario, será un movimiento de granos sin resultados (Fig. 7.2).

Figura 7.1

Corazón compacto en el silo y canalización del aire

La acumulación del material fino durante el llenado puede provocar múltiples problemas.

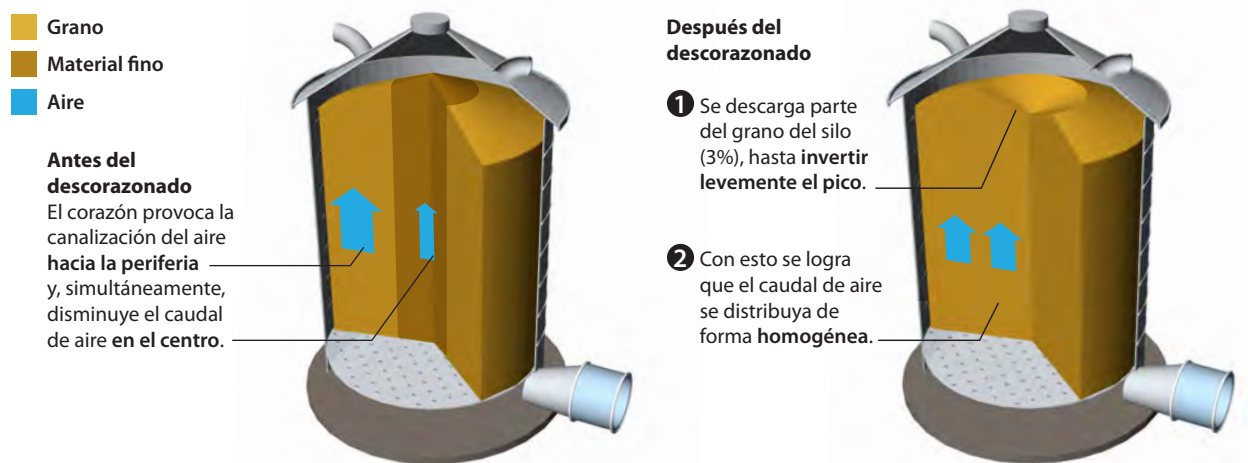


Fuente: elaboración propia

Figura 7.2

Descorazonado del silo

El proceso de descorazonado invierte el pico de granos y ayuda a nivelar la superficie.



Fuente: elaboración propia

7.2 Desparramado del material fino

El desparramado del material fino mediante el uso de desparramadores de grano en la entrada del silo permite dispersar uniformemente el material fino en la masa de granos. Este sistema debe utilizarse únicamente si se está seguro de la eficacia del desparramador para distribuir el material fino de forma homogénea. Lo que sucede con los malos desparramadores es que forman un anillo de material fino entre el centro y los laterales del silo, provocando los mismos problemas para el paso del aire y anulando además la posibilidad de un posterior descorazonado del silo. Por ello, la regla es que "Antes que un mal desparramador es preferible no tener ninguno".

7.3 Nivelado de la superficie

Adicionalmente, es importante nivelar la superficie del granel para evitar la formación del pico típico. La mayor altura del granel en la zona del pico provoca la canalización del aire hacia los laterales del silo, dificultando la aireación de la zona central y poniéndola en riesgo (Fig. 7.3). La ventaja de realizar un descorazonado o un desparramado previo es que se logra nivelar considerablemente la superficie. La práctica del nivelado es imprescindible cuando se realiza secado en silo.

Figura 7.3

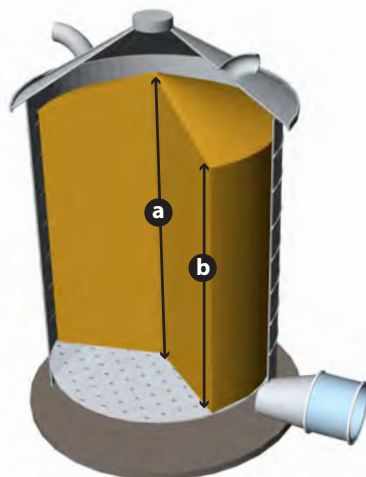
Nivelado

El proceso de nivelado de la superficie del granel es imprescindible en silos destinados al secado del grano.

Antes

La altura del granel es mayor en el centro que en la periferia, formando el pico típico y canalizando el aire hacia la periferia.

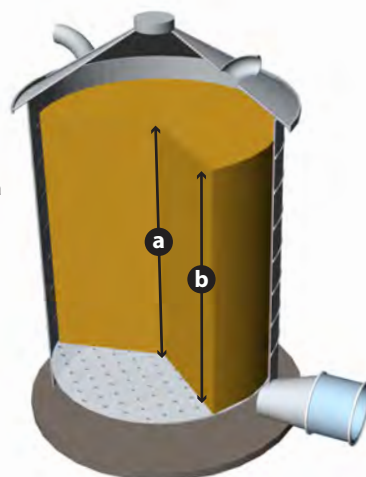
$$a > b$$



Después

Con un descorazonado o un desparramado previo se logra nivelar la superficie y corregir la aireación en la columna central.

$$a = b$$



Fuente: elaboración propia

7.4 Sobrellenado

Asimismo, es importante no sobrellenar el silo. Cuando el silo se llena más allá de su capacidad óptima, también se produce una diferencia de altura que dificulta la aireación, además de otros efectos indeseables como el grano amohosado en la pared y problemas para monitorear la superficie (Fig. 7.4 y 7.5).

Figura 7.4

Sobrellenado

Cuando el silo se llena superando el nivel recomendado, la aireación se vuelve ineficiente y aparecen otros efectos no deseados.

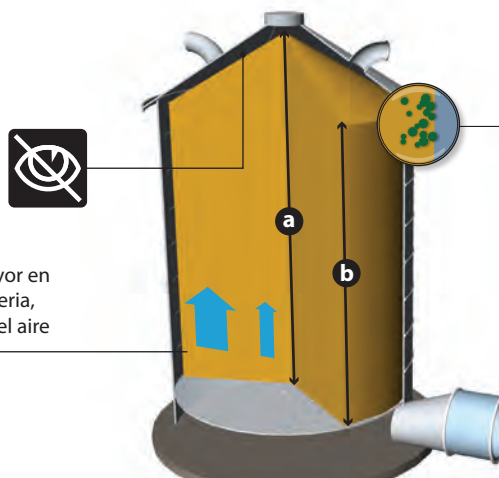
Monitoreo

Resulta imposible inspeccionar la superficie del granel por falta de espacio suficiente.

Diferencia de altura

La altura del granel, mayor en el centro que en la periferia, canaliza la circulación del aire hacia la periferia.

$$a > b$$



En algunas situaciones se condensa humedad sobre las paredes, favoreciendo la aparición de grano amohosado.

Fuente: elaboración propia

Figura 7.5.

Fotografía desde la boca de inspección superior de un silo. Nótese que al estar sobrellenado es imposible monitorear la superficie del granel.



Fuente: INTA

El material fino impide una correcta aireación y perjudica la calidad de los granos almacenados. Por ello, es muy importante realizar 1) la limpieza, 2) el descorazonado del silo o el desparramado del material fino y 3) el nivelado de la superficie.

8. Aireación

El proceso de aireación consiste en el movimiento forzado de aire ambiente a través de la masa de granos. La aireación es una técnica fundamental para mantener la calidad de los granos durante su almacenamiento dado que permite:

- 1) mantener lo más baja posible la temperatura del granel. El proceso de aireación limita el desarrollo de los insectos, dado que reduce su actividad metabólica. Asimismo, reduce la actividad metabólica de los hongos y de los propios granos, favoreciendo el almacenamiento prolongado.
- 2) mantener uniforme la temperatura del granel. La aireación limita el desarrollo de hongos e insectos debidos a la formación de focos localizados de humedad en el granel. La aparición de dichos focos localizados se debe a los movimientos convectivos de aire que ocurren con los cambios estacionales de temperatura y radiación solar.

8.1 ¿Para qué se utiliza la aireación?

La finalidad principal de la aireación es enfriar y mantener frío el grano seco. Esto implica controlar pequeños

cambios de temperatura en el grano seco para limitar el desarrollo de insectos y, así, permitir un almacenamiento prolongado. Los caudales de aire necesarios para este propósito son bajos y el aire debe estar más frío que el grano. La gran mayoría de los conceptos que se desarrollan en las Secciones 9 y 10 se refieren principalmente a la aireación como método de enfriado.

Además, la aireación se puede utilizar para otras dos finalidades: mantener grano húmedo en buenas condiciones por un breve período y acondicionar por humedad. El mantenimiento del grano húmedo por un breve período se realiza sólo en circunstancias especiales, sobre todo cuando se recibe grano húmedo que no puede secarse inmediatamente. Para esta finalidad debe emplearse un elevado caudal de aire, pues el calentamiento y el deterioro del granel son rápidos.

El acondicionamiento por humedad se realiza cuando se requiere uniformar la humedad de los granos o cuando ésta se encuentra 1 o 2 puntos por encima de la humedad de recibo.

La aireación de los granos es una herramienta fundamental para preservar la calidad de los granos almacenados. Empleada correctamente, esta tecnología permite limitar el desarrollo de insectos, evitando el deterioro y las pérdidas.

8.2 El Caudal Específico

Un concepto de gran importancia a tener en cuenta en aireación es el de Caudal Específico. El Caudal Específico indica el volumen de aire que recibe una tonelada de grano por minuto, independizando al ventilador del tamaño del silo (Ecuación 8.1).

Ecuación 8.1

Caudal Específico

Caudal Específico = Caudal entregado por el ventilador / Peso del grano almacenado

(El Caudal Específico se expresa en m³/min/ton; el caudal entregado por el ventilador en m³/min; el peso del grano almacenado, en toneladas)

El concepto de Caudal Específico es fundamental a la hora de dimensionar correctamente el sistema de aireación, pues determinará si un sistema de aireación determinado puede ser utilizado para enfriar grano seco, para mantener grano húmedo o para acondicionar. La Tabla 8.1 muestra los Caudales Específicos requeridos para cada uno de los propósitos de la aireación.

Demos un ejemplo de cómo calcular el Caudal Específico (Fig. 8.1). Supóngase un ventilador que suministra 10 m³/min de aire. Según la Ecuación 8.1, al ser conectado a un silo de 100 toneladas de capacidad, el Caudal Específico se calcula dividiendo los 10 m³/min que entrega el ventilador por las 100 toneladas, lo que da un resultado de 0,1 m³/min.ton (Fig. 8.1, izq.). Esto significa que cada tonelada de grano almacenada en ese silo recibirá un caudal de 0,1 m³ de aire por minuto.

Ahora bien, si el mismo ventilador es conectado a un silo de 200 toneladas (Fig. 8.1 der.), el Caudal Específico debe obtenerse dividiendo los 10 m³/min por las 200 toneladas, lo que resulta en 0,05 m³/min.ton.

Esto indica que el caudal de aire que recibirá cada tonelada de grano almacenada en el silo es de 0,05 m³/min, la mitad que en el caso anterior.

Tabla 8.1

Caudales específicos necesarios para cada propósito de la aireación.

	Propósito	Caudal Específico
Enfriar grano seco	Enfriar y controlar pequeños cambios de temperatura	Bajo: 0,05 - 0,25 m ³ /min.ton Típicamente, 0,1 m ³ /min.ton
Acondicionamiento	Uniformar humedad de los granos o reducir en 1 o 2%	Intermedio: 0,25 - 0,5 m ³ /min.ton
Mantenimiento de grano húmedo por breve período	Evitar el deterioro del grano por un breve lapso de tiempo	Alto: Mayor a 0,5 m ³ /min.ton

Ecuación 8.1.1

Caudal Específico

SILO de 100t.	SILO de 200t.
$Q_e = \frac{10 \text{ m}^3/\text{min}}{100\text{t}}$	$Q_e = \frac{10 \text{ m}^3/\text{min}}{200\text{t}}$
$Q_e = 0,1 \text{ m}^3/\text{min.t}$	$Q_e = 0,05 \text{ m}^3/\text{min.t}$

El ventilador suministra un Caudal de 10 m³/min

El Caudal Específico se debe medir periódicamente para asegurarse que es adecuado para el propósito de la aireación.

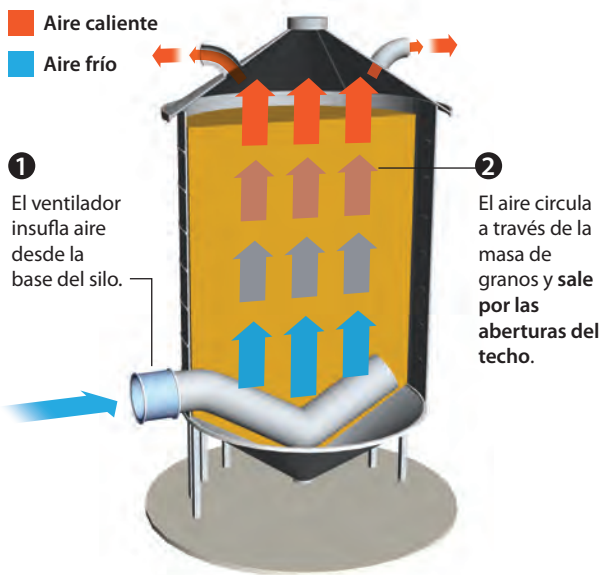
8.3 El sentido del flujo del aire

Conocer el sentido de circulación del aire es muy importante para comprender el proceso de aireación. En particular, el aire puede atravesar la masa de granos en sentido ascendente o descendente dependiendo del sistema de aireación utilizado, a saber:

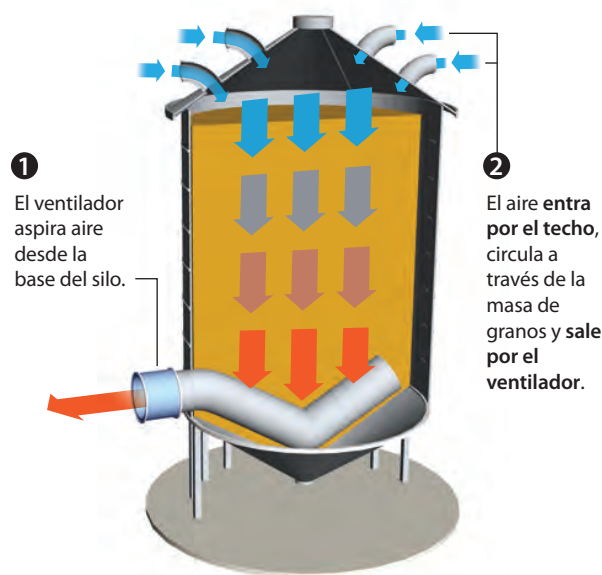
1. Sistemas con presión positiva o que trabajan insuflando aire. Éstos soplan aire hacia arriba a través de la masa de granos, de modo que el aire entra por el ventilador y sale por las aberturas del techo (Fig. 8.2 izq)
2. Sistemas con presión negativa o que trabajan succionando el aire. Éstos aspiran el aire hacia abajo a través de la masa de granos, de modo que el aire entra por las aberturas del techo y sale por el ventilador (Fig. 8.2 der.).

Figura 8.2

Sistema de presión positiva



Sistema de presión negativa



Fuente: elaboración propia

Correctamente dimensionados, ambos sistemas son igualmente efectivos para lograr los objetivos de la aireación. Las ventajas y desventajas de cada uno se exponen en la Sección 8.6 de este Capítulo, una vez definidos otros conceptos importantes sobre la aireación.

8.4 El proceso de enfriamiento de los granos: los Ciclos de Aireación

A continuación se describe cómo ocurre el enfriado de los granos secos una vez que se enciende el ventilador. Téngase en cuenta que este proceso también se da cuando se acondiciona por humedad o se quiere mantener grano húmedo, aunque el objetivo principal en estos casos no sea enfriar la mercadería.

Cuando se enciende el ventilador, se conforma un frente de enfriado que avanza en el sentido de circulación del aire. Si el ventilador insufla el aire, la capa cercana a la base del silo será la primera en enfriarse, mientras que la capa cercana a la superficie será la última en enfriarse. Si el ventilador extrae el aire, la zona que más tardará en enfriarse será el grano cercano a la base del silo.

Veamos con mayor detalle cómo ocurre el proceso de enfriado. Supóngase que se desea enfriar un silo lleno de grano caliente mediante un ventilador que insufla aire hacia el interior del mismo. Apenas se enciende el ventilador, el aire comienza a circular por el silo a través de la masa de granos y sale por el techo del silo. Téngase en cuenta que el aire ambiente debe estar a menor temperatura que el grano para que el grano se enfrie.

Luego de haber transcurrido cierto tiempo con el ventilador encendido, quedarán delimitadas tres zonas diferentes en el granel (Fig. 8.3):

1. La zona inferior, en la cual el aire ya habrá enfriado al grano, y ambos se encontrarán en equilibrio a la temperatura a la que ingresa el aire del ventilador; por ello, el aire que atraviesa esta capa de grano no sufre modificaciones importantes en su temperatura.
2. La zona de transición, en donde el grano y el aire intercambian calor. En esta capa el grano se encuentra más caliente que el aire, de modo que al circular por el espacio poroso entre los granos, el aire toma calor

del grano y lo enfría. Simultáneamente, todo el calor que pierde el grano es absorbido por el aire, y éste último se calienta a medida que avanza en dirección ascendente.

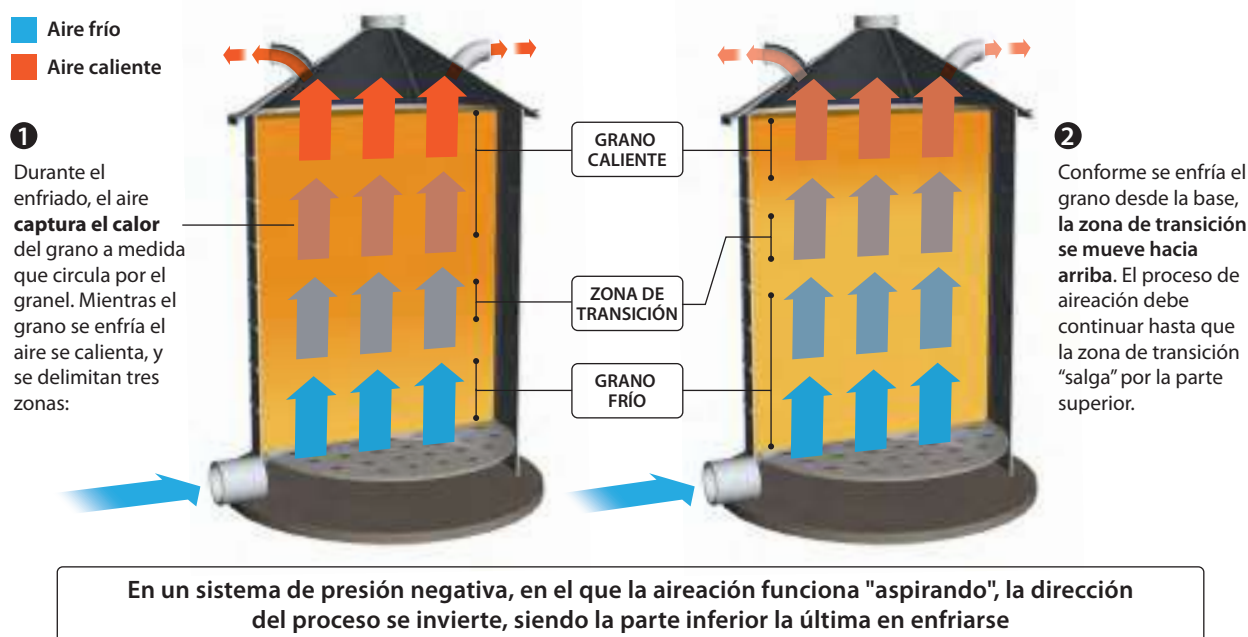
3. En un momento dado, el aire habrá tomado todo el calor posible del grano y entrará en equilibrio con la temperatura del grano que aún se encuentra caliente en la parte superior del granel, delimitándose una zona superior. Como la temperatura del aire y del grano ya se han igualado, el aire ya no puede enfriar más al grano a su paso, por mayor que sea el recorrido del aire en esta tercera zona.

■ **El aire que entra por el ventilador debe estar más frío que el grano; de lo contrario, el grano no se enfriará.**

Figura 8.3

Zonas de temperatura en el granel

Durante el proceso de aireación, el grano se enfría por capas, desde donde ingresa el aire hacia el extremo opuesto.



Fuente: elaboración propia

En resumen, al cabo de un tiempo de funcionamiento del ventilador, quedan delimitadas tres zonas: una de grano frío, una de transición (donde el frente de enfriado está enfriando al grano) y una de grano caliente. La zona de transición se mueve hacia arriba, aumentando cada vez más la proporción de grano frío y disminuyendo la de grano que aún está caliente.

El proceso de aireación deberá continuarse hasta que el frente de enfriado o la zona de transición salgan del granel por la parte superior. De esta manera se garantiza que la totalidad de la masa de granos ha sido enfriada. Cuando esto ocurre, puede decirse que se ha completado un Ciclo de Aireación. Esta explicación también es válida cuando el ventilador trabaja aspirando el aire; la única diferencia será que el frente de enfriado o zona de transición se moverán desde arriba hacia abajo.

■ **Airear un poco no significa enfriar un poco toda la masa de granos. Por el contrario, aireando un poco sólo se logra enfriar una capa de granos, manteniéndose el resto del granel a la temperatura original.**

8.5 Duración del Ciclo de Aireación

La duración de un Ciclo de Aireación (medida en horas de funcionamiento del ventilador) depende de múltiples factores, pero el más importante es el Caudal Específico: a mayor Caudal Específico, el Ciclo de Aireación se completará más rápidamente.

Para estimar de forma práctica la duración aproximada del Ciclo de Aireación, puede utilizarse una fórmula muy sencilla en base al Caudal Específico (Ecuación 8.2):

Ecuación 8.2

Duración del Ciclo de Aireación

$$\text{Duración de un Ciclo de Aireación} = 16,5 / \text{Caudal Específico}$$

(La Duración del Ciclo de Aireación se expresa en horas de funcionamiento de ventilador y el Caudal Específico se expresa en m³/min.ton; la constante se expresa en hora.m³/min.ton)

Por ejemplo, si el Caudal Específico es de 0,1 m³/min.ton el Ciclo de Aireación tardará aproximadamente 165 horas de funcionamiento de ventilador en completarse. En otras palabras, el frente de enfriado se desplazará de un extremo hasta el otro del silo enfriando a la masa de granos a su paso al cabo de 165 horas con el ventilador encendido (Tabla 8.2).

Tabla 8.2

Duración del Ciclo de Aireación en función del Caudal Específico

Caudal Específico (m ³ /min/ton)	Duración del Ciclo de Aireación (horas de funcionamiento de ventilador)
0,05	330
0,1	165
0,3	55
0,5	33

No obstante esto, es importante tener en cuenta que existen otros factores que también influyen sobre la duración del Ciclo de Aireación. Dichos factores son:

- La diferencia de temperatura entre el grano y el aire ambiente que se utiliza para ventilar. A medida que la diferencia entre ambos resulte mayor, el Ciclo de Aireación se extenderá.
- El tipo de grano. El pasaje del aire se dificulta en los granos de mayor peso hectolítrico o de menor tamaño (por ejemplo, colza), aumentando la duración del Ciclo de Aireación.
- La cantidad y distribución del material fino. A mayor cantidad de material fino, más difícil le resulta al aire atravesar el granel, disminuyendo el Caudal Específico y prolongándose el enfriado. A su vez, la disposición de los finos en el centro del silo disminuye el caudal de aire y el movimiento del frente de enfriado en dicha zona.
- El sistema de distribución del aire. Un buen sistema de distribución de aire garantiza que el frente de enfriado avance de manera uniforme por todo el granel. De lo contrario, el Ciclo de Aireación finaliza sólo cuando sale por el otro extremo del silo la zona más rezagada del frente de enfriado.

Por otra parte, es de destacar que las horas de funcionamiento de ventilador son acumulativas. Para el ejemplo anterior, esto implica que un Ciclo de Aireación puede completarse haciendo funcionar el ventilador durante 165 horas corridas o bien haciéndolo en forma interrumpida hasta sumar las 165 horas.

En efecto, la forma más eficiente para enfriar los granos es seleccionando las horas más frescas del día para encender el ventilador y no haciéndolo funcionar de forma continua. Ventilando únicamente en los momentos de menor temperatura se logra un doble beneficio: 1) el granel tarda menos días en enfriarse, disminuyendo el riesgo de deterioro y 2) se ahorra energía y se prolonga la vida útil del ventilador, porque éste funciona menos horas.

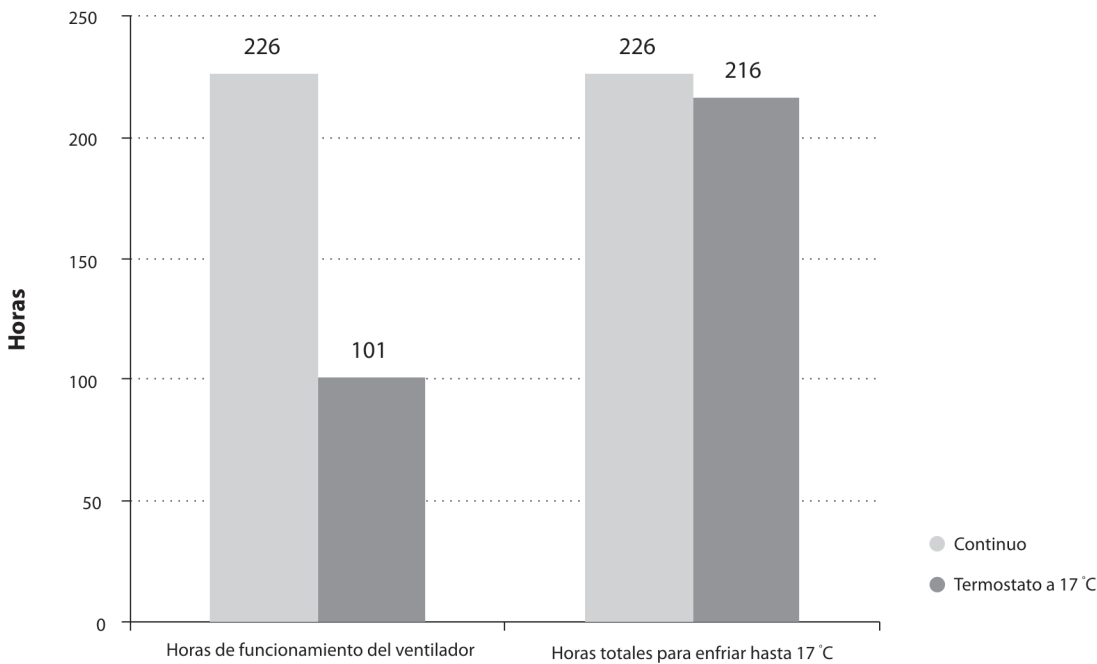
Veamos un ejemplo basado en una simulación de aireación. Se trata de un maíz cosechado a 25°C en la zona de Pergamino que se desea enfriar por aireación hasta 17°C (Fig. 8.4). La temperatura ambiente promedio en esa localidad al momento de la cosecha es de 17-18°C, favorable para enfriar el granel.

Los resultados de la simulación indican que con aireación continua (el ventilador funciona de corrido) se necesita que el ventilador funcione durante 226 horas para enfriar el maíz hasta la temperatura objetivo. Como el ventilador funciona permanentemente, las horas de funcionamiento del ventilador equivalen al tiempo total de enfriado (serie gris claro).

Por el contrario, si sólo se ventila en los momentos en que la temperatura ambiente es inferior a 17°C, se necesitan 101 horas de funcionamiento del ventilador (un 53% menos de tiempo respecto del caso anterior), tomándole unas 216 horas en total lograr el objetivo (serie gris oscuro). El resultado es que, al optimizar el funcionamiento del ventilador, se prolonga su vida útil y se ahorra en energía. En la Sección 9 se ampliarán estos conceptos para determinar cuál es el esquema de aireación más conveniente.

Figura 8.4

Horas de funcionamiento de ventilador y tiempo total requeridos para enfriar trigo desde 25 °C hasta 17 °C en Pergamino (simulación).



8.6 ¿Insuflar o aspirar?

En la Sección 8.4 de este Capítulo hemos introducido los sistemas de presión positiva (que insuflan aire) y negativa (que aspiran aire) pero, ¿cuándo es conveniente trabajar con presión positiva o con presión negativa?

La respuesta es que no hay una regla estricta para elegir uno u otro sistema. Ambos pueden servir al objetivo propuesto si están correctamente dimensionados y ambos presentan ventajas y desventajas. Lo importante es comprender cómo funciona cada uno y saber dónde podrían ocurrir los principales problemas.

Independientemente de que se trabaje con presión positiva o negativa, si se desea cambiar de uno a otro sistema se debe esperar a que finalice el Ciclo de Aireación; es decir, nunca se debe cambiar el sentido del aire en la mitad del Ciclo. De lo contrario, se procedería a calentar lo que se ha enfriado previamente, dado que el flujo de aire avanza en sentidos contrarios según el sistema.

Además, recuérdese que la forma correcta de pasar de un sistema a otro consiste en desconectar el ventilador de la boca de ventilación, girarlo y conectarlo nuevamente. Nunca se debe cambiar el sentido de giro de las paletas del ventilador.

A continuación se ofrecen los principales aspectos a tener en cuenta cuando se trabaja con presión positiva o negativa, para orientar al usuario en la elección más conveniente de acuerdo con sus instalaciones.

Nunca cambiar de un sistema al otro en la mitad de un Ciclo de Aireación, ni cambiar el sentido de giro de las paletas del ventilador.

8.6.1 Sistemas de presión positiva

En los sistemas de presión positiva el ventilador insufla aire hacia el interior del silo; el aire asciende a través de la masa de granos y sale por las aberturas del techo. Se debe monitorear especialmente la zona central de la capa superior, que es la última zona en enfriarse y por lo tanto la más propensa al deterioro (Fig. 8.5).

Las ventajas de estos sistemas son:

- Permite un mejor control de la mercadería en caso de problemas de descomposición, pues éstos suelen ocurrir en la parte superior del silo. Generalmente, estos problemas pueden detectarse de forma temprana mediante inspección visual de la superficie del granel y en caso necesario, resulta más sencillo descargar la zona afectada.
- Permite la adición de nuevas capas de grano caliente sin que el calor sea impulsado a través del grano que ha sido previamente enfriado.
- La distribución del aire en silos y celdas de baja altura de granos resulta más uniforme.
- Se producen menos obstrucciones de los pisos perforados y conductos de aireación gracias a que el material fino es expulsado hacia afuera por el aire.
- Se requiere menor superficie abierta en el techo y menor diámetro de conductos de aireación.

Las desventajas, por el contrario, son:

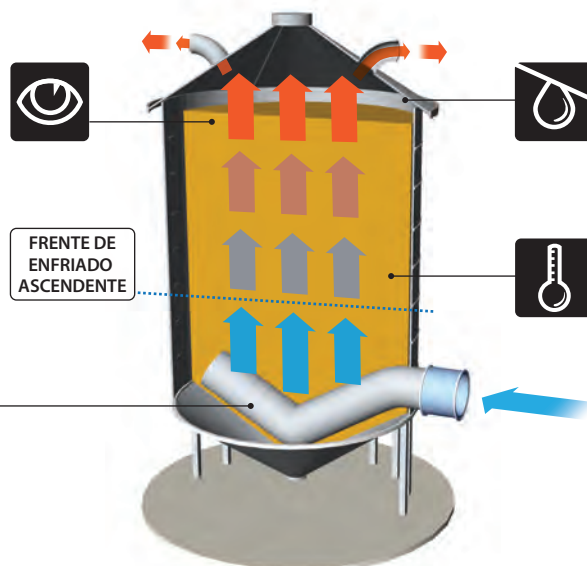
- Suele presentar problemas de condensación en el techo del silo, que pueden solucionarse con una adecuada cantidad de bocas de venteo en el techo y/o colocando extractores de aire.
- Si no se cuenta con un sistema de termometría, es complejo monitorear el avance del frente de enfriado pues se debe medir la temperatura del grano en la superficie del granel.
- Al insuflar el aire, el ventilador lo calienta debido a la compresión. En silos pequeños, el aumento de temperatura del aire puede ser de 1 a 2°C; en silos de gran altura, entre 3 y 5°C. El aumento de temperatura del aire posee un doble efecto: por un lado, retrasa el enfriamiento de los granos; por otro lado, provoca una disminución de la humedad relativa del aire que ingresa al sistema que resulta en un mayor riesgo de sobresecar la mercadería. En sistemas de Presión Estática superior a 2000 pascales (silos muy altos) se recomienda trabajar con presión negativa por este motivo.

Figura 8.5

Sistema de presión positiva

PRINCIPALES VENTAJAS

- ◆ **Inspección visual**
Fácil detección y manejo de problemas de **descomposición** por presentarse en la capa superior del granel, ya que es la última en enfriarse.
- ◆ Se puede **agregar nuevas capas de grano** caliente sin que afecte la temperatura del grano ya enfriado.
- ◆ Menos obstrucciones en **pisos perforados y ductos** al impulsar el material fino hacia fuera del ducto.
- ◆ Distribución de aire más homogénea.



■ Aire frío ■ Aire caliente

PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ◆ Puede haber **condensación** en el techo del silo.
- ◆ Sin un sistema de **termometría** es complejo monitorear el avance del frente de enfriado.
- ◆ El ventilador **aumenta la temperatura del aire** debido a la compresión. Este efecto es de importancia en silos de gran altura

Fuente: elaboración propia

8.6.2 Sistemas de presión negativa

En los sistemas de presión negativa el aire entra por las aberturas del techo, atraviesa el granel de forma descendente y sale por el ventilador hacia el exterior del silo. Se debe monitorear especialmente la zona del centro más cercana a la base del silo, que es la última zona en enfriarse y por lo tanto la más propensa al deterioro (Fig. 8.6).

Las ventajas de estos sistemas son:

- Presentan menores problemas de condensación en el techo del recinto.
- Es sencillo monitorear el avance del frente de enfriado, midiendo la temperatura del aire que sale del ventilador en la base del silo.
- Puede ser más efectivo en la prevención de los insectos, ya que la capa más susceptible a la infestación (la superficie) es la primera en enfriarse.
- No se calienta el aire por la compresión del ventilador.

Las desventajas, por el contrario, son:

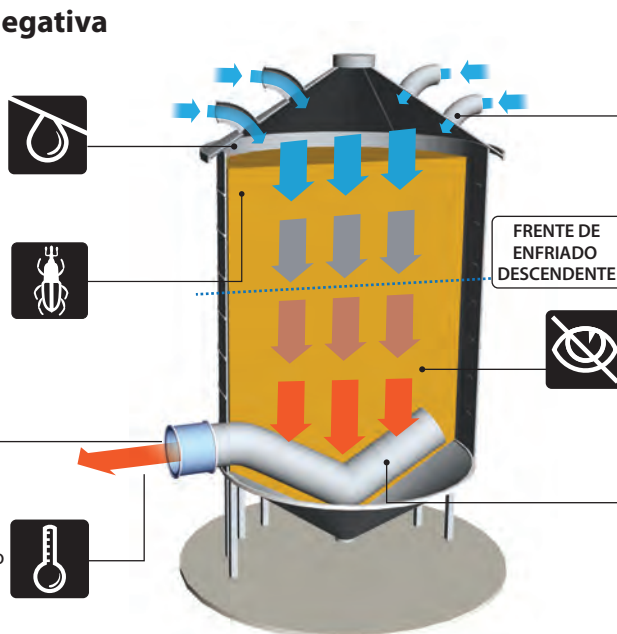
- Los problemas de descomposición del grano son más difíciles de manejar dado que suelen ocurrir cerca de la base del silo, que es la última capa en enfriarse. A esto se suma una mayor dificultad para monitorear la condición del grano en dicha zona.
- Requieren mayores superficies abiertas en el techo y mayores diámetros de conductos respecto de sistemas de presión positiva para limitar pérdidas de presión excesivas.
- Presentan mayor riesgo de daño en el techo debido al vacío cuando las entradas de aire están obstruidas o congeladas.
- No es recomendable agregar grano caliente en la superficie, ya que el calor es impulsado hacia abajo a través del grano que ya está frío.

Figura 8.6

Sistema de presión negativa

PRINCIPALES VENTAJAS

- ◆ Menos problemas de **condensación** en el techo.
- ◆ Mayor prevención del ataque de insectos al enfriar primero la capa superficial, más susceptible a la infestación.
- ◆ No se calienta el aire por la compresión del ventilador.
- ◆ Monitoreo sencillo del avance del frente de enfriado midiendo temperatura del aire de salida.



PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ◆ **Aberturas en el techo**
Más entradas de aire y de mayor diámetro
- ◆ Si es necesario agregar grano caliente al silo el calor es impulsado hacia el grano ya enfriado, recalentándolo.
- ◆ Difícil monitoreo y manejo de problemas de descomposición porque suelen ocurrir cerca de la base del silo que es la última parte del granel en enfriarse.
- ◆ Más obstrucciones en **pisos perforados y ductos** al succionar el material fino.
- ◆ Distribución de aire menos homogénea, sobre todo en silos y celdas de poca altura

Fuente: elaboración propia

9. Estrategias de aireación

A continuación se describen las distintas estrategias de aireación cuando el propósito es enfriar grano seco, mantener grano húmedo por un breve período de tiempo o acondicionar por humedad.

9.1 Enfriar grano seco

Hasta aquí hemos explicado que enfriar el grano seco mediante aireación limita el desarrollo de los insectos. Pero, ¿hasta qué temperatura se lo debe enfriar?

La recomendación general es enfriar los granos por debajo de 17°C, dado que a esta temperatura la mayoría de los insectos de granos almacenados se encuentran inactivos (los insectos no mueren a esa temperatura, sino que su desarrollo y su reproducción son más lentos, Tabla 9.1). No obstante, es importante tener en cuenta que algunos insectos, como el gorgojo del arroz, sólo se encuentran inactivos por debajo de los 15°C.

Ahora bien: en regiones muy calurosas (en donde no es posible enfriar los granos por debajo de 17°C) igualmente se deberá enfriar tanto como sea posible, aunque siempre teniendo en cuenta que por encima de 17°C es elevado el riesgo de infestación por insectos. En otras palabras, siempre será mejor enfriar un poco que no enfriar nada. Lo ideal en estos casos sería, de contar con la posibilidad, recurrir a la tecnología de refrigeración artificial, que permite enfriar la mercadería independientemente de las condiciones climáticas de la localidad del almacenamiento.

9.1.1 La relación entre el clima y la aireación

Las condiciones climáticas típicas de la localidad y la estación del año condicionan la temperatura a la que es posible llevar el grano por medio de aireación. En líneas generales, puede esperarse enfriar el granel levemente por debajo de la temperatura promedio de la localidad en cada época del año. Esto se debe a que, para enfriar el grano seco, se debe contar con suficiente cantidad de horas de ventilador a una temperatura ambiente menor que la temperatura del grano.

Por ejemplo, un trigo cosechado en la localidad de Sáenz Peña (Chaco) en diciembre se podrá enfriar a 17°C me-

Tabla 9.1

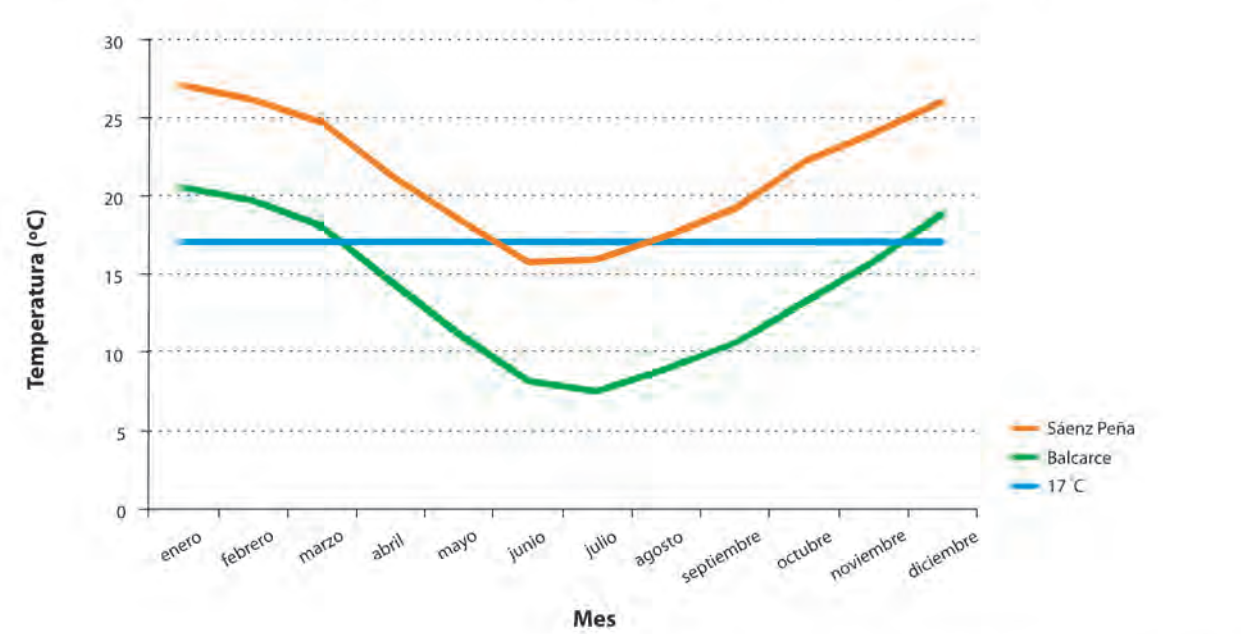
Efecto de la temperatura sobre la actividad metabólica de los insectos.

Temperatura	Efecto
Mayor a 50°C	Muerte en minutos
Mayor a 35°C	Detención del desarrollo
25-32 °C	Óptimo
19-25 °C	Sub-óptimo
5 - 15,5 °C	Muerte en días
-17,7°C	Muerte en minutos

Fuente: Fields, 1992

Figura 9.1

Temperatura promedio mensual en las localidades de Sáenz Peña (Chaco) y Balcarce (Buenos Aires).



Fuente: elaboración propia en base a SMN

diante aireación recién en abril (ver Fig. 9.1), una vez que la temperatura ambiente promedio haya descendido hasta aproximadamente 21°C. En este caso, se debe optimizar la aireación para enfriar lo máximo posible en cada momento o bien recurrir a la refrigeración artificial. En cambio, para enero ese mismo trigo podría enfriarse hasta 17°C en la zona de Balcarce, ya que la temperatura promedio es aproximadamente 20°C durante ese mes (Fig. 9.1).

Dicho de otra forma, en el período abril-septiembre sería posible enfriar el grano hasta 17°C en Sáenz Peña mediante aireación. El resto del año, para enfriar hasta 17°C debería utilizarse refrigeración artificial. En Balcarce, se podría enfriar hasta 17°C mediante aireación prácticamente todo el año.

Adicionalmente, el clima de la localidad determinará cuál es el esquema de aireación más apropiado para enfriar los granos lo antes posible. Este tema se profundiza en la siguiente Sección.

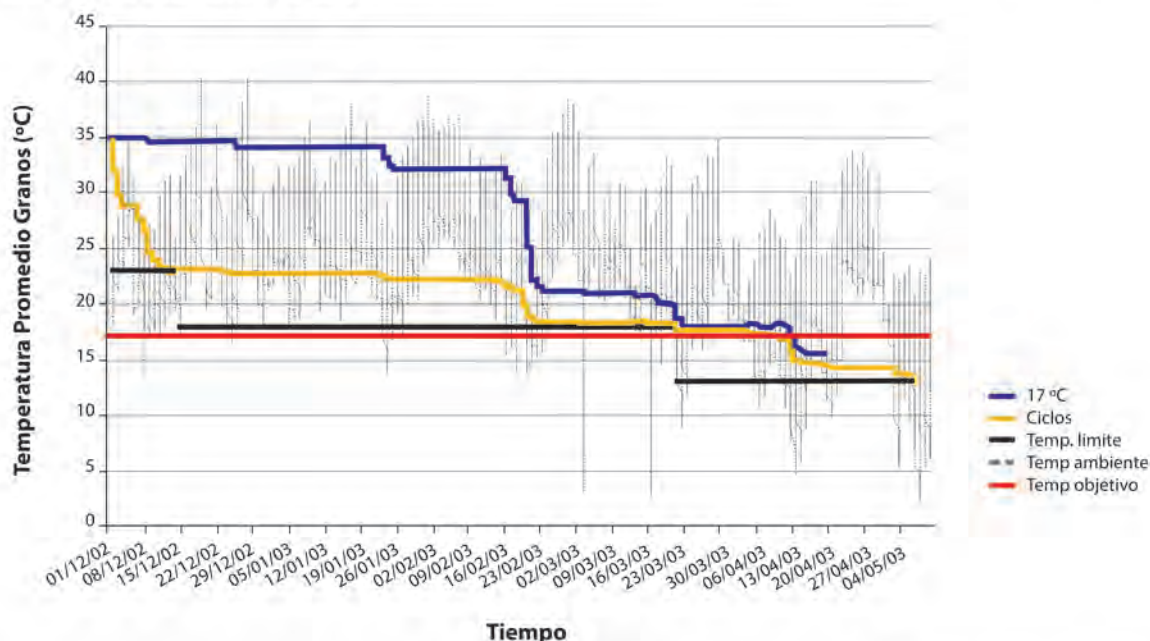
9.1.2 Aireación en etapas

Si las condiciones climáticas lo permiten, la forma más eficiente de enfriar los granos hasta 17°C será por etapas.

Esto es, realizar varios Ciclos de Aireación con temperaturas límite¹ sucesivamente más bajas para enfriar el granel de forma escalonada. Por el contrario, no se recomienda ventilar con una única temperatura límite fija durante todo el año (supóngase, 17°C o menos) ya que puede llevar mucho tiempo enfriar la totalidad del granel hasta 17°C, con el riesgo de infestación que ello implica.

Figura 9.2

Evolución de la temperatura del granel cuando se utiliza aireación en ciclos o con temperatura única (simulación) en Sáenz Peña, Chaco



Fuente: elaboración propia en base a PHAST.

Para ampliar el concepto, la Fig. 9.2 muestra los resultados de una simulación de aireación de un trigo cosechado en diciembre en la localidad de Sáenz Peña, Chaco. Allí puede verse cómo evoluciona la temperatura del granel cuando se lo ventila a una temperatura ambiente de 17°C (línea azul) y cuando se utilizan ciclos de aireación (línea naranja), a temperaturas límite sucesivamente más bajas (23, 18 y 13°C, líneas negras). La línea roja señala la temperatura a la que se desea enfriar el granel (17°C).

Nótese que al utilizar ciclos de aireación sucesivos (línea naranja), el granel se enfría rápidamente desde 35°C hasta 23°C (en 15 días), donde finaliza el primer ciclo. Luego tarda unos 3 meses aproximadamente en enfriarse hasta 17°C, finalizando el segundo ciclo. Y si bien el segundo ciclo demora en llegar hasta los 17°C, el granel ya se encuentra en una temperatura sub-óptima para el desarrollo de insectos (ver Tabla 9.1), lo cual limita considerablemente los daños por insectos. Durante el tercer ciclo (cuando comienza el mes de abril en este ejemplo), es posible enfriar aun más la mercadería, para asegurarse que no habrá desarrollo de insectos.

En cambio, cuando se ventila a una temperatura fija (en este ejemplo, 17°C, línea azul), toma prácticamente 3 meses enfriar el granel por debajo de 25°C, con un riesgo muy elevado de desarrollo y ataque de insectos durante este período. Cabe resaltar que, a pesar de que en ambos casos enfriar por debajo de 17°C se logra prácticamente en el

¹ Por temperatura límite se entiende aquel valor de temperatura por encima del cual el ventilador permanece apagado y por debajo del cual el ventilador se enciende. Por ejemplo, si la temperatura límite se fija en 20°C, el ventilador se enciende cuando la temperatura ambiente es menor a 20°C y se apaga cuando es mayor a 20°C.

mismo momento (el 23 de marzo en este ejemplo), serán mayores los costos por daños y por control de insectos al ventilar a una temperatura única comparados con un esquema de aireación en ciclos.

9.1.3 Selección de temperaturas de aireación

Ahora bien: ¿cuál es la temperatura ambiente más apropiada para realizar cada Ciclo de Aireación? Como recomendación general, el primer Ciclo de Aireación debe realizarse a una temperatura límite que le permita al ventilador funcionar aproximadamente el 40% del tiempo. Esto garantizará que ese primer Ciclo de Aireación se complete en un tiempo razonable, o sea, menos de un mes.

A modo de orientación, la Tabla 9.2 contiene las temperaturas límite aproximadas para comenzar el primer Ciclo de Aireación para distintos meses y distintas localidades argentinas.

Cuando la temperatura de la mercadería se aproxima a la temperatura límite establecida, se da por finalizado el primer Ciclo de Aireación. Esto puede confirmarse siguiendo la temperatura del granel por termometría o manualmente².

Una vez finalizado el primer Ciclo de Aireación, se establece una nueva temperatura más baja para dar comienzo a un segundo Ciclo de Aireación. Se recomienda que la nueva temperatura sea entre 3 y 5°C menor que la anterior. Así se procede hasta que el granel se enfríe por debajo de 17°C (o lo máximo que el clima de la localidad lo permita).

9.1.4 La importancia de seleccionar correctamente la temperatura de aireación

La selección de la temperatura límite de aireación influirá en la velocidad a la que se enfría el granel, ya que determinará cuántas horas del día están disponibles para ventilar los granos y la temperatura del aire que ingresa al recinto. Si se establece una temperatura límite demasiado baja, se corre el riesgo de que el ventilador encienda sólo esporádicamente y que el enfriamiento de los granos se prolongue extensamente. En cambio, si se establece una temperatura límite demasiado alta, el ventilador funcionará durante muchas horas al día pero no se logrará un cambio importante en la temperatura del granel.

Tabla 9.2

Temperaturas límites que determinan un 40% de funcionamiento del ventilador para diferentes localidades de Argentina y meses del año.

Localidad (provincia)	Temperatura límite (°C)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Anguil (La Pampa)	21	20	17	13	9	6	6	8	10	13	16	20
Balcarce (Buenos Aires)	19	18	16	13	9	6	6	7	9	11	14	17
Barrow (Buenos Aires)	19	19	16	12	9	6	5	7	9	11	15	18
Bella Vista (Corrientes)	25	24	23	19	16	14	14	15	16	20	21	24
Bordenave (Buenos Aires)	21	19	17	13	9	6	5	7	9	12	16	19
Cerrilos (Salta)	20	19	18	15	12	10	10	12	14	17	19	20

²La forma de medir la temperatura manualmente dependerá de si el sistema trabaja con presión positiva o negativa. Si el ventilador insufla aire, se debe tomar la temperatura del granel en la parte central, a unos 30 o 40 cm por debajo de la superficie. Si el ventilador aspira el aire, se toma la temperatura del granel en la base del silo o bien del aire que sale del ventilador.

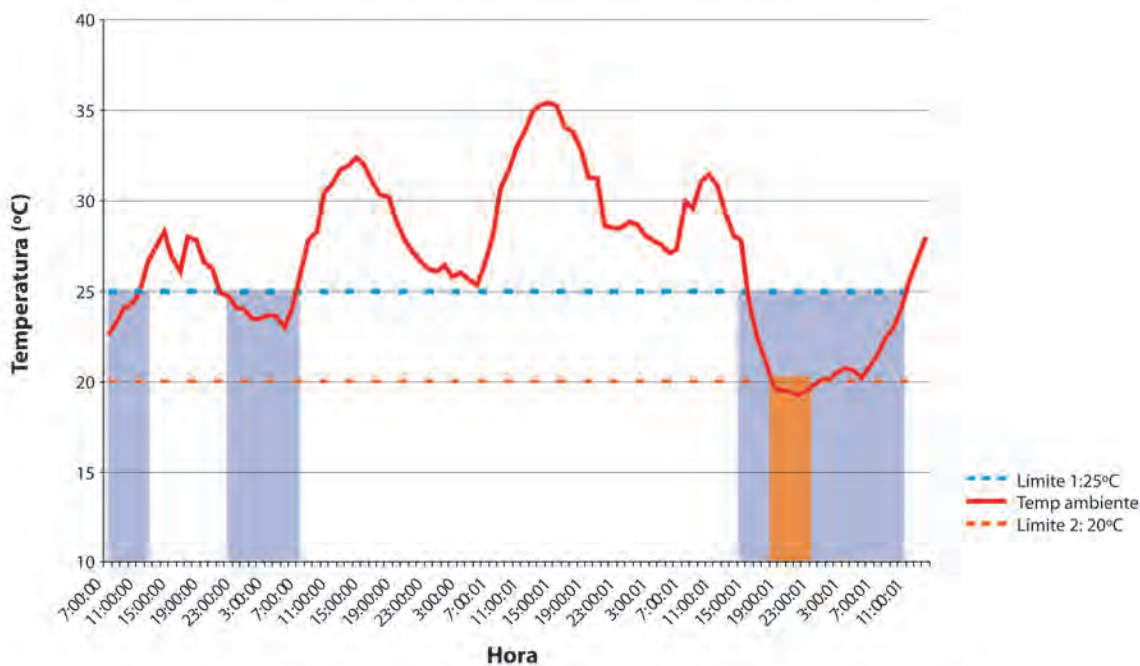
Localidad (provincia)	Temperatura límite (°C)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cerro Azul (Misiones)	24	24	23	19	16	14	15	16	17	20	21	24
Colonia Benítez (Chaco)	25	24	23	20	17	14	14	15	17	20	22	24
Concepción del Uruguay (Entre Ríos)	23	22	20	16	13	10	10	11	13	16	18	21
Concordia (Entre Ríos)	23	22	21	17	14	11	11	12	14	17	19	22
Corrientes (Corrientes)	22	24	23	19	16	14	14	15	16	19	21	24
Crespo (Entre Ríos)	23	22	20	16	14	11	10	12	13	16	19	22
El Colorado (Formosa)	26	25	24	20	17	15	15	16	18	21	22	24
Famaillá (Tucumán)	23	22	21	18	14	11	10	12	15	19	21	23
Gral. Pico (La Pampa)	21	20	18	14	10	7	6	8	11	14	17	20
Gral. Villegas (Buenos Aires)	21	20	18	14	11	7	6	8	10	14	17	20
Hilario Ascasubi (Buenos Aires)	20	19	17	13	9	6	6	8	10	13	16	19
Las Breñas (Chaco)	25	24	23	19	17	14	14	15	18	21	22	25
Manfredi (Córdoba)	24	20	19	15	12	8	7	9	12	16	18	21
Oliveros (Santa Fe)	22	22	20	16	13	10	9	11	13	16	19	21
Paraná (Entre Ríos)	23	22	20	17	14	11	10	12	14	17	19	22
Pergamino (Buenos Aires)	22	20	19	15	12	8	8	10	12	15	18	21
Rafaela (Santa Fe)	23	22	20	17	14	10	10	11	13	17	19	22
Reconquista (Santa Fe)	23	23	22	18	15	13	12	14	15	19	21	23
Sáenz Peña (Chaco)	25	24	23	19	17	14	14	16	17	20	22	24
Salta (Salta)	20	19	18	15	12	10	10	12	14	17	19	20
San Pedro (Buenos Aires)	22	21	19	16	12	9	9	10	12	15	18	21
Zabala (Santa Fe)	23	21	19	16	12	9	9	10	12	16	18	21

Fuente: Fuente: elaboración propia en base a SMN

La Fig. 9.3 muestra cómo varían las horas disponibles de aireación cuando se fijan distintas temperaturas límite, en base a la oscilación diaria de temperatura (a lo largo de cinco días) en la localidad de Sáenz Peña, Chaco. Cuando se fija una temperatura límite de 20°C (línea punteada naranja), sólo hay cuatro horas de aireación disponibles a lo largo de los cinco días analizados (rectángulo naranja). Cuando la temperatura límite es de 25°C, hay 32 horas disponibles para aireación (rectángulos azules).

Figura 9.3

Horas disponibles de aireación en Sáenz Peña (Chaco) para dos temperaturas límite de aireación.



Fuente: elaboración propia en base a SMN.

En base a lo expuesto, la selección de la temperatura límite debe representar un compromiso entre las horas de aireación disponibles y la temperatura del aire que ingresa al recinto en cada ciclo. La recomendación general es fijar una temperatura límite inicial más permisiva y disminuirla en los siguientes Ciclos de Aireación. Para saber si la temperatura límite elegida en cada ciclo es adecuada, se recomienda verificar que el ventilador funciona aproximadamente el 40% del tiempo, para lograr que el Ciclo de Aireación se complete en menos de un mes (con un Caudal Específico típico de mantenimiento).

9.1.5 Las ventajas de la automatizar la aireación

Hasta aquí hemos discutido la necesidad de ventilar a determinadas temperaturas límite para optimizar el proceso de aireación. Desde el punto de vista práctico, el encendido y el apagado del ventilador se puede realizar de dos formas:

1. Manual: un operario enciende el ventilador cuando la temperatura ambiente es inferior a la temperatura límite y lo apaga en la situación opuesta.
2. Automático: un controlador de aireación con termostato incorporado enciende automáticamente el ventilador cuando la temperatura ambiente es inferior a la temperatura programada y lo apaga cuando la temperatura ambiente supera a la programada.

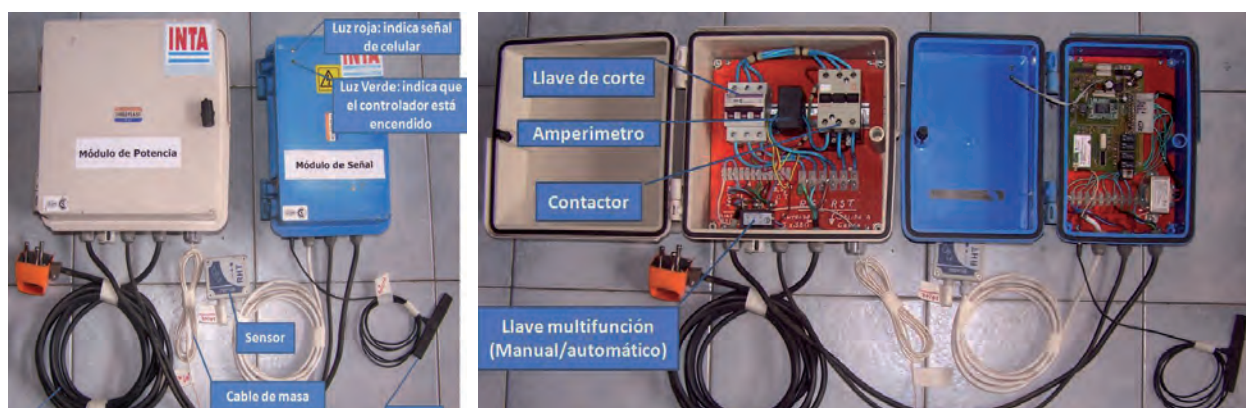
El control automático de la temperatura es la opción recomendada por ser la más eficiente. Algunas de sus ventajas son:

- Se independiza el manejo de la aireación del accionar del operario
- No se desaprovechan horas de aireación
- Se reduce la probabilidad de sobresecar el grano por uso excesivo de la aireación (menores mermas por humedad)
- Disminuyen los costos pues se evita el funcionamiento excesivo del ventilador (ahorro de energía)

En particular, el INTA ha desarrollado un controlador automático de aireación para enfriamiento (Fig. 9.4). Se trata de un dispositivo simple, robusto y de bajo costo, que puede construirse fácilmente con materiales de uso frecuente y adaptarse a cualquier estructura de almacenamiento. Las especificaciones del dispositivo y la explicación detallada de cómo construirlo figuran en el Anexo I.

Figura 9.4

Controlador automático de aireación para enfriamiento desarrollado por INTA. Der: Controlador cerrado. Izq: Controlador abierto y detalle de los componentes.



Fuente: Bartosik et al, 2010

9.1.6 Cambios en la humedad del grano durante la aireación

Bajo las condiciones climáticas típicas de Argentina, en la práctica se observa que el grano tiende a sobresecarse durante la aireación más que a rehumedecerse. En general, el sobresecado de la mercadería es más severo cuando:

- el ventilador funciona más horas que lo conveniente
- el caudal de aire es elevado (mayor a 0,1 m³/min.ton)
- las condiciones climáticas son permanentemente secas (baja humedad relativa)
- el ventilador insufla aire en un sistema de Presión Estática muy elevada (aumenta el calor de compresión y, por lo tanto, disminuye la humedad relativa del aire que ingresa al recinto)

Únicamente en condiciones de aireación continua con aire de alta humedad relativa (que habitualmente no ocurren en Argentina) puede rehumedecerse levemente el grano, típicamente con un 0,5 – 1% de incremento en el contenido de humedad.

Por lo expuesto, cabe aclarar que, al menos en Argentina, el criterio fundamental para enfriar los granos debe ser la temperatura y no la humedad relativa del aire. Adicionalmente, se recomienda automatizar la aireación para reducir el riesgo de sobresecar la mercadería.

■ **Es mucho más probable sobresecar los granos que rehumedecerlos durante la aireación.**

9.2 Mantener grano húmedo por un breve período

La aireación de granos puede aplicarse para mantener una masa de grano húmedo sin que se produzca calentamiento por un período breve de tiempo. Esta situación se produce típicamente cuando ingresa al acopio una partida de grano húmedo y debe conservárselo en buenas condiciones a la espera de ser secado.

No obstante, la aireación como método para mantener los granos húmedos es practicable únicamente en regiones de clima templado en las cuales el aire ambiente es frío en la época de cosecha. Por el contrario, en climas tropicales o muy calurosos la conservación temporaria de grano húmedo es más compleja, dado que las temperaturas elevadas aceleran el crecimiento y los procesos metabólicos de los organismos, comprometiendo seriamente la calidad del grano. En estos casos, deberá recurrirse a la refrigeración artificial de los granos (ver Sección 11 de este Capítulo).

Para mantener grano húmedo por un breve lapso:

- Mantener el ventilador permanentemente encendido, independientemente de la temperatura ambiente. Esto se debe a que en una masa de granos húmedos el proceso respiratorio es intenso y puede generar un rápido deterioro de la calidad si el calor no es removido en forma constante.
- Utilizar un Caudal Específico elevado (mayor a $0,5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$).
- Asegurarse que la distribución del aire en la masa de granos sea uniforme. Para ello, se recomienda realizar la limpieza del mismo y practicar el descorazonado del silo.
- En caso de no contar con un silo dimensionado para grano húmedo, reducir la altura de la columna de granos entre un 50% y un 30%. Esto reduce la Presión Estática del sistema y así aumenta el Caudal Específico.

El almacenaje temporal de los granos húmedos es un proceso riesgoso. En consecuencia, la aireación debe ejecutarse con gran cuidado y monitoreo permanente, con el mayor flujo de aire posible.

9.3 Acondicionar por humedad

El acondicionamiento por humedad permite uniformar la humedad de un lote de granos, de modo tal que los granos individuales se equilibren en un contenido de humedad similar. Esto es particularmente importante para algunos tipos de granos, como el maíz pisingallo, que debe ser acondicionado al contenido de humedad óptimo y de forma homogénea en todo el lote para lograr el máximo volumen de expansión durante la fabricación del pochoclo.

Asimismo, el acondicionamiento por humedad permite extraer uno o dos puntos de humedad al grano (por ejemplo, cuando se trata de maíz a 16% o soja a 15%) en un tiempo razonable, es decir, que no implique una pérdida de calidad del producto.

Para acondicionar por humedad:

- El ventilador debe estar encendido la mayor parte del tiempo hasta reducir la humedad (se recomienda apagarlo sólo cuando la humedad relativa ambiente es superior a 80%).
- Se requiere un Caudal Específico de $0,25 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$ (nótese que es un Caudal Específico intermedio entre la aireación para enfriar grano seco y para mantener grano húmedo).
- Para acondicionar todo el lote a un valor muy preciso de humedad, es indispensable contar con un controlador automático de aireación que permita seleccionar las condiciones climáticas adecuadas para el proceso en función de las curvas de contenido de humedad de equilibrio específicas para cada grano (ver Fig. 4.2).
- Asegurarse que la distribución del aire en la masa de granos sea uniforme. Para ello, se recomienda realizar la limpieza del grano y practicar el descorazonado del silo.
- Se debe evitar el sobresecado, especialmente en maíz pisingallo. De ocurrir el sobresecado, ese grano puede rehumedecerse pero nunca se recobrará la máxima expansión potencial.

- Se desaconseja la mezcla de lotes que posean más de 3 puntos porcentuales de diferencia en el contenido de humedad, ya que los granos con altos y bajos contenidos de humedad no llegarán a equilibrarse ni siquiera después de largos períodos, incrementando los riesgos de pérdidas. Además, en el caso de maíz pisingallo, granos con contenidos de humedad muy diferentes producirán expansiones no uniformes en una misma tanda.

10. Ingeniería de aireación

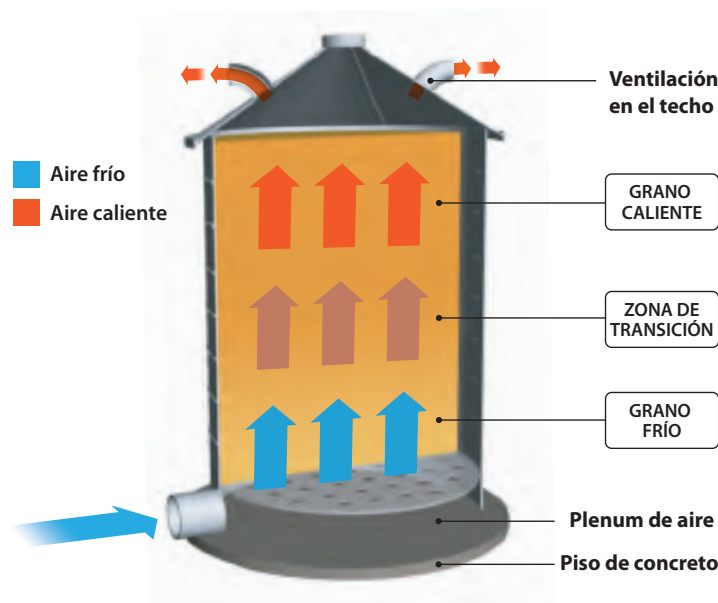
En un sistema de aireación típico, los componentes básicos incluyen un recinto con ductos perforados o bien con un piso total o parcialmente perforado que crea un plenum de aire; uno o más ventiladores que se conectan a los ductos perforados o al plenum de aire para forzar el aire a través del granel; y una o más bocas de venteo en el techo para la salida o la entrada del aire (Fig. 10.1).

Todos los componentes del sistema de aireación deben ser diseñados siguiendo ciertas reglas de ingeniería y dimensionados de acuerdo al propósito específico de la aireación. El correcto dimensionamiento de los ventiladores es imprescindible para garantizar el caudal de aire necesario, ya sea para aireación de mantenimiento o para secado. Por su parte, el diseño adecuado de los conductos de ventilación es fundamental para llegar desde los ventiladores a la masa de granos con la menor pérdida de energía posible y lograr una adecuada distribución del aire en la masa de granos.

Figura 10.1

Sistema de aireación típico

Componentes y sentido de movimiento del frente de enfriado en un sistema de presión positiva



Fuente: elaboración propia

10.1 La resistencia del aire: Presión Estática

Cuando el aire es forzado a través de la masa de granos, debe viajar por los estrechos caminos del espacio intergranario. A medida que el aire avanza, va rozando a su paso la superficie de los granos y las demás impurezas del granel. Esta fricción genera una resistencia al flujo del aire que se manifiesta como Presión Estática. Cuanto mayor es la resistencia al flujo del aire, mayor es la Presión Estática.

La relevancia del concepto de Presión Estática radica en que ésta afecta directamente el caudal que debe entregar un ventilador y los requerimientos de potencia del mismo para un determinado sistema. En líneas generales, a medida que aumenta la Presión Estática del sistema se debe aumentar el tamaño del ventilador (y por ende la potencia del motor que lo impulsa) para mantener el mismo caudal de aire. Las resistencias restan caudal útil del ventilador, a punto tal que si son demasiado grandes el aire no logrará atravesar toda la masa de granos.

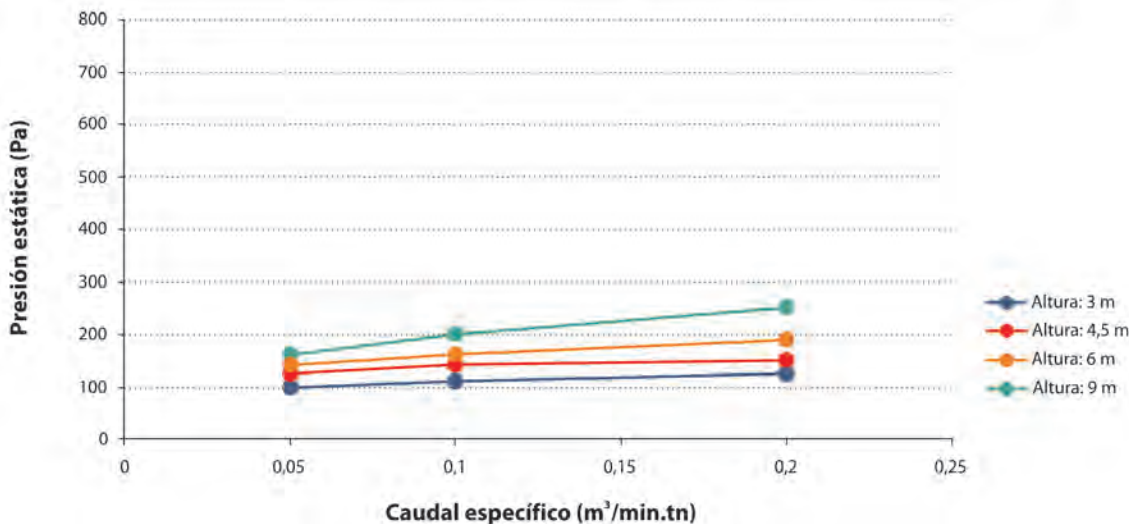
A su vez, la Presión Estática de un sistema es principalmente afectada por los siguientes factores:

1. El caudal de aire. Cuando aumenta el caudal, también aumenta la velocidad a la que pasa el aire por la masa de granos. En consecuencia, aumenta el rozamiento entre los granos y el aire. Si se aumenta al doble la velocidad de circulación del aire, la resistencia que ofrece la masa de granos (es decir, la Presión Estática) crece más que el doble.
2. La altura de la columna de granos. Cuanto mayor es la distancia que debe recorrer el aire, mayor es la resistencia a su paso. A mayor altura, mayor Presión Estática.
3. El tipo de grano. El tamaño, la forma y la distribución del grano determinan las características del espacio poroso por donde el aire puede circular. Granos más grandes (maíz, soja, girasol) determinan mayor espacio poroso y por lo tanto, menos rozamiento del aire. Granos pequeños como trigo, avena, sorgo, cebada y especialmente colza determinan menor espacio poroso y, en consecuencia, mayor rozamiento del aire. A menor tamaño del grano, mayor Presión Estática.
4. El material fino. Éste ocupa parte del espacio intergranario, aumentando la resistencia al paso del aire. Esto es particularmente importante en el corazón del silo, donde se concentra el material fino. A mayor concentración de material fino, mayor Presión Estática.

La Figs. 10.2 y 10.3 permiten visualizar la dependencia de la Presión Estática respecto del Caudal Específico, la altura de la columna de granos y el tipo de grano.

Figura 10.2

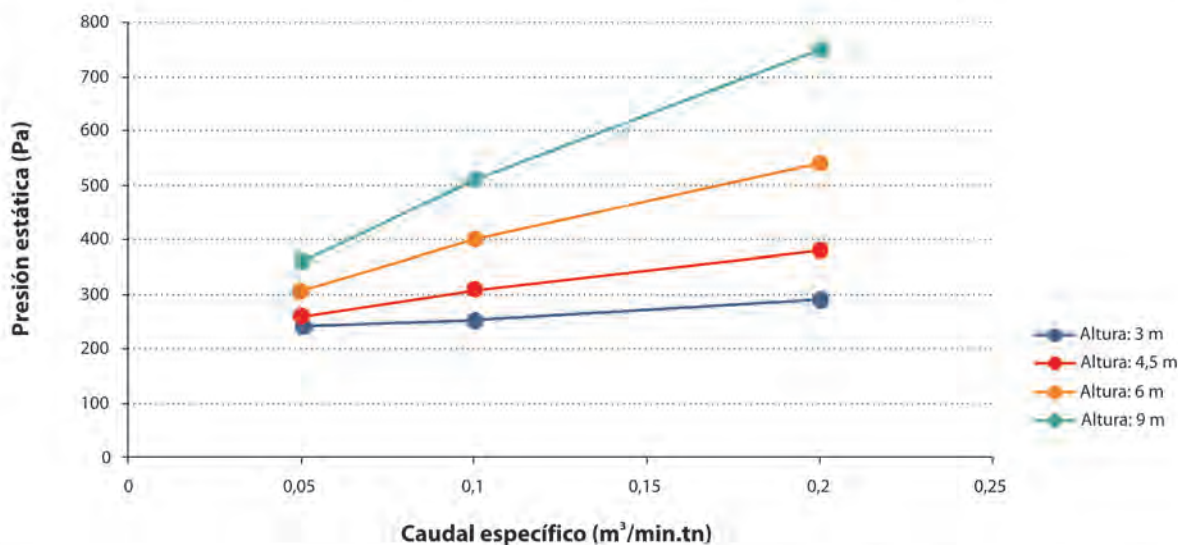
Presión estática en función del Caudal Específico para distintas alturas de columnas de grano (maíz y soja).



Fuente: elaboración propia en base a Hillborn, 1984

Figura 10.3

Presión Estática en función del Caudal Específico para distintas alturas de columna de grano (trigo, avena y sorgo).



Fuente: elaboración propia en base a Hillborn, 1984

10.2. Ventiladores

10.2.1 Conociendo al ventilador: curvas de Presión - Caudal

Los ventiladores de los sistemas de aireación se caracterizan por curvas típicas denominadas Curvas de Presión – Caudal, las cuales vinculan el caudal que puede ofrecer un determinado ventilador a los diferentes valores de Presión Estática. En líneas generales, a medida que aumenta la Presión Estática que debe vencer el ventilador disminuye el caudal que puede entregar.

La Fig. 10.4 muestra una curva típica de Presión – Caudal (para un ventilador centrífugo, con motor de 10 HP y 2850 RPM). El caudal entregado por el ventilador es máximo cuando la Presión Estática del sistema es cero (Fig. 10.4, punto verde). Esto es lo que ocurre cuando el ventilador se encuentra funcionando en un silo vacío. A medida que la Presión Estática aumenta (por ejemplo, a medida que el silo se llena y aumenta la altura de la columna de granos), el caudal ofrecido por el ventilador disminuye (Fig. 10.4, puntos azules). En este ejemplo, cuando la Presión Estática es de 3000 Pa, el ventilador no puede ofrecer caudal (Fig. 10.4, punto naranja). Esto significa que, a pesar de que el ventilador encienda y funcione, no circularía aire por la masa de granos.

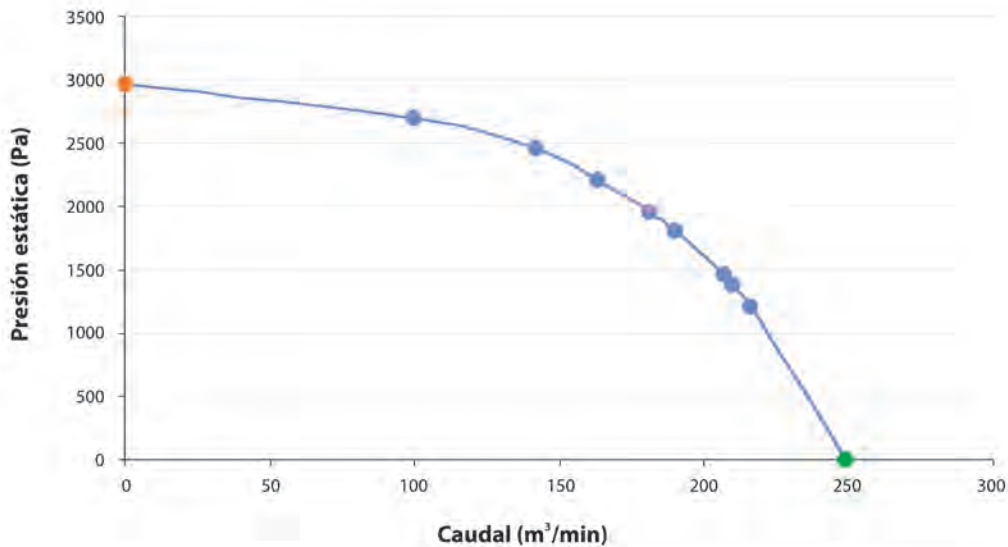
Como puede verse a partir del ejemplo, la curva de Presión – Caudal del ventilador será esencial para seleccionar correctamente un ventilador en base a la Presión Estática de trabajo. Inversamente, esta Curva permite estimar el caudal entregado por un ventilador existente si se conoce la Presión Estática del sistema.

Es importante destacar que la curva de Presión – Caudal es propia de cada ventilador y depende del tamaño, la forma y la velocidad de la turbina, así como del tamaño del motor. Las curvas difieren notablemente entre marcas y modelos, incluso para ventiladores con el mismo tamaño de motor.

Solicite al fabricante la curva de Presión – Caudal del ventilador, ya que ésta depende exclusivamente del diseño del ventilador. Mediante dicha curva es posible saber si el ventilador puede satisfacer las demandas de caudal en base a la Presión Estática del sistema.

Figura 10.4

Curva de presión y caudal de un ventilador.



Fuente: elaboración propia en base a datos del fabricante

10.2.2 Tipos de ventiladores

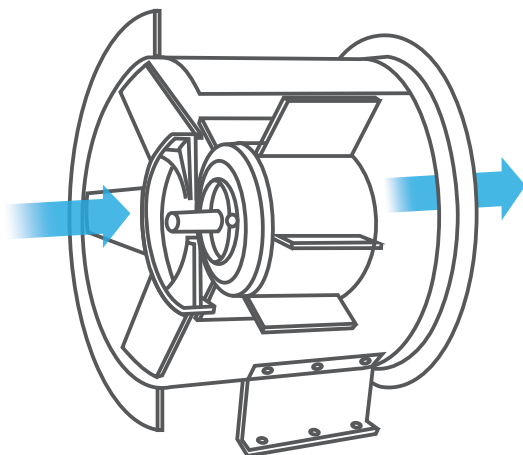
Para la aireación de granos se utilizan dos tipos de ventiladores (Fig. 10.5):

- Axiales. En los ventiladores axiales el aire ingresa por uno de los extremos del tubo y atraviesa el ventilador en dirección axial, para salir por el otro extremo.
- Centrífugos. En los ventiladores centrífugos el aire ingresa por uno de los laterales del ventilador; el rotor del ventilador comprime el aire enviándolo hacia la carcasa mediante un movimiento centrífugo y el aire sale del ventilador tangencialmente y a 90° de su dirección de ingreso.

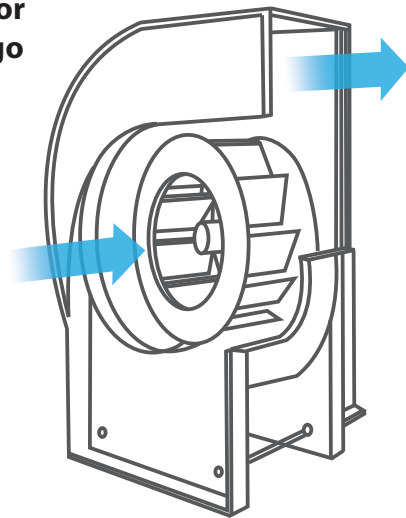
Las diferencias principales entre ambos tipos de ventiladores se resumen en la Tabla 10.1.

Figura 10.5

Ventilador axial



Ventilador centrífugo



Fuente: Navarro & Noyes, 2002

Tabla 10.1

Principales diferencias entre ventiladores axiales y centrífugos

Característica	Axiales	Centrífugos
Más eficientes (mayor caudal por unidad de potencia)	En sistemas de baja Presión Estática (hasta 4" o 1000 Pa), como silos y celdas de baja altura. Presión Estática máxima: 5" o 1250 Pa	En sistemas de alta Presión Estática (mayor a 4" o 1000 Pa), como silos y celdas de gran altura. -Modelos de Baja velocidad: para sistemas con Presión Estática hasta 1500 Pa (6") -Modelos de Alta velocidad: para sistemas con Presión Estática hasta 3000 Pa (12")
Costo	Menor costo inicial	Mayor costo inicial
Ruido	Más ruidosos	Menos ruidosos, convenientes en caso de instalarlos cerca de oficinas o viviendas

Fuente: elaboración propia en base a Navarro & Noyes, 2002

10.2.3 Configuración de ventiladores en serie o en paralelo

Una vez determinadas las características del caudal de aire que se debe ofrecer y la Presión Estática a vencer, se puede instalar un único ventilador que cumpla con los requisitos necesarios o bien se puede colocar una combinación de dos o más de ellos, en serie o en paralelo.

La combinación en serie consiste en colocar un ventilador a continuación del otro en una sola boca de ventilación (Fig. 10.6, izquierda). La configuración en paralelo consiste en colocar varios ventiladores en bocas independientes del silo (Fig. 10.6, derecha). Las diferencias entre ambas configuraciones se resumen en la Tabla 10.2.

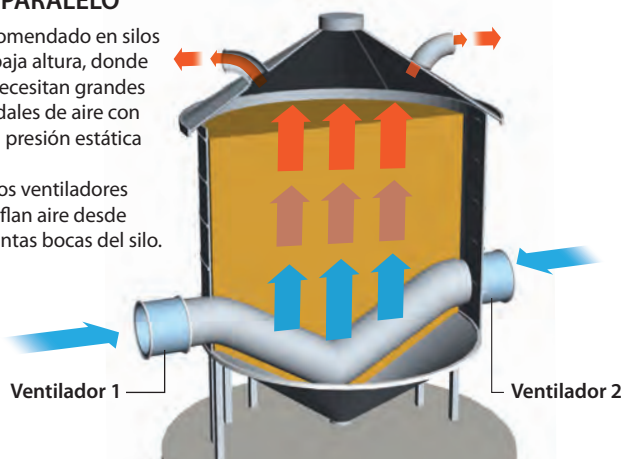
Figura 10.6

Configuración de ventiladores

EN PARALELO

Recomendado en silos de baja altura, donde se necesitan grandes caudales de aire con baja presión estática

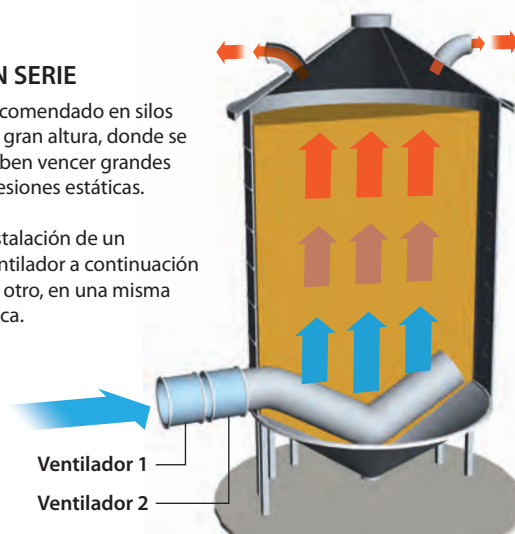
Varios ventiladores insuflan aire desde distintas bocas del silo.



EN SERIE

Recomendado en silos de gran altura, donde se deben vencer grandes presiones estáticas.

Instalación de un ventilador a continuación de otro, en una misma boca.



Fuente: elaboración propia

Tabla 10.2

Principales diferencias entre la configuración de ventiladores en serie y en paralelo

Característica	En serie	En paralelo
Caudal	Es igual al caudal del menor ventilador	El caudal total es igual a la suma de los caudales individuales de todos los ventiladores.
Presión Estática	Es igual a la suma de las Presiones Estáticas que puede vencer cada ventilador	Es igual a la Presión Estática que puede vencer cada ventilador individualmente.
Recomendado en	Sistemas de gran altura, donde se deben vencer grandes Presiones Estáticas	Sistemas de baja altura que requieren grandes caudales de aire

Fuente: elaboración propia

Las razones para utilizar una combinación de ventiladores típicamente se relacionan con que el caudal o la potencia necesarias exceden la capacidad de los ventiladores disponibles en el mercado; con una mayor flexibilidad del sistema de aireación (se dispone de mayor o menor caudal según se enciendan o se apaguen algunas unidades); o bien con una mayor uniformidad en la distribución del aire cuando se instalan varias unidades más pequeñas en lugar de una grande.

10.2.4 Selección de ventiladores

¿Cuál es el entonces el ventilador más apropiado para una determinada estructura de almacenamiento? La selección correcta se basa en 4 pasos:

1. Cálculo del caudal total requerido: El primer paso para la selección consiste en calcular el caudal total requerido según el propósito de la aireación (en m^3/min). Para ello, se pueden utilizar como guía los caudales específicos de la Tabla 10.3, y multiplicarlos por la capacidad del recinto, en toneladas.
2. Estimación de la Presión Estática: el segundo paso para la selección es estimar la Presión Estática a la que trabajará el ventilador. Para ello se deben utilizar tablas específicas que integran el caudal total requerido, el tipo de grano y la altura de la columna de granos. Siempre se debe utilizar el grano que implique la mayor Presión Estática para la estimación, es decir, si en un determinado silo se almacena normalmente maíz y trigo, realizar la estimación de Presión Estática en base al trigo. De lo contrario, el sistema de aireación será adecuado para maíz pero resultará insuficiente para preservar la calidad del trigo.
3. Estimación de la potencia requerida: los ventiladores típicamente se describen por la potencia del motor que impulsa la turbina. Por lo tanto, para aproximarse al ventilador más apropiado es útil estimar la potencia requerida, teniendo en cuenta el caudal total, la Presión Estática y la eficiencia del ventilador (típicamente, es del 50%). La Ecuación 10.1 permite estimar los requerimientos de potencia del ventilador:

Ecuación 10.1

Potencia requerido del ventilador

$$\text{Potencia del ventilador} = \text{Caudal total} \times \text{Presión Estática} / \text{Eficiencia del ventilador}$$

(la Potencia del ventilador se expresa en watt; el Caudal total, en m^3/seg ; la Presión Estática en Pa; y la eficiencia del ventilador es adimensional. Además, 1 HP = 750 watt)

4. Elección del ventilador: utilizando la estimación de la potencia, se puede comenzar a buscar en los catálogos de los fabricantes. El factor crítico para la elección final del ventilador es que éste sea capaz de ofrecer el caudal total necesario a la Presión Estática de trabajo. Adicionalmente, se recomienda que el caudal ofrecido por el ventilador a la Presión Estática de trabajo sea cercano al 60% del caudal total máximo que el ventilador puede ofrecer, para una mayor eficiencia. Para averiguar eso, se debe analizar la curva de Presión – Caudal de aquellos ventiladores pre-seleccionados por su potencia. Si el ventilador provee un caudal excesivo a la Presión Estática de trabajo, se puede considerar un modelo de menor potencia. Si el caudal es insuficiente a esa Presión Estática, se debe considerar un modelo de mayor potencia.

En ciertas ocasiones, puede ocurrir que la oferta de ventiladores de un fabricante particular no satisfaga las necesidades del usuario. En este caso, se deberá recurrir a otros fabricantes. Paralelamente, si resulta complicado conseguir un ventilador que sea lo suficientemente grande, se puede considerar la opción de combinar unidades más pequeñas para lograr el mismo resultado.

Para seleccionar de forma sencilla el ventilador más apropiado para el sistema de trabajo, el INTA ha desarrollado una herramienta informática de uso libre y gratuito denominada AireAr. Este programa permite calcular los requerimientos de potencia de los ventiladores de aireación y además cuenta con una base de datos que permite comprobar si un ventilador es adecuado para un determinado sistema. Para mayor información sobre AireAr, ver la Sección 10.4 de este Capítulo.

10.3 Ductos y pisos perforados

Hasta aquí hemos discutido la importancia de dimensionar adecuadamente los ventiladores. Ahora bien: los pisos y ductos perforados también deben ser diseñados siguiendo ciertas recomendaciones basadas en datos numéricos y experimentales para una aireación eficiente. El diseño también debe tener en cuenta las transiciones, los ductos principales no perforados (que conducen el aire desde la transición hasta el piso o los ductos perforados) y los codos.

En particular, los ductos canalizan el aire desde el ventilador hasta la masa de granos; a pesar de su importancia dentro del sistema de aireación, por cuestiones constructivas de los silos, tradicionalmente no se les ha prestado la suficiente atención en cuanto a su dimensionamiento y forma. Esto trae como consecuencia pérdidas de energía (lo que equivale a mayor costo de funcionamiento) que acompañarán al silo durante toda su vida útil, independientemente del tipo de granos que se desee almacenar. Las correcciones de los conductos una vez construido el silo se hacen difíciles en la mayoría de los casos lo que hace más importante un correcto dimensionamiento previo.

La velocidad del aire es un aspecto fundamental al momento de diseñar cada componente. Si la velocidad del aire es demasiado elevada, aumentan las pérdidas de energía por fricciones y turbulencias. Las pérdidas de fricción ocurren por el rozamiento del aire contra la superficie de los ductos; en cambio, las pérdidas por turbulencias son causadas por la variación de la sección de los ductos o por cambios bruscos en la dirección del flujo de aire.

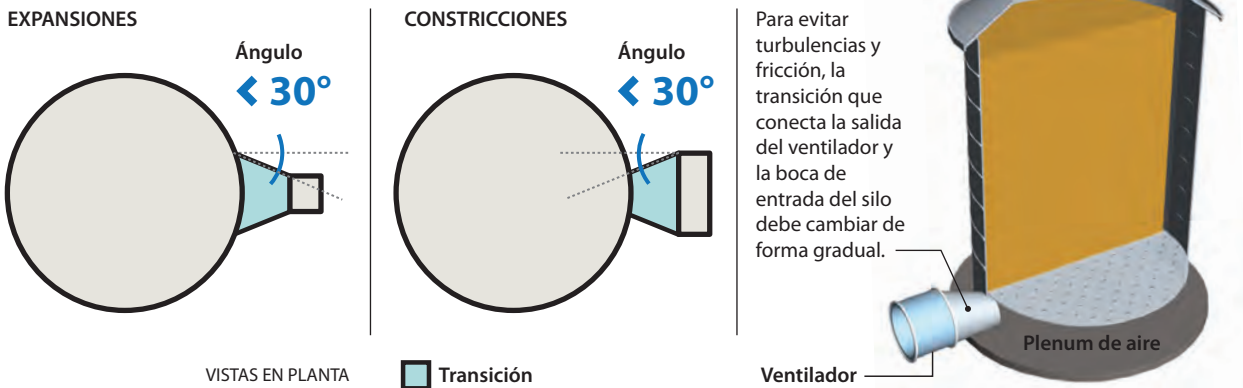
10.3.1 Transiciones

Las transiciones (Fig. 10.7) se ubican entre la boca del ventilador y el ducto principal no perforado o el piso perforado del recinto. El objetivo de la transición es conducir el aire de forma suave desde el ventilador hacia el ducto principal, de manera de minimizar la resistencia al paso del aire.

La abertura de entrada de la transición debe coincidir en forma y tamaño con la salida del ventilador (generalmente, circular para ventiladores axiales y rectangular para los centrífugos). La forma de la transición debería cambiar gradualmente desde la abertura de entrada hasta la de salida pues las expansiones o constricciones bruscas del área generan turbulencias y fricción (los ángulos de diseño deben ser menores a 30°, Fig. 10.7).

Figura 10.7

Ángulos de diseño de transiciones



Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, la velocidad máxima del aire en la transición es de 750 m/min. Teniendo en cuenta este dato, el área de salida de la transición se debe calcular en función del caudal del ventilador. Para calcularla, se emplea la Ecuación 10.2.

Ecuación 10.2

Cálculo del área

$$\text{Área} = \text{Caudal} / \text{Velocidad}$$

(El Área se expresa en metros cuadrados, el Caudal en metros cúbicos/minuto y la Velocidad en metros/minuto)

10.3.2 Ductos y pisos perforados

Los características principales de ductos y pisos perforados son:

- Pisos totalmente perforados. Ofrecen la distribución de aire más homogénea en silos de piso plano, dado que el espacio que queda entre el piso perforado y el piso de concreto actúa como un plenum de aire (Fig. 10.8 arriba).
- Pisos parcialmente perforados. La diferencia con el sistema anterior es que sólo una sección del piso se encuentra perforada; el aire es conducido hacia la misma, que actúa como un plenum (Fig. 10.8 abajo).
- Ductos. Pueden utilizarse en silos de piso plano (Fig. 10.9) como en silos de piso cónico (Fig. 10.10) y celdas. Los ductos pueden colocarse por encima o bien por debajo del nivel del piso (en este último caso, el recinto admitirá la presencia de una rosca extractora para la descarga del grano) y pueden ser de sección circular, semi-circular o rectangular (Fig. 10.11).

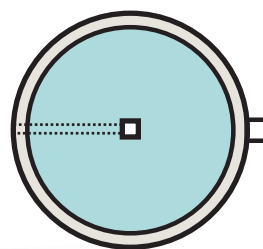
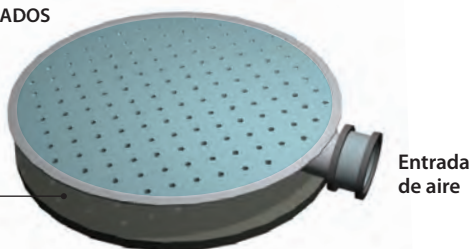
Figura 10.8

Pisos perforados - Distribución del aire en silos de piso plano

PISOS TOTALMENTE PERFORADOS

Ofrecen una distribución de aire homogénea.

El espacio entre el piso perforado y el de concreto actúa como **plenum de aire**.



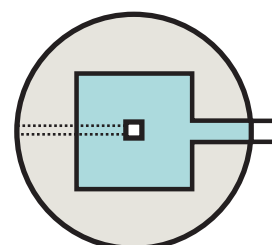
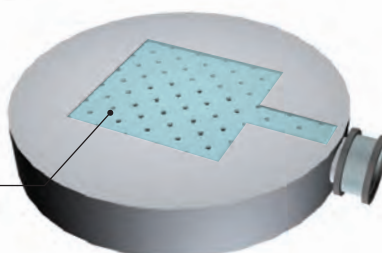
VISTAS EN PLANTA

■ Área perforada
..... Rosca extractora

PISOS PARCIALMENTE PERFORADOS

Sólo una parte del piso está perforada.

El aire es conducido hacia la **sección perforada**, que actúa como plenum.



Fuente: adaptado de Jones & Dilawari, 2008

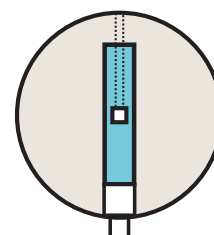
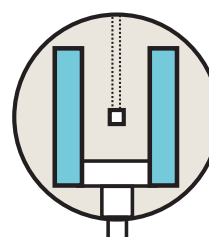
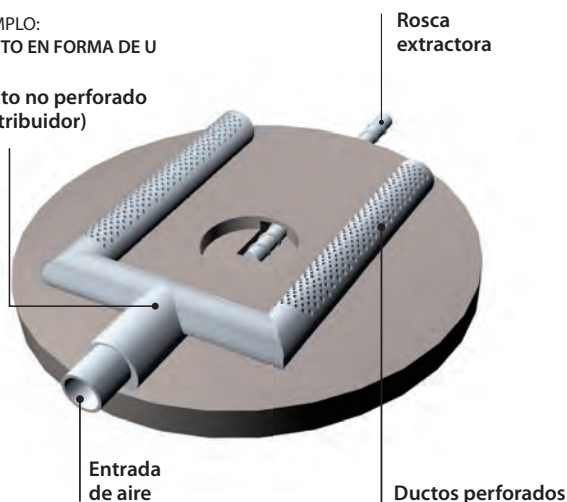
Figura 10.9

Ductos en silo de piso plano

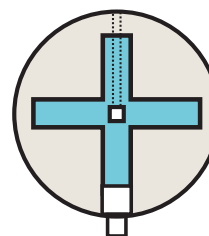
Configuraciones posibles para los ductos de aireación en silos de piso plano

EJEMPLO:
DUCTO EN FORMA DE U

Ducto no perforado
(distribuidor)



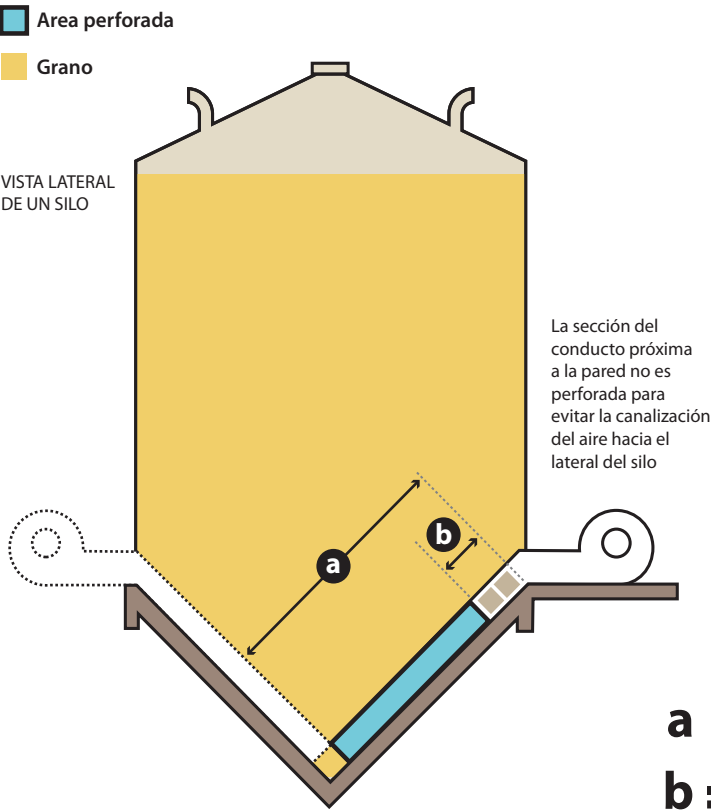
VISTAS EN PLANTA



Fuente: adaptado de Jones & Dilawari, 2008

Figura 10.10

Ductos en silo de piso cónico

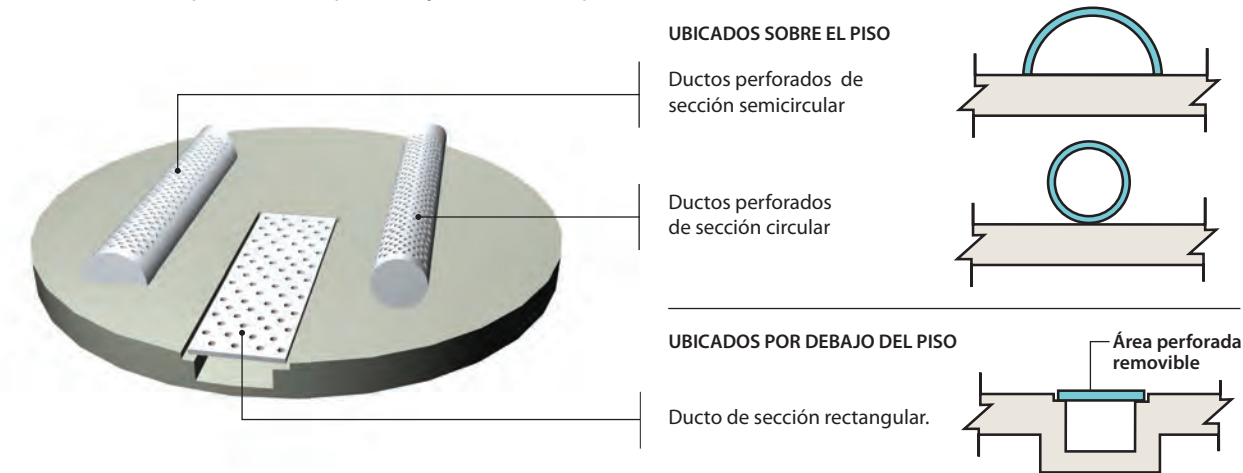


Fuente: adaptado de Jones & Dilawari, 2008

Figura 10.11

Ductos para silos de piso plano o piso cónico

Pueden colocarse por encima o por debajo del nivel del piso



Fuente: adaptado de Jones & Dilawari, 2008

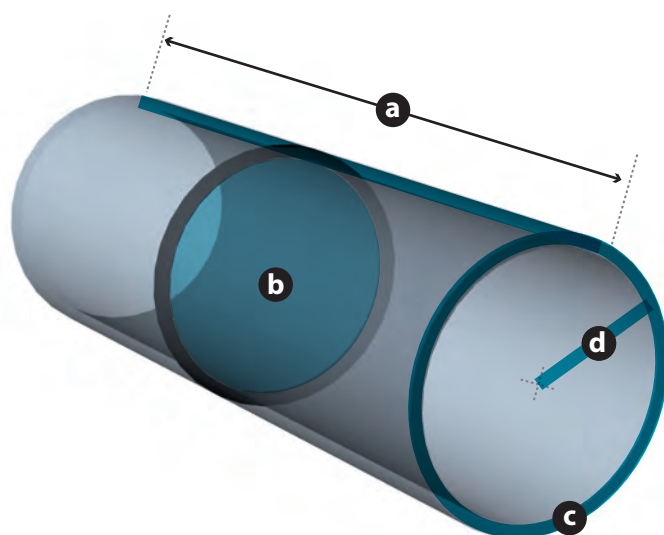
10.3.2.1 Dimensiones de los ductos

Para calcular de forma sencilla y rápida las dimensiones de los ductos (principal y colectores) se recomienda utilizar el programa AireAr (ver Sección 10.4 de este Capítulo). Sin esta herramienta, se debe recurrir a ecuaciones y tablas que pueden resultar un tanto complejas y que exceden los propósitos de este Manual. A continuación, sólo se explicará la base conceptual sobre la que se realizan dichos cálculos.

Como se ha dicho, el aire no debe exceder una determinada velocidad máxima dentro de los ductos para minimizar las pérdidas de presión y distribuirse uniformemente dentro de los mismos. Dos aspectos críticos de diseño se deben considerar para ello: 1) la sección y 2) la longitud de los ductos perforados (Fig. 10.12).

Figura 10.12

Esquema de un ducto



a : longitud total del ducto

b : sección del ducto $= \pi \times r^2$

c : circunferencia del ducto $= 2 \pi \times r$

d : radio del ducto

Fuente: elaboración propia

Brevemente, para calcular la sección de los ductos se debe utilizar la Ecuación 10.3.

Ecuación 10.3

Cálculo de la Sección del ducto

$$\text{Sección del ducto} = \text{Caudal Total} / \text{Velocidad del aire dentro del ducto}$$

(La Sección se expresa en metros cuadrados, el Caudal en metros cúbicos/minuto y la Velocidad en metros/minuto)

Para calcular la sección de cada ducto (principal y colectores) se debe utilizar el valor correspondiente de velocidad máxima del aire (ver Tabla 10.4). A partir de la sección, es posible calcular el radio del ducto (ver Fig. 10.12).

Para calcular la longitud de los ductos perforados, en primer lugar se debe calcular cuánta superficie abierta es necesaria para no exceder la velocidad máxima de pasaje del aire hacia el grano (Tabla 10.4), según la Ecuación 10.4.

Ecuación 10.4

Cálculo de la superficie abierta de un ducto perforado

Superficie abierta del ducto perforado = Caudal Total / Velocidad de pasaje desde el ducto hacia el grano

(La Superficie se expresa en metros cuadrados, el Caudal en metros cúbicos/minuto y la Velocidad en metros/minuto)

En segundo lugar, se calcula la superficie total del ducto perforado. En general, se recomienda que la superficie abierta represente el 20% o más de la superficie total del ducto (para minimizar la resistencia al paso del aire). Por lo tanto, la superficie total se calcula (en este caso, se utiliza 20%) según la Ecuación 10.5.

Ecuación 10.5

Cálculo de la superficie total de un ducto perforado

Superficie total del ducto perforado = Superficie abierta del ducto perforado / Relación entre superficie abierta y superficie total (mayor a 0,2)

(Ambas superficies se expresan en metros cuadrados)

Finalmente, se calcula la longitud del ducto perforado en función de la superficie total y la sección del ducto según la Ecuación 10.6.

Ecuación 10.6

Cálculo de la longitud total de un ducto perforado

Longitud del ducto perforado = Superficie Total del ducto perforado/ Circunferencia del ducto perforado

(La Longitud se expresa en metros; la Superficie total en metros cuadrados; la Circunferencia, en metros)

Tabla 10.4

Velocidades máximas del aire en los componentes del sistema de aireación

Componente	Velocidad máxima (metros/minuto)
Transición	Hasta 750 m/min, preferentemente 450 m/min
Ducto no perforado (principal)	Máximo 750 m/min, preferentemente 450 a 600 m/min
Ductos perforados (colectores)	Hasta 450 m/min
Pasaje desde ductos perforados al grano (a través de las perforaciones)	Hasta 9 m/min

Fuente: Navarro & Noyes, 2002

10.3.2.2 Relación entre altura del granel y ancho del recinto

Tanto en el caso de silos como de celdas, la relación entre la altura del granel y el ancho (o diámetro) de la base del recinto debe ser menor a 1,5 veces.

10.3.2.3 Número y separación entre ductos

La cantidad de ductos a instalar se debe calcular según la Ecuación 10.7.

Ecuación 10.7

Cálculo de la longitud total de un ducto perforado

Longitud del ducto perforado = Superficie Total del ducto perforado/ Circunferencia del ducto perforado

(La Longitud se expresa en metros; la Superficie total en metros cuadrados; la Circunferencia, en metros)

En el caso de las celdas de piso plano se debe considerar también la separación entre los conductos para garantizar una adecuada distribución del aire en todo el granel. La distancia entre dos conductos consecutivos será el 50% de la altura del granel, como máximo.

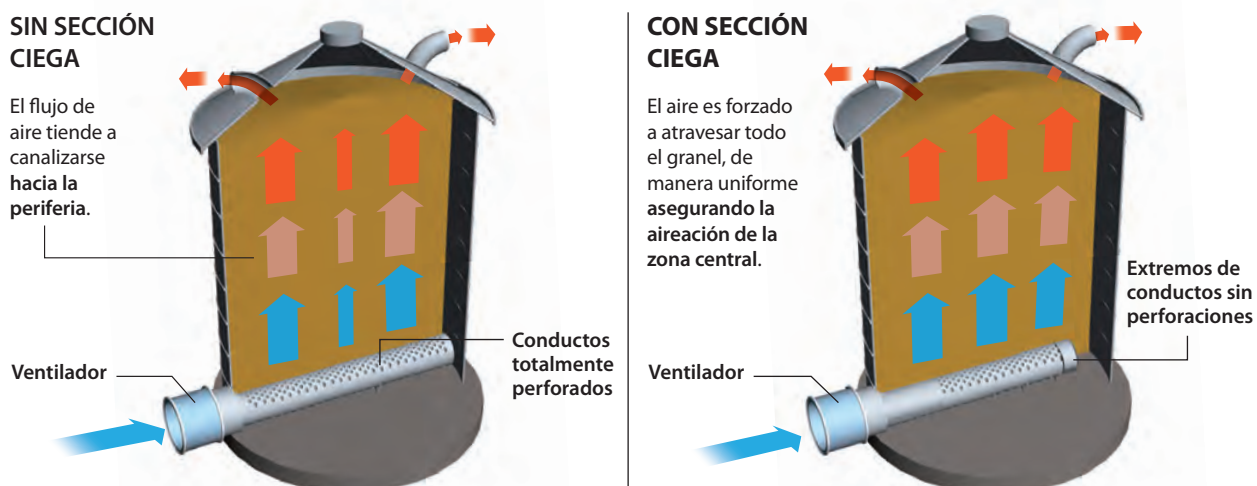
El fundamento para la distancia entre conductos radica en el fenómeno de la canalización del aire. Dado que el aire siempre avanza por el camino más corto, las zonas entre conductos podrían quedar sin suficiente ventilación. Al establecer la relación mencionada de distancias entre ductos, se consigue una aireación homogénea.

10.3.2.4 Sección ciega

Ya sea que se utilicen ductos o pisos totalmente perforados, se debe instalar una sección ciega (sin perforaciones) en la periferia del recinto para evitar la canalización del aire. La sección ciega fuerza al aire a atravesar toda la masa de granos, asegurando que la zona central reciba una adecuada aireación (Fig. 10.13). La longitud recomendada para la sección ciega se encuentra entre 1 y 1,5 metros, dependiendo del diámetro del recinto.

Figura 10.13

Canalización del aire



Fuente: elaboración propia

10.3.2.5 Codos y constricciones

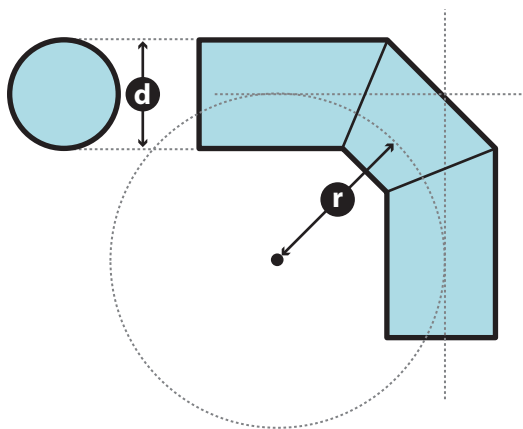
Todos los cambios de dirección en los conductos de aireación deben ser suaves y se deben evitar los codos de 90°. El radio del codo debería ser de al menos 1,5 veces el diámetro del ducto (Fig. 10.14)

Paralelamente se recomienda evitar las constricciones en los conductos (Fig. 10.15) para evitar turbulencias en el aire y pérdidas de carga (aumento de Presión Estática).

Figura 10.14

Construcción de un codo

Relación entre el diámetro del ducto y el radio del codo



d : diámetro del ducto

r : radio del codo del ducto = $1,5 \times d$

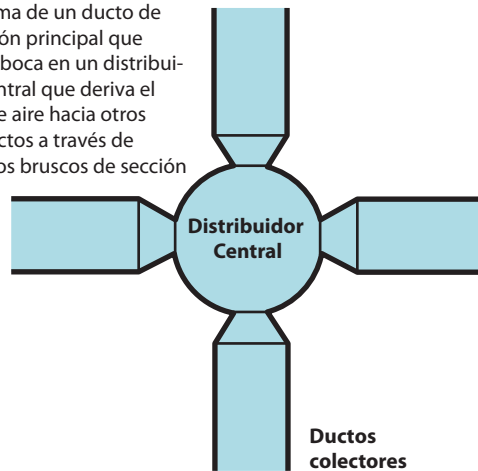
Fuente: elaboración propia

Figura 10.15

Constricciones no recomendadas

Provocan turbulencias y aumento de la presión estática

Esquema de un ducto de aireación principal que desemboca en un distribuidor central que deriva el flujo de aire hacia otros conductos a través de cambios bruscos de sección



Fuente: elaboración propia

10.3.3 Aberturas de entrada y salida del aire

La cantidad y tamaño de las bocas de venteo deben estar en relación al caudal de aire que proveen los ventiladores. En el caso de sistemas de presión negativa, se debe colocar el doble de bocas de venteo que para los sistemas de presión positiva, para evitar que colapse el techo o la estructura del recinto. En particular, se recomienda:

- Sistemas de presión negativa: 2 m² área abierta cada 600 m³/min de caudal
- Sistemas de presión positiva: 1 m² área abierta cada 600 m³/min de caudal

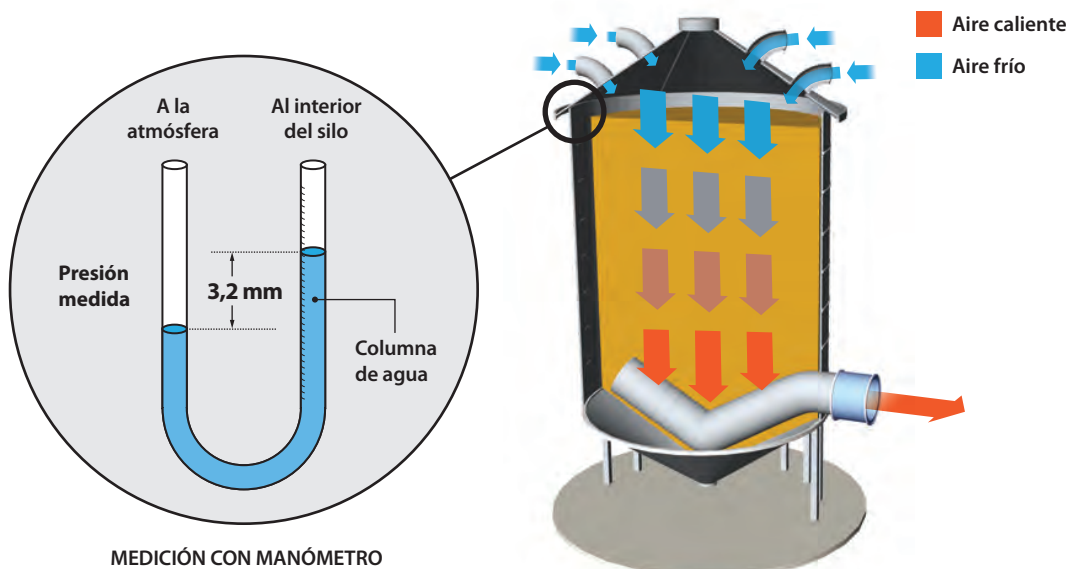
Las bocas de venteo deben estar homogéneamente distribuidas para garantizar una salida o entrada uniforme del aire. La diferencia de Presión Estática entre la parte superior del silo y el aire ambiente debería ser de 3,2 mm de agua o inferior (Fig. 10.16). Esto se debe a que pequeñas diferencias de presión en un área muy grande como la del techo del silo puede dar valores importantes de fuerzas que comprometan la estructura.

En el caso de ocurrir condensación de humedad en el espacio aéreo del recinto, se recomienda colocar ventilaciones forzadas o extractores de aire en el techo del mismo. La condensación de humedad es producto del enfriamiento y saturación del aire que sale de la masa de granos al entrar en contacto con las chapas frías del techo. Para reducir la condensación, los extractores de aire deben funcionar toda vez que los ventiladores se encuentren funcionando.

Figura 10.16

Diferencia de presión entre la parte superior del silo y el exterior

La diferencia de presión estática entre la parte superior del silo y el aire ambiente debe ser de 3,2 mm de agua o inferior para prevenir daños en la estructura del silo.



Fuente: elaboración propia

10.4 AireAr: una herramienta informática para dimensionar sistemas de aireación

El procedimiento de dimensionamiento de ventiladores y ductos expuesto anteriormente puede realizarse de una forma muy sencilla mediante la utilización de una herramienta informática denominada AireAr (Fig. 10.17).

AireAr es un programa informático para el dimensionamiento y la selección de ventiladores para silos y celdas, desarrollado por el INTA. Se trata de un programa simple y amigable que guía al usuario en el proceso de selección, solicitando únicamente algunas características del recinto. AireAr permite al usuario seleccionar ventiladores desde una base de datos y comprobar si los modelos seleccionados satisfacen los requerimientos de caudal de aire. Adicionalmente, AireAr permite calcular las dimensiones adecuadas para los ductos del sistema de distribución de aire.

Se accede a AireAr de manera on-line a través de cualquier computadora con conexión a Internet. El programa es de uso libre y gratuito. La dirección web para ingresar al programa es: <http://online.inta.gov.ar:8080/aireAr/login.jsp>. Para mayor información acerca de cómo utilizar AireAr, consulte el instructivo específico en la página web.

Figura 10.17

Interfaz de acceso a AireAr



Control de acceso

Bienvenidos a la aplicación AireAr de dimensionamiento y selección de ventiladores. Esta aplicación permite dimensionar el tamaño y tipo de ventilador requerido para un determinado sistema de aireación de granos. Además, accediendo a la base de datos de la aplicación, el usuario puede seleccionar de una lista de ventiladores que se comercializan en el país el o los ventiladores que posean características similares a las estimadas por el programa y comprobar si el ventilador seleccionado satisface con los requerimientos de caudal de aire y presión estática del sistema.

Esta aplicación fue desarrollada por el INTA, en el marco del proyecto PRECOP: Eficiencia de Poscosecha. Se accede a AireAr de manera on-line a través de cualquier computadora con conexión a Internet. El programa es de uso libre y gratuito, pero los usuarios deben [registrarse](#) previamente para poder utilizarlo ([click aquí](#)).

Fabricantes y Representantes comerciales de ventiladores [click aquí](#).

Usuario *

Contraseña *

☐ Recordarme ☐ Acepto los Términos y Condiciones ([click aquí](#))

Entrar

Nuevos usuarios registrarse aquí.

[¿Olvidó su contraseña? Enviarme la pista de la contraseña por email.](#)

11. Refrigeración artificial de granos

En regiones geográficas o estaciones del año excesivamente calurosas, puede resultar muy difícil e incluso imposible enfriar los granos a una temperatura inferior a 17°C por medio de aireación con aire ambiente. En Argentina, por ejemplo, esta situación se presenta en la zona centro-norte del país durante gran parte del año y también en otras regiones durante la época estival.

En estos casos, se debe recurrir a la refrigeración artificial de los granos para enfriarlos. Esta tecnología permite enfriar los granos por medio de equipos frigoríficos a expensas de un consumo eléctrico (Fig. 11.1). Estos equipos acondicionan artificialmente el aire ambiente entregándolo al granel a una temperatura inferior a la ambiental. Algunos de ellos permiten además controlar el contenido de humedad del aire, para insuflarlo al silo en condiciones de equilibrio higroscópico con el grano, evitando así el sobre secado o el rehumedecimiento.

En la actualidad, existe una gran variedad de equipos en el mercado con diferentes capacidades de refrigeración. La capacidad de refrigeración del equipo debe estar respaldada por una instalación eléctrica adecuada y se debe tener en cuenta que el consumo eléctrico aumentará cuanto mayor sea la temperatura ambiente, cuanto menor sea la temperatura final del grano y cuando el grano esté seco. Ensayos realizados por INTA han estimado consumos de energía de 2,6 a 4,1 kWh por tonelada.

Figura 11.1

Refrigeración artificial de granos

Esta tecnología permite enfriar los granos por medio de equipos frigoríficos a expensas de un consumo eléctrico.



Fuente: adaptado de Navarro & Noves, 2002.

Para conectar el equipo de refrigeración al silo se retiran los ventiladores y se conecta la unidad de refrigeración (que posee su propio ventilador) a los conductos de aireación a través de una manga aislada térmicamente (Fig. 11.2). Una vez que el granel se haya enfriado, permanecerá a baja temperatura por un período prolongado. La duración de este período dependerá principalmente de la humedad del grano y el tipo de estructura de almacenamiento.

Figura 11.2

Equipo de refrigeración artificial de granos conectado a un silo.



Algunas ventajas de la refrigeración artificial de los granos son:

- Es posible insuflar aire frío al silo a pesar de existir temperaturas exteriores elevadas, alta humedad relativa e incluso precipitaciones.
- Los equipos de refrigeración pueden funcionar las 24 horas del día, por lo que dependiendo del tamaño del equipo, en pocos días se consigue enfriar todo el granel minimizando los riesgos de deterioro.
- Los equipos son portátiles, cuentan con chasis y ruedas por lo cual pueden desplazarse dentro de una planta de acopio y refrigerar varios silos.
- Menor gasto en productos fitosanitarios, menores mermas de humedad, menores mermas por respiración y mejor calidad de grano.

12. El grano ya está frío y seco: sellado del silo

Cuando el grano se encuentre en las condiciones adecuadas para un almacenaje prolongado (seco y frío) se recomienda tapar y sellar toda apertura del silo (bocas de salida, boca del ventilador, etc., Fig. 12.1). Esto no sólo evita la entrada de insectos y roedores, sino que también minimiza el calentamiento del grano por la entrada de aire caliente proveniente del exterior (efecto chimenea). Por el mismo motivo, es conveniente realizar el sellado del silo también entre Ciclos de Aireación sucesivos si se debe esperar a que cambie la condición climática para comenzar el nuevo ciclo.

Figura 12.1

Ventiladores con sus respectivas bocas selladas



Fuente: INTA

13. Monitoreo del Grano Almacenado

Las condiciones que perjudican la calidad del grano se deben monitorear periódicamente para detectar cuanto antes potenciales inconvenientes. Un seguimiento adecuado de la temperatura y los insectos permitirá reaccionar de forma rápida y efectiva, antes que los problemas se salgan de control.

13.1. Temperatura

La medición de temperatura de los granos almacenados en silos y celdas es una práctica fundamental, dado que permite anticipar posibles problemas de deterioro del producto. El fundamento para ello radica en que un aumento de la temperatura del granel se relaciona directamente con un aumento de la actividad biológica de hongos, insectos y/o de los propios granos almacenados, todo lo cual implica pérdida de calidad.

En los silos y celdas, la medición de temperatura se realiza por medio de sistemas de termometría. Los sistemas

de termometría constan de sensores de temperatura (termocuplas) enterrados en la masa de granos y dispuestos a lo largo de cables resistentes. Los cables deben estar fijados firmemente a la estructura, para soportar el peso y los movimientos del grano.

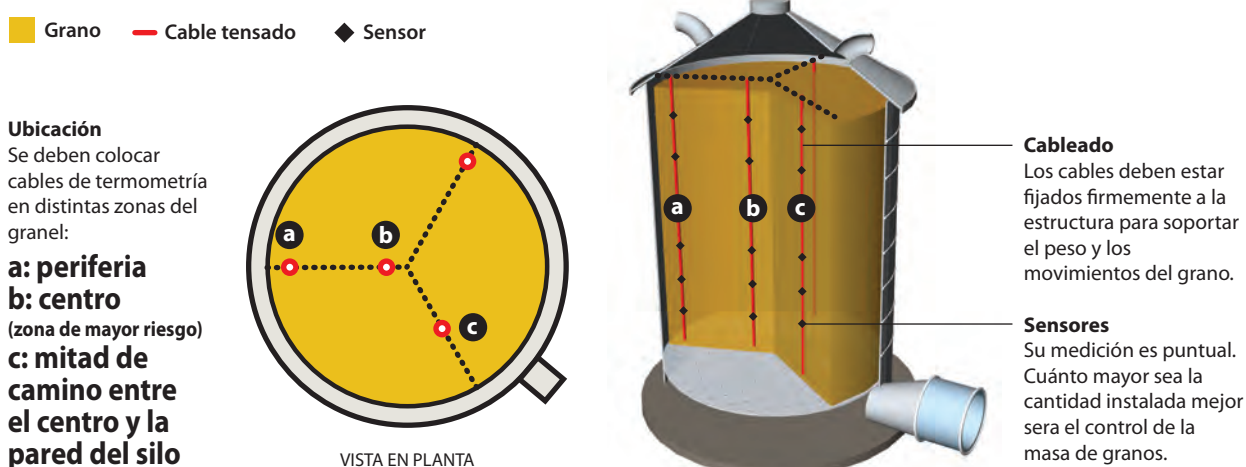
Para un monitoreo adecuado de la temperatura por termometría se deben tener en cuenta algunas recomendaciones:

1. Número y distribución de los cables de termometría. Debe ser adecuado para el tamaño del silo de modo de relevar la temperatura de todo el granel, evitando dejar sectores sin cobertura. Se deben colocar cables de termometría en el centro (dado que la zona del corazón es la que presenta el mayor riesgo de deterioro) y también en la periferia de la estructura, a mitad de camino entre el centro y la pared del recinto (Fig. 13.1). Se debe tener en cuenta que la medición es puntual, es decir, sólo se detectará un foco de calor si el sensor queda sumergido dentro del foco; por lo tanto, a mayor número de sensores mayor es la probabilidad de detectar tempranamente un foco de calor.
2. Frecuencia del monitoreo. Las mediciones de temperatura se deben tomar por lo menos cada dos semanas durante todo el año si el grano está seco. Si el grano está húmedo, se debe realizar la lectura una vez por semana, pues el riesgo de deterioro es mayor.
3. Momento de la lectura. Se recomienda realizar la lectura de temperatura unos 30 minutos después de apagado el ventilador, para asegurarse de que la temperatura registrada es la del grano y que éste se encuentra equilibrado térmicamente.
4. Automatización. La ventaja de los sistemas de termometría automatizados es que archivan las lecturas realizadas en los diferentes momentos y permiten comparar unas con otras, independizando al sistema de posibles "olvidos" de los operarios encargados de realizar el seguimiento.
5. Análisis de los datos. Para analizar correctamente los datos de la termometría se debe evaluar la tendencia de la temperatura del granel a lo largo del tiempo más que los datos aislados, ya que un aumento sostenido de la temperatura podría estar indicando un foco de deterioro, mientras que un valor elevado de temperatura en un momento aislado puede deberse a una falla en un sensor.

Figura 13.1

Distribución de cables y sensores de termometría

Los sistemas de termometría constan de sensores de temperatura (termocuplas) enterrados en la masa de granos y dispuestos a lo largo de cables resistentes.



Fuente: elaboración propia

13.2 Insectos

El grano se debe monitorear para detectar tempranamente una posible infestación por insectos. Las consideraciones acerca del monitoreo de insectos se detallan en la Sección 1.5 del Capítulo II.

13.3 Otras consideraciones de importancia a la hora de monitorear

Además de controlar periódicamente la temperatura y los insectos, para un monitoreo completo se recomienda:

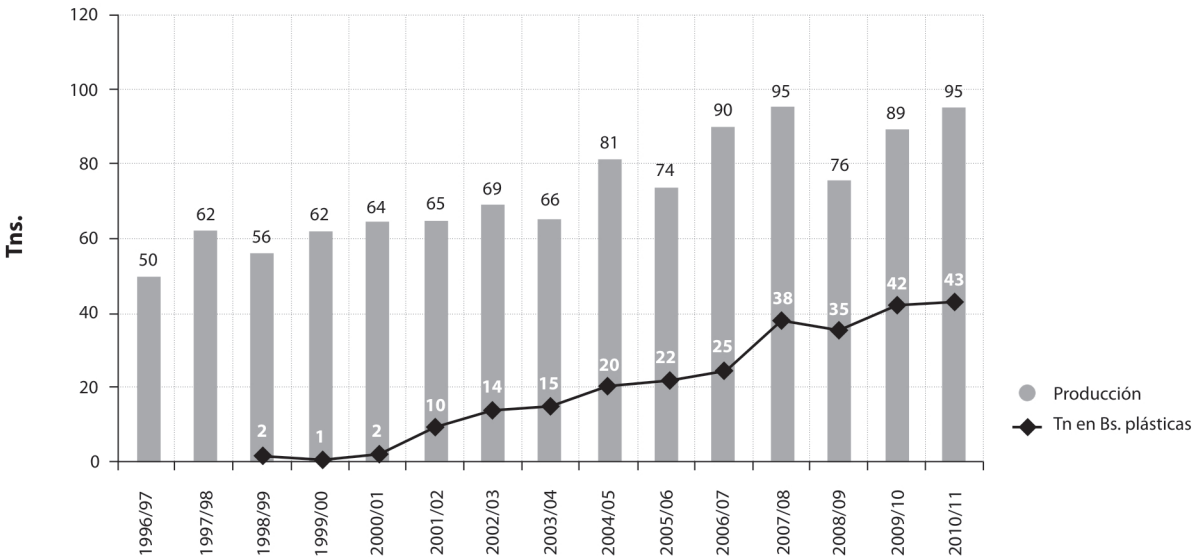
- Inspeccionar periódicamente el grano en la superficie (la termometría es una herramienta muy útil de manejo, pero no reemplaza las inspecciones visuales)
- Controlar el olor del aire en salida del ventilador (en sistemas de presión negativa) o en el espacio aéreo del silo (en sistemas de presión positiva)
- Controlar goteras y filtraciones de humedad en el techo
- Controlar condensación en el techo
- Verificar el estado de las trampas para plagas (insectos, roedores y aves; ver Capítulo II)

14. Manejo de granos en bolsas plásticas

El uso de la bolsa plástica para el almacenamiento de granos cambió notablemente la coyuntura de la poscosecha en Argentina. En las últimas campañas llegaron a almacenarse cerca de 45 millones de toneladas de granos por año, equivalentes al 45% de la producción total del país (Fig. 14.1) y actualmente es una tecnología utilizada en más de 50 países en el mundo. En vistas a su relevancia, a continuación se ofrecen algunas recomendaciones básicas para el manejo de granos bajo este sistema de almacenamiento.

Figura 14.1

Evolución del uso de bolsas plásticas con respecto a la producción de granos de Argentina.



Fuente: elaboración propia en base a datos de fabricantes de bolsas plásticas.

La práctica del almacenamiento de granos en bolsas plásticas fue introducida en Argentina en el año 1995, a medida que la infraestructura instalada para la poscosecha resultaba insuficiente para absorber el gran aumento en la producción de granos experimentado a partir de ese momento. No obstante, el almacenamiento en bolsas plásticas comenzó a tener gran difusión en Argentina a partir del año 2001 (Fig. 14.1), debido al desarrollo de las máquinas embolsadoras y extractoras y al bajo costo de implementación. Es importante destacar que, del total almacenado en bolsas, una importante proporción permanece en manos de los productores agrícolas, para quienes la posibilidad de almacenar el grano en el propio establecimiento representa enormes ventajas logísticas y de comercialización.

En líneas muy generales, el éxito del almacenamiento en bolsas plásticas radica fundamentalmente en dos factores: embolsar grano seco y mantener la integridad física de la bolsa durante todo el almacenamiento. La baja humedad evitará el desarrollo de hongos y el deterioro de calidad asociado a los mismos. La integridad física de la bolsa, por su parte, evitará la entrada de agua (evitando el humedecimiento del grano) y, al mismo tiempo, de insectos. De esta forma, si el grano se embolsa libre de infestación, será posible preservarlo en dicha condición durante todo el almacenamiento sin necesidad de aplicar insecticidas.

Si bien en la actualidad Argentina es líder en el desarrollo y uso de esta tecnología, se suelen cometer errores en su implementación que ponen en riesgo la calidad de la mercadería almacenada. Se destacan por su frecuencia la aparición de bolsas armadas en zonas anegables o sobre rastrojos, bolsas mal cerradas, flojas, rotas y conteniendo grano excesivamente húmedo.

Aunque algunas problemáticas son comunes a las observadas en los sistemas tradicionales de almacenamiento, muchas son específicas de la bolsa plástica. A continuación se ofrecen algunas recomendaciones para obtener la máxima calidad e inocuidad del grano almacenado en bolsas plásticas.

14.1 Elección del terreno y planificación de la ubicación de las bolsas

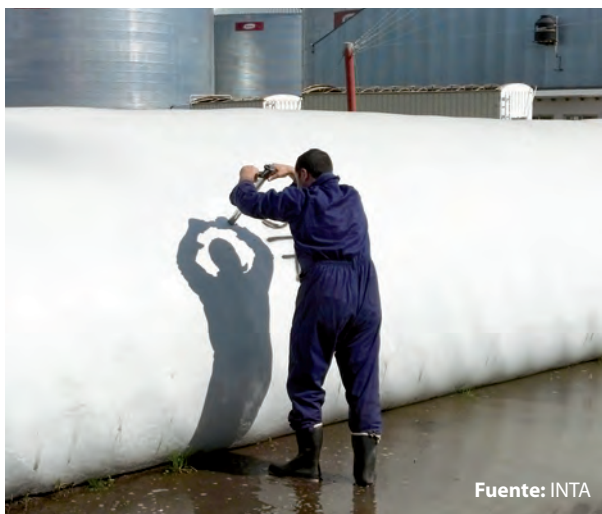
El armado de bolsas plásticas requiere planificación y el primer aspecto a tener en cuenta es el lugar de emplazamiento. Lo óptimo es destinar un sector permanente en donde se emplazarán las bolsas durante las sucesivas campañas. La posibilidad de utilizar un solo lugar simplificará el monitoreo y cuidados posteriores, como ser mantenerlo libre de malezas y la implementación de un cerco eléctrico para evitar el daño que ocasionan animales.

Adicionalmente, se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- El terreno donde se ubicarán las bolsas plásticas debe ser elevado y con una leve pendiente para evitar anegamientos, ya que cualquier rotura o un mal cierre implicaría la entrada de agua y la posterior pérdida de calidad (Fig.14.2). Además, si el sitio es anegable no se podrá acceder a extraer la mercadería. El lugar seleccionado también deberá estar alejado de árboles y cortinas forestales, para disminuir el riesgo de roturas por caída de ramas.
- El terreno donde se ubicarán las bolsas debe estar limpio, sin malezas ni rastrojos que puedan perforar el plástico en la base (Fig. 14.3, Der. arriba). Por lo tanto, si fuera necesario se debe realizar una pasada de algún implemento tipo pala o rabasto (Fig. 14.3 Izq.). Esta práctica además permite darle una leve pendiente al terreno para evitar anegamientos y mejora notablemente la capacidad de frenado de la embolsadora, resultando en una bolsa más pareja (Fig. 14.3 Der. abajo). No es necesario remover el suelo con una herramienta

Figura 14.2

Bolsa emplazada en terreno anegable.



Fuente: INTA

de labranza pesada; esto provocaría una pérdida de adherencia de la máquina embolsadora, que redundaría en problemas para lograr un correcto llenado de la bolsa.

Figura 14.3

Emplazamiento de bolsas en terrenos con rastros. Izq.: pala para alisado de terreno. Der. Arriba.: bolsa emplazada sobre rastrojo sin alisar. Der. Abajo: bolsa emplazada sobre terreno alisado.



- En terrenos con pendientes pronunciadas debe trabajarse en contra de la misma en sentido ascendente, para que el llenado se realice de manera controlada y homogénea. Esta práctica debe estar acompañada con todos los recaudos posibles para que el final de la bolsa quede cerrado herméticamente. Si esto no ocurre, es posible que en algún momento del almacenaje se produzca la entrada de agua a la bolsa, que al tener la pendiente a favor, puede circular por el fondo de la misma. La orientación de la bolsa debe ser en lo posible Norte-Sur, para que reciba a lo largo del día la misma cantidad de radiación en ambos laterales, disminuyendo así los riesgos de migración de humedad en aquellos casos donde se almacenó grano húmedo.

- Si en un mismo playón se planea ubicar varias bolsas, es recomendable disponer las bolsas de a 2, o a lo sumo agrupadas de a 4 (Fig. 14.4). Entre las bolsas de cada grupo debe existir el espacio suficiente para que un operario pueda acceder a cualquier bolsa para inspeccionar su integridad física. Entre grupos de bolsas deberá existir la distancia mínima para que pueda ubicarse la tolva o camión durante la extracción del grano (en la periferia del grupo). Esto permitirá establecer planes de extracción de acuerdo a un sistema de monitoreo y, ante un problema importante de cualquiera de las bolsas, se podrá acceder a la misma sin inconvenientes.

Figura 14.4

Fotografía aérea de bolsas plásticas. Nótese el correcto agrupamiento de las bolsas en grupos de 2 o 3 unidades; esta configuración permite la rápida extracción de cualquier bolsa en caso de detectarse deterioros de calidad del grano.



14.2. Confección de la bolsa

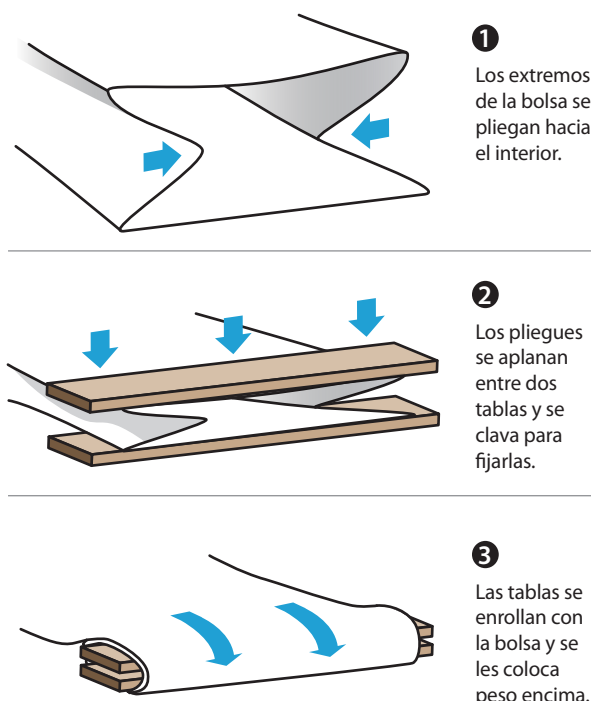
En la etapa de la confección de la bolsa se deben extremar todos los recaudos para lograr un correcto llenado y partir de una adecuada hermeticidad inicial. Esto permitirá reducir la incidencia de insectos (y por ende la necesidad de aplicación de insecticidas) y el riesgo de desarrollo de hongos y micotoxinas, manteniéndose así la calidad e inocuidad del grano con mínimas alteraciones. Para lograr lo antedicho:

- Sellar perfectamente los extremos de la bolsa para evitar la entrada de aire, agua e insectos. Para ello recomienda el uso del termosellado (Fig. 14.5 Der.) o en su defecto, el uso de tablas (Fig. 14.5 Izq.).
- Levantar la máquina embolsadora (dependiendo de la máquina, entre 15 a 30 cm del suelo) y luego efectuar el llenado estirando la bolsa tanto como la regla de estiramiento del fabricante lo permita, para eliminar la mayor cantidad de aire de su interior.
- Extremar los recaudos para lograr una bolsa bien pareja, no dejar baches (depresiones) en la parte superior, por su propensión a la condensación de humedad, sobre todo si se almacenan granos húmedos (Fig. 14.6). Para esto se requiere el correcto funcionamiento de los frenos de la embolsadora, un terreno firme y parejo y que los pliegues de la bolsa estén bien sujetos.
- Antes de embolsar cada partida de granos que proviene del campo, es imprescindible determinar los parámetros más importantes por cada tolva, tal como humedad, materias extrañas, etc., y registrar esa información. Estos datos permitirán asignar diferentes niveles de riesgo de deterioro entre bolsas e incluso delimitar sectores dentro de la misma bolsa y, por lo tanto, orientarán el criterio del monitoreo.

Figura 14.5

Métodos recomendados para el cierre de la bolsa

CIERRE POR TABLAS



PROCEDIMIENTO DE TERMOSELLADO, MEDIANTE MÁQUINA TERMOSELLADORA



Fuente: INTA

Figura 14.6.

Depresión en la superficie de la bolsa.



14.3. Monitoreo de la calidad del grano almacenado

Una vez confeccionada correctamente la bolsa, es importante realizar un monitoreo sistemático del sistema de almacenamiento para prevenir, diagnosticar y solucionar problemas antes que se afecte la calidad del grano almacenado. Como se detallará a continuación, el tiempo que puede almacenarse un determinado grano de forma segura depende de múltiples factores (como humedad, calidad inicial, temperatura ambiente, hermeticidad del sistema de almacenamiento) y, por lo tanto, en la medida que el almacenamiento se aparte de las condiciones óptimas, mayor deberá ser la frecuencia de muestreo para detectar cuanto antes el deterioro de calidad.

El monitoreo del sistema de almacenamiento puede dividirse en dos aspectos complementarios: de la integridad física de la bolsa y de la calidad del grano almacenado. El monitoreo de la integridad física de la bolsa es fundamental ya que durante el almacenaje es común que se produzcan roturas del plástico de la bolsa por diferentes causas (clima, animales, descuidos en la confección o en el muestreo, entre otros) que comprometen la hermeticidad del sistema (Fig. 14.7 Izq.). El monitoreo periódico permite detectar a tiempo las roturas y sellarlas. Además, es útil determinar causas y frecuencia de roturas para cuantificar el problema y planificar soluciones (ejemplo: colocar cerco eléctrico para animales o cebos en el caso de roedores, Fig. 14.7 Der.).

Figura 14.7.

Izq: bolsa con roturas causadas por animales. Der: cerco eléctrico para evitar que los animales ataquen la bolsa. El pasto debe estar corto para el correcto funcionamiento del cerco.



Por su parte, el objetivo de monitorear la calidad de los granos es obtener información para tomar mejores decisiones. Aunque visualmente la bolsa no presente ninguna alteración, la calidad del grano puede verse afectada por otros factores de modo que la frecuencia del muestreo de calidad del grano deberá aumentar conjuntamente con el nivel de riesgo. Los de mayor importancia son:

- **Humedad del grano:** el riesgo de deterioro del grano es alto si la humedad es superior a la tolerancia de recibo (Tabla 14.1). Visto de otro modo, el tiempo de almacenamiento seguro de grano embolsado seco será mayor al del grano embolsado húmedo (Tabla 14.2). La presión de muestreo debe ser mayor en caso de grano húmedo.

Tabla 14.1

Riesgo por humedad del grano (valores orientativos)

Tipo de grano	Bajo*	Bajo-Medio	Medio-Alto
Soja - Maíz - Trigo	Hasta 14%	14 - 16%	Mayor a 16%
Girasol	Hasta 11%	11- 14%	Mayor a 14%

* Para semillas de este valor debe ser de 1- 2% menor

Fuente: elaboración propia en base a ensayos de INTAPRECOP

Tabla 14.2

Riesgo por tiempo de almacenamiento (valores orientativos)

Tipo de grano	Bajo*	Bajo-Medio	Medio-Alto
Soja - Maíz - Trigo 14% Girasol 11%	6 meses	12 meses	18 meses
Soja - Maíz - Trigo 14% - 16% Girasol 11% - 16%	2 meses	6 meses	12 meses
Soja - Maíz - Trigo >16% Girasol >16%	1 mes	2 meses	3 meses

* Para semillas de este valor debe ser de 1- 2% menor

Fuente: elaboración propia en base a ensayos de INTAPRECOP

- **Temperatura ambiente:** a diferencia de lo que ocurre con los sistemas tradicionales de almacenamiento (silos y celdas), la temperatura del grano almacenado en bolsas plásticas oscila notablemente a lo largo del día y aun más entre estaciones del año, siguiendo un patrón muy similar al de la temperatura ambiente. Por esta razón, temperaturas ambiente elevadas aceleran los procesos de deterioro del grano, sobre todo si fue embolsado húmedo. Este fenómeno es particularmente marcado en el estrato superior de la bolsa. Por lo tanto, la presión de muestreo debe ser mayor en épocas y zonas geográficas cálidas (ver Tabla 14.3).
- **Calidad inicial del grano:** si se almacena grano de baja calidad (elevado porcentaje de granos chuzos, partidos, materias extrañas, etc.) el riesgo de deterioro es mayor que si se almacena grano sano y limpio. La presión de muestreo debe ser mayor en caso de grano de baja calidad inicial (ver Tabla 14.3).

En la Tabla 14.3 se presentan distintas frecuencias de muestreo según la humedad de embolsado y época del año. Los lapsos mencionados son orientativos y de utilidad sólo si la bolsa visualmente mantiene su integridad física (se considera los riesgos por roturas en la zona inferior de la bolsa).

Tabla 14.3

Frecuencia de muestreo con distintas condiciones del grano y ambiente

Condiciones de embolsado	Humedad (%)	Calidad de grano	Frecuencia de muestreo	
			Invierno*	Verano*
Adecuadas	1 punto inferior a recibo	Buena	3 meses	3 meses
	1 punto superior a recibo	Buena-Media	45 días	35 días
	2 o más puntos superior a recibo	Buena	35 días	20 días
	2 o más puntos superior a recibo	Media-baja	20 días	15 días
Inadecuadas	Aumentar la frecuencia conforme al riesgo de entrada de agua a la bolsa plástica. <i>Riesgo de rotura inferior por rastrojo o malezas + riesgo de anegamiento (dado por la ubicación en el relieve y frecuencia de lluvias durante el almacenaje).</i>			

* En otoño o primavera considerar lapsos intermedios a los de invierno y verano.

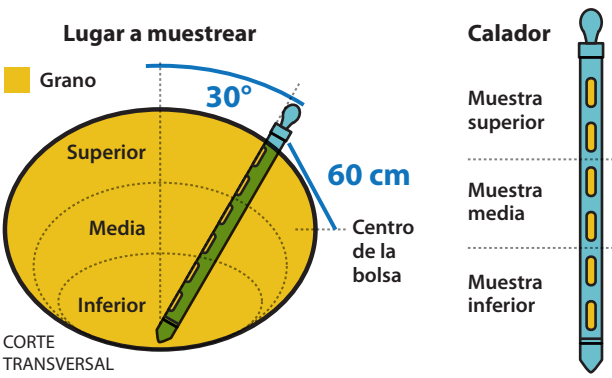
Fuente: elaboración propia en base a ensayos de INTAPRECOP

Paralelamente, el muestreo de calidad del grano puede realizarse mediante extracción de muestras de grano o bien mediante la medición de la concentración de dióxido de carbono dentro de la bolsa. Para el monitoreo por extracción de muestra de grano normalmente se emplea un calador tipo sonda de 1,8 m de longitud (la longitud debe permitir tomar una muestra en el diámetro mayor de la bolsa). El calador se inserta en forma diagonal, desde el lateral-superior de la bolsa hacia la zona centro-inferior de la misma (Fig. 14.8), a través de un orificio realizado en la pared de la bolsa plástica (Fig. 14.9). La muestra extraída puede ser analizada *in situ* para detectar presencia de olores objetables, granos dañados, verdín, etc., y/o puede ser derivada para otros análisis como poder germinativo y calidad comercial.

Figura 14.8

Inserción del calador en la bolsa plástica

Posición del calador durante el muestreo en un corte transversal de la bolsa plástica.



Fuente: INTA

Figura 14.9

Orificio realizado en la pared de la bolsa plástica para inserción del calador.



Respecto del número de sitios a muestrear, éste dependerá de la homogeneidad de la mercadería. Cuanto más despareja sea la calidad y la humedad del grano, mayor deberá ser el número de sitios a muestrear.

Si las condiciones iniciales del grano son homogéneas (su humedad principalmente) se recomienda un mínimo de 3 sitios a calar, coincidentes con los sectores de mayor riesgo. En caso de no conocer las condiciones iniciales del grano se requiere muestrear en al menos 6 sitios. En caso de surgir roturas, es conveniente calar en zonas adyacentes a las mismas dado el mayor riesgo.

Una vez extraída la muestra, se debe proceder al correcto sellado del orificio (ver Sección 14.4 de este Capítulo).

Por su parte, el principio del monitoreo de calidad de granos mediante la concentración de dióxido de carbono se basa simultáneamente en la respiración aeróbica de los componentes bióticos del granel (granos, microorganismos e insectos) y en la baja permeabilidad de la bolsa plástica al pasaje de los gases.

Más específicamente, la bolsa plástica es un sistema de almacenamiento hermético (siempre que esté correctamente cerrada y sin roturas), a diferencia de las estructuras tradicionales de almacenamiento en las que existe un libre intercambio de gases entre el interior y el exterior. Los granos confinados en un ambiente hermético respiran (consumiendo oxígeno y generando dióxido de carbono) y así generan una auto-modificación de la atmósfera intergranaria.

En particular, un estudio realizado en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce de INTA durante el invierno-primavera de 2006 determinó que cuando los granos de trigo y soja son almacenados a humedad de recibo o menor, la actividad biológica en la bolsa es baja, generándose atmósferas levemente modificadas (entre 1,5 a 4% de dióxido de carbono en el interior de la bolsa comparado con el 0,03% de la concentración atmosférica normal).

Por el contrario, en granos que están sufriendo procesos de descomposición causados por hongos, la actividad biológica es más elevada y también lo es la concentración de dióxido de carbono dentro de la bolsa (superior al 5%). Por ende, la medición de este gas en el aire intergranario puede utilizarse como un indicador de procesos de deterioro, constituyendo una herramienta para el monitoreo del grano almacenado de alta sensibilidad, con un nivel de exactitud y sencillez aceptables.

Esta técnica es capaz de detectar en forma temprana un problema de almacenamiento aun sin deterioro visible del grano, en cualquier punto de la bolsa, incluso los que se producen en el fondo de la bolsa. Debido a las propiedades de difusión del dióxido de carbono, la técnica permite sectorizar la bolsa y asignar diferentes niveles de riesgo a cada sector.

Esta técnica presenta ciertas ventajas con respecto al monitoreo por calador. En primer lugar, permite detectar condiciones no adecuadas de almacenamiento antes que los granos se deterioren irreversiblemente, ya que los equipos presentan una alta sensibilidad para detectar condiciones riesgosas (alta humedad, baja calidad y roturas). En segundo lugar, no dañan la integridad del plástico por lo que no es necesario sellar roturas. Además son portátiles y rápidos (monitorean de 15 a 20 bolsas plásticas por hora).

El INTA recomienda realizar mediciones del dióxido de carbono intergranario a una distancia entre puntos no superior a 3 metros desde el extremo de armado de la bolsa, con la mayor periodicidad posible para detectar zonas de alta tasa de incremento en la concentración de dióxido de carbono, usualmente por embolsar grano húmedo o por la entrada de agua a través de una rotura. De detectarse dichas condiciones se recomienda seguir monitoreando especialmente en esos puntos y, en base a la información que brindan los equipos, realizar la extracción de una muestra mediante calador a fin de detectar el motivo de dicho incremento, y la planificación de la extracción del grano para evitar que este pierda calidad.

En la actualidad se han desarrollado en el país equipos que incorporan programas informáticos específicos que permiten llevar registros precisos, donde se pueden cargar establecimientos o centros de acopio, bolsas, tipo de grano, sectores dentro de cada bolsa, progresión de la concentración de dióxido de carbono e incluso un diagnóstico sobre la condición del grano (Fig. 14.10). Se trata de equipos resistentes y de fácil manejo, que muestran de manera detallada la información, lo cual permite reducir las pérdidas y llevar a cabo una mejor gestión de las bolsas.

Figura 14.10

Interfaz de un sistema de monitoreo de bolsas plásticas (perteneciente a la empresa Silcheck SA), donde se observa: (a) un ranking de riesgo de las bolsas ordenadas de mayor (rojo) a menor (verde); (b) la ubicación geográfica de las distintas bolsas; (c) el nivel de riesgo de diez sectores diferentes de una bolsa seleccionada (donde rojo es comprometido y verde es seguro).



14.4 Sellado de roturas y sitios de muestreo

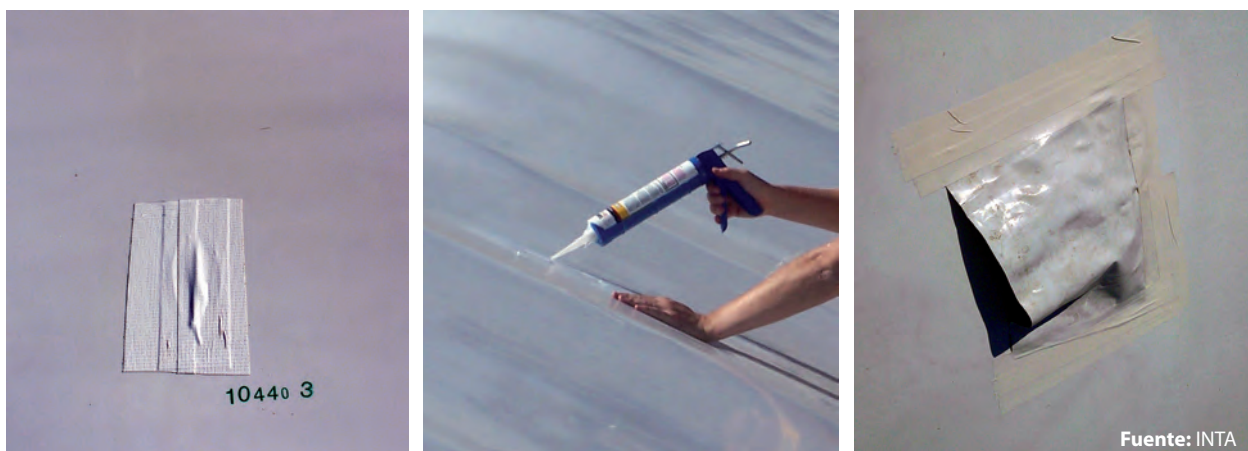
Como se ha dicho, es fundamental mantener la integridad física de la bolsa plástica para evitar la entrada de agua e insectos. Por esta razón, todo sitio de muestreo debe ser sellado una vez extraída la muestra, al igual que toda rotura que se detecte.

El sellado se debe realizar exclusivamente con cinta adhesiva especial para tal fin ya que posee resistencia a las inclemencias climáticas; es recomendable elegir entre las opciones del mercado el producto que presente el mejor adhesivo. Para mejorar la adherencia y prolongar la duración del cierre, se recomienda limpiar la zona con alcohol antes de pegar la cinta. Dado que el sellado debe ser permanente, se recomienda:

- Primero: tapar el orificio con cinta adhesiva (Fig. 14.11 Izq.)
- Segundo: sellar los bordes de la cinta con pegamento siliconado (Fig. 14.11 centro); o bien colocar un retazo de la misma bolsa plástica por encima de la cinta adhesiva para que actúe como parche y sellar los bordes del parche también con cinta adhesiva (Fig.14.11 Der.)

Figura 14.11

Sellado de roturas y puntos de muestreo en bolsas plásticas. Izq.: orificio tapado con cinta adhesiva. Centro: sellado de los bordes de la cinta adhesiva de tela con pegamento siliconado. Der.: parche confeccionado con un retazo de la misma bolsa plástica y sellado también con cinta adhesiva.



15. Mantenimiento y Calibración de Equipos

Un aspecto fundamental para maximizar la eficiencia operativa es conservar la maquinaria y los equipos en correcto estado de mantenimiento y, cuando corresponda, calibrados. Si el establecimiento de acopio cuenta con un pequeño laboratorio, se recomienda elaborar un Plan Anual de Mantenimiento y Calibración de la maquinaria y los equipos, que contemple los servicios y calibraciones indicados por el fabricante y mantenimientos adicionales acordes a la frecuencia de uso.

Es importante registrar todas las actividades de calibración y verificación³: lo que no se registra no tiene valor. En particular, cuando un proveedor calibra la balanza u otro equipo, debe entregar el certificado correspondiente

³ Diferencia entre calibración y verificación: la calibración involucra el ajuste del equipo a parámetros normalizados o emitidos por un equipo o método de referencia/patrón. En cambio, una verificación consiste en determinar si el equipo se encuentra funcionando correctamente o no, y aceptarlo o enviarlo a calibrar o definir cuál es el desvío.

con los registros de trazabilidad de los patrones. Los equipos y maquinarias afectados al Plan Anual de Mantenimiento y Calibración incluyen, como mínimo, los que se describen a continuación.

Una forma práctica para no olvidar el siguiente servicio es colocar una etiqueta adhesiva sobre el equipo o maquinaria con la fecha correspondiente.

15.1 Balanzas

Las balanzas deben ser calibradas con una frecuencia anual por un laboratorio que cumpla con las Normas ISO 17025. Además deben ser verificadas diariamente por el usuario antes de comenzar a trabajar con una pesa patrón para asegurar que el equipo está calibrado y operable.

Asimismo, se recomienda realizar trimestralmente una verificación más exhaustiva que incluya un control con distintos pesos a lo largo del rango de medición y una simple limpieza exterior. Esto es útil para asegurar la condición de la calibración ya que puede suceder que la misma esté vigente con respecto al tiempo pero que por alguna contingencia (por ejemplo, un golpe) la balanza haya perdido la excentricidad (es decir, que no pesa lo mismo en distintas partes del plato) o no posea la misma incertidumbre en todo el rango de medición o no se encuentre correctamente nivelada (burbuja corrida).

15.2 Termómetros

Los termómetros deben estar verificados por un laboratorio que cumpla con las Normas ISO 17025. En el mercado se encuentran numerosas empresas que comercializan estos termómetros con el correspondiente certificado. Generalmente, los termómetros se utilizan hasta que se rompen y por el grado de desvío que se trabaja en un laboratorio de planta no es necesario controlarlo o verificarlo periódicamente.

Por otra parte, se recomienda tener la precaución de guardar los termómetros en forma vertical (no se deben guardar en un cajón en forma horizontal) y al resguardo de golpes.

15.3 Estufas

Las estufas deben controlarse periódicamente; según el uso puede ser cada 2 o 3 años o después de un cambio o arreglo de resistencias o del motor para la circulación forzada de aire. No es suficiente controlar únicamente la temperatura por medio de un termómetro, sino que también se debe asegurar dos aspectos importantes de la estufa a utilizar: la capacidad calórica y la efectividad de la ventilación.

Respecto de la capacidad calórica, las resistencias de las estufas deben alcanzar una temperatura de 130 °C en menos de 45 minutos. Esto es necesario para asegurar que, al abrir la puerta para introducir o retirar cápsulas con muestras, la estufa retorne rápidamente a la temperatura pre-establecida. Una metodología muy simple para realizar esta prueba se puede consultar en varias normas nacionales e internacionales para análisis de Humedad en granos (por ejemplo, Normas: IRAM 15850-1 de Humedad en Trigo y Subproductos, IRAM 15850-2 Humedad en Maíz, ISO 6540, ISO 712, ICC 110/1).

En cuanto a la efectividad de la ventilación, se debe asegurar que en todos los puntos del interior de la estufa exista la misma temperatura (uniformidad de temperatura). En particular, la ventilación debe ser suficiente para homogeneizar la temperatura pero no tan elevada que produzca un flujo de aire tan intenso que haga volar las cascarillas de los granos ya que esto se calcularía luego como pérdida de agua. Para verificar este aspecto es posible recurrir a las normas citadas en el párrafo anterior.

En cuanto a la efectividad de la ventilación, se debe asegurar que en todos los puntos del interior de la estufa

exista la misma temperatura (uniformidad de temperatura) y que su aumento no resulte demasiado brusco, pues estallarían las cascarillas de los granos y esto se calcularía luego como pérdida de agua. Para verificar este aspecto es posible recurrir a las normas citadas en el párrafo anterior.

Por último, cuando se controla la estufa, se debe conservar la planilla con los resultados de los controles y también los datos primarios con los pesos y la información relacionada.

15.4 Cápsulas para humedad

Al medir humedad de muestras por estufa, es recomendable controlar el tamaño de las cápsulas disponibles en el laboratorio para determinar la cantidad de mercadería a pesar. Si bien es una práctica común pesar 10 gramos en cada cápsula, las normas nacionales e internacionales recomiendan pesos diferentes de acuerdo con el tamaño de la cápsula (Tabla 15.1). Asimismo, la masa máxima de la muestra en la cápsula se debe calcular según la Ecuación 15.1.

Ecuación 15.1

Cálculo del peso máximo de la muestra de grano para medir humedad en estufa.

$$\text{Peso máximo de la muestra} = \pi \times \text{Radio de la cápsula}^2 \times 0.3 \text{ g/cm}^2$$

(El Peso máximo se expresa en gramos; la constante π es adimensional; el Radio de la cápsula se expresa en cm)

15.5 Humedímetros

Para una correcta medición de la humedad, se requiere que los humedímetros sean simultáneamente precisos y exactos.

La precisión depende de la calidad del equipo y se define midiendo reiteradas veces la misma “porción” de muestra. El desvío entre lecturas debe ser bajo (+/- 0,1 % de humedad), siendo como máximo de +/- 0,2 % de humedad. La precisión del instrumento no se puede cambiar porque depende de su fabricación.

La exactitud, por su parte, es una medida de la dispersión del resultado promedio dado por el equipo respecto del valor real de humedad de la muestra. Este factor depende de la calibración y por lo tanto es posible mejorarlo. La frecuencia de calibración depende de cada equipo y debe ser determinada por el usuario luego de verificar

Tabla 15.1

Pesos recomendados y pesos máximos de muestras para medir humedad en estufa

Diámetro Cápsula (cm)	Masa máxima de muestra (g)	Masa recomendada de muestra (g)
5	5,9	5,0
6	8,5	5,0
7	11,5	10,0
8	15,1	15,0
9	19,1	15,0

Fuente: Normas IRAM 15850-1 E IRAM 15850-2 y Norma ISO 6540

la calibración periódicamente. Para ello, se debe comparar con muestras analizadas por el método de referencia (métodos por estufa) en todo el rango de calibración.

Asimismo, la comparación del humidímetro con el método de estufa en todo el rango de calibración permite determinar el rango de humedades en el cual las lecturas del humidímetro son exactas y precisas. En particular, los humidímetros determinan con mayor precisión y exactitud la humedad en valores cercanos a la humedad de recibo, mientras que en humedades muy altas o muy bajas las lecturas dejan de ser confiables.

15.6 Zarandas

Se recomienda adquirir zarandas de calidad aceptable para que la medida de los orificios sea la más cercana a la requerida, ya que una pequeña diferencia en la medida de los orificios puede aparejar importantes cambios en el peso de las distintas fracciones.

16. Trazabilidad

16.1 ¿De qué se trata?

La trazabilidad en alimentos es la capacidad de rastrear cualquier sustancia alimenticia que será utilizada para consumo humano y/o animal a través de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución (Fig. 16.1), por medio de registros. La trazabilidad es un concepto íntimamente relacionado con la inocuidad: su finalidad principal es evitar que un producto riesgoso para la salud llegue al consumidor y, en el caso extremo, retirarlo del mercado lo antes posible.

Para una empresa que acopia granos, una ventaja muy importante de contar con un sistema de trazabilidad es la posibilidad de proteger su nombre ante eventuales conflictos. Por ejemplo, en caso de retirarse un producto riesgoso del mercado, un acopio con trazabilidad podría demostrar que su mercadería no está involucrada en el problema si sabe quiénes fueron sus compradores.

Otra ventaja de la trazabilidad es que permite respaldar la calidad de los servicios prestados, por ejemplo, de secado. Supóngase que se recibe el reclamo de un cliente, que argumenta un alto porcentaje de granos fisurados a causa del secado. Al contar con documentación del proceso, el prestador está en condiciones de demostrar si el problema ocurrió efectivamente durante el secado o bien en una etapa posterior; en el segundo caso, puede eximirse de responsabilidad y proteger su reputación.

16.2 Trazabilidad en el manejo de granos a granel

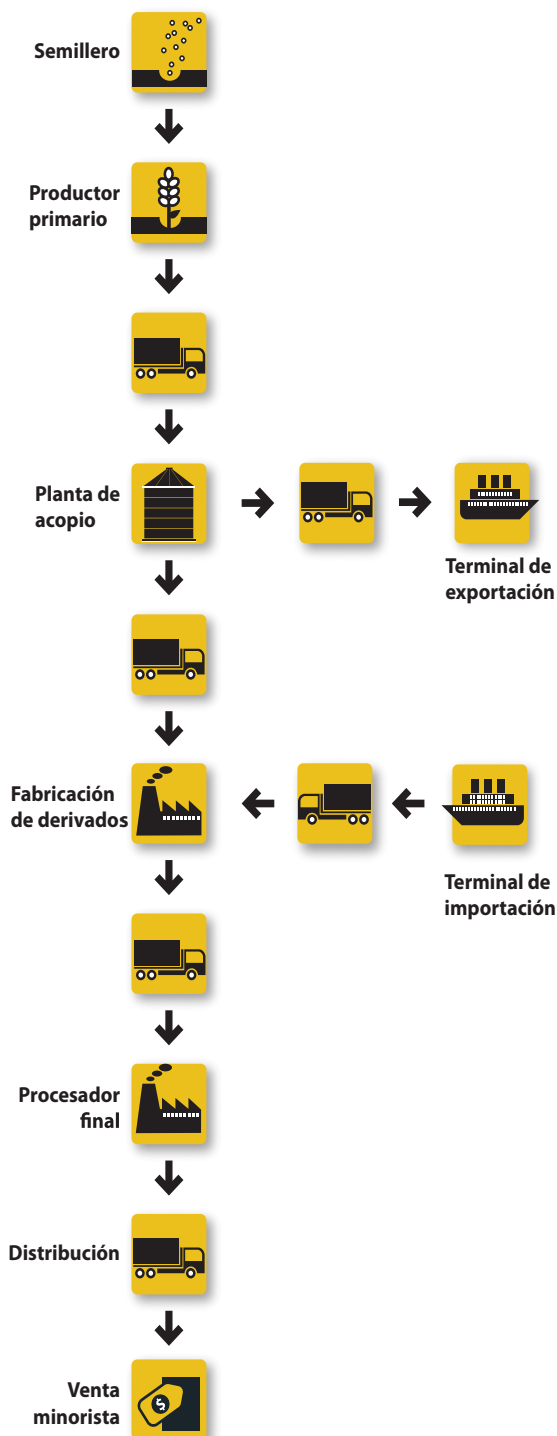
A diferencia de lo que ocurre en otros sectores de alimentos, las características propias del manejo de los granos a granel obligan a plantear expectativas razonables en cuanto a la trazabilidad de la mercadería. El gran tamaño de los recintos admite almacenar granos provenientes de numerosos proveedores, momento en el que se pierde parcialmente la identidad de los lotes. Lo mismo ocurre cuando se mezclan distintas partidas de granos para maximizar su valor. Así, para que sea posible implementarlo, un sistema de trazabilidad para la poscosecha de granos debe contemplar estas limitaciones.

En este sentido, una propuesta posible para la trazabilidad durante el manejo de granos a granel consiste en conocer y llevar registros de:

- el origen de la mercadería. Se refiere al proveedor de los granos. Puede ser el mismo acopio (de tratarse de producción propia) o un tercero.
- el destino de la mercadería. Se refiere al cliente o destinatario de los granos.

Figura 16.1

Cadena de abastecimiento de granos



Fuente: elaboración propia en base a Thakur & Hurburgh, 2009

• los procesos que sufre la mercadería dentro de la planta de acopio, principalmente los que pueden afectar su inocuidad:

- aplicación de productos fitosanitarios y fumigación
- limpieza
- tratamientos preventivos en recintos
- transilado
- secado
- otros que puedan resultar relevantes.

Un sistema de trazabilidad de estas características permite conectar la información interna de los procesos que ocurren dentro de la planta de acopio, con el eslabón anterior y el eslabón posterior de la cadena (Fig.16.1). De esta forma, si cada eslabón lleva su trazabilidad interna es **posible reconstruir la historia de la mercadería desde su origen hasta su destino final, tal como propone la definición de trazabilidad.**

16.3 Registros

En pos de lograr la trazabilidad del producto, se recomienda llevar registros de las operaciones que se listan en la Tabla 16.1, como mínimo. Para mayor claridad, dichos registros pueden dividirse en tres categorías: referidos al Establecimiento, al Lote de Grano y al Recinto (silo/celda). Si cada eslabón de la cadena de abastecimiento lleva tales registros, además de contar con su propia trazabilidad interna, es posible reconstruir la trazabilidad del producto desde su origen hasta su destino final. Un modelo de estos registros se puede obtener en el Anexo I.

Tabla 16.1*Registros indispensables para el sistema de trazabilidad*

Establecimiento	Lote de Grano	Recinto (silo/celda/bolsa plástica)
Limpieza general	Recepción (incluyendo el recinto en donde será almacenado, para conectar con los registros de RECINTO)	Aplicación de insecticidas preventivos en instalaciones
Calibración y mantenimiento de equipos		Temperatura promedio y máxima del grano durante el almacenaje (excepto para bolsas plásticas)
Monitoreo y control de roedores	Secado	Monitoreo de insectos Aplicaciones de productos fitosanitarios líquidos y sólidos sobre el grano Fumigaciones

Fuente: elaboración propia

Por último, para facilitar la implementación de un sistema de trazabilidad es recomendable contar con algún soporte informático que permita acceder y cruzar la información de los registros de forma rápida y ordenada.

17. Bibliografía consultada para este Capítulo

- ABADÍA, B. 2012. Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos. I Congreso de Valor Agregado en Origen. Manfredi, 18 al 20 de julio.
- AGRICULTURE AND AGRI-FOOD CANADA. 2001. Protection of farm-stored grains, oilseeds and pulses from insects, mites and moulds. En: <http://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepot/aaac-aac/pfsg-pgef-eng.htm>
- ARIAS, C. (Ed.); D'ANTONINO FARONI, L.; TEIXEIRA, M.; MARQUES PEREIRA, J.; RIBEIRO MARQUES PEREIRA, A.; PEREIRA DA SILVA, F. 1993. Poscosecha de Granos a Nivel Rural. Manual de Manejo. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para Latinoamérica y el Caribe. En: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S00.htm#Contents>
- BARTOSIK, R.; CARDOSO, L. & PIÑEIRO, E. 2009. Comparación de determinación de humedad de semillas de especies forrajeras por método de estufa y a través de instrumento de medición electrónico por capacitancia. En: <http://www.inta.gov.ar>
- BARTOSIK, R.; DE LA TORRE, D.; CARDOSO, L. & RODRÍGUEZ, JC. 2010. Diseño y desarrollo de un controlador económico para la aireación de los granos almacenados. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControladorEconomicoAireacionGranosAlmacenados.asp>
- BARTOSIK, R. & RODRÍGUEZ, JC. 2006. El flujo del aire en la aireación de granos. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/folletos/FolletoFlujoAireAireacionGranos.pdf>
- BARTOSIK, R. & RODRÍGUEZ, JC. 2002. Aireación de granos almacenados. En: <http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/info/indices/tematica/agric/posco/gral.htm>
- CARDOSO, L. & SANTA JULIANA, M. 2012. Prácticas Correctas en el Manejo de Granos Almacenados en Bolsas Plásticas para Maximizar la Calidad con Destino Industrial. I Congreso de Valor Agregado en Origen. Manfredi, 18 al 20 de julio.
- CEREALS ASSOCIATION OF IRELAND. 2004. Code of Practice. Part 3. IGAS Standards for Long Term Storage. En: <http://www.irishgrainassurance.ie/docs/COP%202012.pdf>
- FIELDS, P. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. Journal of Stored Products Research, 28 (2), 89–118.
- HILLBORN, D. 1984. Grain aeration. En: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/85-003.htm#fig6>
- INTA – APOSGRAN - Universidad de Kansas. 2011. Curso a distancia APOSG520. Material de clases.

- IRAM. 2009. Norma 15850 – 1. Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Parte 1 - Método de referencia práctico.
- IRAM. 2000. Norma 15850 – 2. Cereales. Determinación del contenido de humedad. Parte 2: Método de rutina para maíz.
- ISO. 2005. Norma 6540:1980. Maíz - Determinación de contenido de humedad (sobre granos molidos y sobre granos enteros).
- JONES, C. & DILAWARI, G. 2008. Aeration Systems for Flat-Bottom Round Bins. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets BAE-1102. En: <http://osufacts.okstate.edu>
- JONES, C. & DILAWARI, G. 2008. Aeration Systems for Cone-Bottom Round Bins. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets BAE-1103. En: <http://osufacts.okstate.edu>
- LACEY, J.; HILL, ST. & EDWARDS, MA. 1980. Micro-organisms in stored grains: their enumeration and significance. *Trop Stored Prod Inform*, 39, 19–33.
- MIDWEST PLAN SERVICE. 1997. Dry grain aeration systems design handbook. Ames: Iowa State University.
- NAVARRO, S. & NOYES, R. (Eds.); ARMITAGE, D.; JAYAS, D.; MAIER, D.; MUIR, W. & THORPE, G. 2002. The mechanics and physics of modern grain aeration management. Boca Ratón: CRC Press LLC.
- PACIN, A., TAGLIERI, D., CANO, G. & RESNIK, S. 2003. Reducción de la contaminación por fumonisinas durante la limpieza del maíz. Mesa Redonda sobre Métodos de Decontaminación de Micotoxinas en Alimentos. IV Congreso Latinoamericano de Micotoxicología. Seminario Anual Animal. La Habana, 24 y 26 de Septiembre.
- SAGyP. Resolución 1075/94. Normas de Calidad, Muestreo y Metodología para los granos y Subproductos. Anexo XXII - Norma XXII: Muestreo en Granos. En: <http://www.senasa.gov.ar//Archivos/File/File4230-ry-1075-94.pdf>
- THAKUR, M. & HURBURGH, C. 2009. Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain. *Journal of Food Engineering*, 95, 617–626.
- TUITE, J. 1984. Molds and mold induced storage problems. En: Stroshine, R.; Tuite, J.; Foster, G. & Baker, K. (Eds.). Self-study guide for grain drying and storage. West Lafayette: Purdue University.
- WILCKE, W. & MOREY, R. 1999. Selecting Fans and Determining Airflow for Crop Drying, Cooling, and Storage. En: <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/dc5716.html>
- YANUCCI, D.; LAZZARI, F. & COTO, H. 2001. Control integrado. Insectos, ácaros, hongos y roedores en postcosecha de granos y semillas. Buenos Aires: Granos & Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo.
- YANUCCI, D. 2000. Secado. Libro de actualización N°1. Buenos Aires: Granos & Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo.

CAPÍTULO II

Control Integrado de Plagas de Granos Almacenados



Control Integrado de Plagas de Granos Almacenados

Durante la etapa de poscosecha, las plagas que ocasionan las mayores pérdidas de cantidad y calidad de los granos almacenados son fundamentalmente los insectos y los ácaros⁴, de modo que en este capítulo nos ocuparemos centralmente de ellos. Los roedores también constituyen plagas de importancia económica y a su control haremos referencia al final del capítulo.

1. Control Integrado de Insectos

La actividad de los insectos influye negativamente sobre la calidad de los granos almacenados, por múltiples razones:

1. en Argentina está prohibido comercializar y exportar granos con insectos vivos.
2. afecta la calidad comercial del grano. Al alimentarse directamente del grano, los insectos causan reducción de peso y aumentan el porcentaje de granos dañados. Además, los restos de insectos muertos, telas y deyecciones aumentan el porcentaje de materias extrañas en el granel. Asimismo, los insectos pueden afectar alguna característica relevante del producto, por ejemplo, disminuir el poder germinativo de las semillas o el porcentaje de expansión de maíz pisingallo, entre otros.
3. las infestaciones por insectos generan condiciones propicias para el ataque de hongos.
4. la utilización de productos químicos para el control de los insectos pone en riesgo la inocuidad del grano, si se exceden los límites máximos de residuos.

Las consecuencias van entonces desde impedimentos comerciales hasta severas pérdidas de calidad en grandes masas de granos.

La clave para proteger los granos del ataque de estas plagas es la incorporación de un enfoque de Control Integrado de Insectos. Este enfoque utiliza diferentes estrategias y prácticas de control para limitar el daño de los insectos de la forma más económica posible, al mismo tiempo que preserva la inocuidad del grano y minimiza el impacto ambiental. En ese contexto, se busca reducir al mínimo la utilización de insecticidas.

El Control Integrado de Insectos está conformado por estrategias orientadas a:

- 1) Prevenir la aparición de la plaga
- 2) Monitorear e Identificar la plaga
- 3) Controlar la plaga evaluando las alternativas más adecuadas

El principio básico del Control Integrado de Plagas es que siempre es preferible evitar que el problema aparezca antes que tomar medidas drásticas y costosas una vez que el problema ya se ha establecido.

En líneas generales, la prevención de los insectos plaga de granos almacenados se basa fundamentalmente en la limpieza de la planta, el tratamiento de las instalaciones vacías con insecticidas antes de recibir la nueva cosecha y el enfriamiento de los granos por medio de aireación y/o refrigeración. Para períodos largos de almacenamiento, pueden utilizarse en forma complementaria insecticidas preventivos para proteger al grano apenas ingresa al almacenamiento, con el objetivo de reducir la necesidad posterior de insecticidas.

⁴ Desde el punto de vista de su clasificación taxonómica, los insectos y los ácaros pertenecen a clases diferentes (Clase Insecta y Clase Arachnida, respectivamente), dado que ambos son motivo de rechazo y deterioro de la mercadería, se los debe prevenir y controlar. Para mayor facilidad en la lectura, siempre que en el texto se mencione "insectos" deberá entenderse como "insectos y ácaros"; igualmente, cuando se haga referencia a "Control Integrado de Insectos" debe interpretarse todas las veces como "Control Integrado de Insectos y Ácaros".

Adoptando un programa de Control Integrado de Insectos es posible mantener el grano libre de infestaciones limitando al mínimo el uso de insecticidas. En consecuencia, con el Control Integrado de Insectos no sólo protegemos al grano sino también al consumidor, al aplicador y al medioambiente.

1.1 ¿De dónde provienen los insectos que infestan los granos almacenados?

Para entender cómo prevenir el desarrollo de insectos en el granel, es necesario preguntarse antes cómo puede ocurrir la infestación. Los granos almacenados pueden infestarse con insectos a través de tres vías principales:

- a) Infestación en el campo. Algunos insectos plaga de granos almacenados son capaces de infestar los cultivos en pie, previamente a la cosecha. Así, son cosechados y transportados hacia el almacenaje de dos formas: como adultos junto con el grano y/o como huevos o larvas dentro del grano, denominándose esto último “infestación oculta”, ya que no es detectable durante el muestreo y el análisis de recibo en la planta. El gorgojo del poroto, por ejemplo, ataca a campo y a veces puede incluso cumplir más de un ciclo en el cultivo en pie; una vez cosechado, el grano ingresa picado al depósito.
- b) Infestación permanente en la planta de acopio. La infestación del grano recién cosechado es causada por insectos que viven de forma permanente en la planta de acopio, cuando el grano es cargado en los recintos. Estos insectos sobreviven en la planta gracias a la disponibilidad de alimento, principalmente el grano viejo que no ha sido debidamente removido con la limpieza. Esta es la vía más importante de infestación del granel y de allí la relevancia de implementar un estricto programa de limpieza de las instalaciones enfocado a eliminar las poblaciones residuales de insectos.
- c) Migración al interior del acopio. Los insectos plagas de los granos almacenados ingresan hacia el interior de un depósito libre de insectos desde el exterior, atraídos por el grano almacenado. Estos insectos pueden provenir ya sea de zonas muy próximas (por ejemplo, de grano infestado en el piso que rodea a los silos) o bien de plantas de acopio infestadas ubicadas a varios kilómetros de distancia (en el caso de los insectos voladores). Mayormente, los insectos ingresan al interior del silo a través del techo, las bocas de los ventiladores y las grietas o roturas.

Los insectos plagas de los granos almacenados habitan en una gran variedad de lugares que actúan como fuentes de infestación para el grano recién cosechado. Los granos infestados presentes en cosechadoras, camiones, norias y los propios silos pueden contaminar el grano sano al entrar en contacto con él. Asimismo, los insectos pueden desplazarse hasta el silo desde otros focos de infección como restos acumulados de grano viejo, alimentos para animales, bolsas de grano y basura. Por este motivo, la prevención de los insectos debe ser una tarea sostenida en el tiempo, durante el período de almacenamiento y también cuando los silos están vacíos.

1.2. Prevenir la infestación

Las tareas de prevención de insectos son la clave para evitar la infestación y las aplicaciones de insecticidas. Por lo tanto, la prevención debe realizarse de forma sostenida en el tiempo: antes, durante y después de la llegada del grano al depósito.

1.2.1. Antes del ingreso de la mercadería

La principal medida preventiva antes del llenado de los recintos es la limpieza. Si se planea almacenar el grano por un período prologado, la limpieza puede complementarse con la aplicación de insecticidas con efecto residual. Para una mayor orientación acerca del nivel de riesgo de infestación por insectos de la planta de acopio, ver la Tabla I.1 en el Anexo II.

En particular, se recomienda realizar los siguientes procedimientos entre dos y tres semanas antes de la llegada del grano al depósito.

- Limpiar la cosechadora, camiones, vagones, tolvas y sinfines antes de cosechar para remover restos de granos que pudieran estar infestados. Utilizar cepillos, escobas y aspiradoras.
- Limpiar los silos y celdas vacíos, incluyendo paredes, techos, vigas y tirantes, removiendo los restos de granos. Utilizar cepillos, escobas y aspiradoras. Remover posibles incrustaciones de granos de las paredes de silos y celdas.
- Limpiar los restos de granos de los ventiladores y los ductos de aireación. Si el silo posee piso perforado, también retirar los restos de granos que se encuentran por debajo del mismo.
- En lo posible remover los granos que se encuentran en los amortiguadores de caída por gravedad. Lo ideal sería promover entre los fabricantes de silos y transportes una mayor accesibilidad a los amortiguadores y su facilidad de limpieza.
- Limpiar los pozos de noria, túneles, plataforma de descarga hidráulica, canaletas y desagües pluviales.
- Limpiar los restos de grano que se encuentren en las inmediaciones de los silos. Esto ayudará a que los insectos presentes en el grano infestado en el exterior no ingresen al interior del silo. Se recomienda que el piso lindante al silo sea de material (no de tierra), liso y sin rajaduras, para facilitar la limpieza y evitar que insectos y roedores lo utilicen como refugio.
- Colocar barreras físicas para excluir a los insectos. Puede utilizarse mallas de entramado pequeño para cubrir las bocas de los ventiladores y, si fuera necesario, en el espacio abierto que queda entre la pared del silo y el techo. Colocar la tapa de los ventiladores cuando no están funcionando.
- Mantener el área cercana a los silos libre de vegetación, ya que el pasto actúa como refugio de insectos y de roedores. Utilizar un herbicida para eliminar la vegetación en la zona más próxima al silo.
- Para eliminar los insectos que puedan haber quedado en zonas de difícil acceso a la limpieza, rociar el interior del silo incluyendo las paredes (hasta unos 5 metros de altura), las vigas, los tirantes y el piso con un insecticida residual al punto de escurrimiento (es decir, que “chorree”). También puede hacerse una aspersión en la parte interna superior y en el techo desde la puerta de inspección, previa limpieza.
- Otra práctica recomendable para este tipo de tratamientos en las instalaciones es la nebulización en frío. Este sistema posee dos ventajas sustanciales sobre una aspersión convencional: una es el tamaño de gota que, por ser mucho más pequeño, a igual volumen de producto cubre más superficie; la segunda es que el tamaño de la gota evita la necesidad de chorrear, minimizando así la acción corrosiva de los insecticidas sobre todo en paredes metálicas.
- En el exterior, rociar la base, las paredes (hasta 1 metro de altura), las bocas de los ventiladores y el suelo que rodea la base con el mismo producto que en el interior.
- Si el silo posee piso perforado y se planea almacenar grano dentro del mismo por un período prolongado, fumigar la zona que se encuentra debajo del piso perforado con fosfuro de aluminio, cubriendo el piso con una lámina de polietileno (de este modo se calculará la dosis de fosfuro metálico sólo para volumen que se encuentra debajo del piso; de lo contrario, se debería calcular una dosis para todo el volumen del recinto).
- Evitar agregar grano recién cosechado sobre el grano que se encuentra almacenado en el silo, ya que el grano almacenado puede actuar como fuente de infestación. De no ser posible, fumigar el silo con fosfuro de aluminio y asegurarse de que esté libre de insectos antes de agregar nuevo grano.
- Colocar trampas de insectos para verificar la efectividad del tratamiento de limpieza y desinfestación, tanto en el interior como en el exterior de los recintos (ver Sección 1.5: Monitoreo de insectos).

Para ver el listado de principios activos registrados en Argentina para el tratamiento de instalaciones vacías ver Tabla 1.1.

Siempre que se utilicen insecticidas se deben seguir estrictamente las recomendaciones de la etiqueta para una manipulación segura y señalar la zona tratada para evitar accidentes.

Adicionalmente, se recomienda realizar la limpieza del grano antes de cargarlo al silo para reducir la concentración de material fino en el granel, por dos razones. La primera es que el material fino es la fuente de alimento preferida por los insectos, dado que es más fácilmente atacable que el grano entero. La segunda es que el material fino dificulta el pasaje del aire durante la aireación y retrasa el enfriado, aumentando el riesgo de infestación por insectos.

1.2.2 Durante el llenado del depósito

Si se planea almacenar el grano por un lapso prolongado, pueden aplicarse insecticidas preventivos en la mercadería, también llamados “protectores de grano”. Estos productos matan a los insectos cuando se alimentan o caminan por el granel y ofrecen una protección prolongada del grano durante el almacenamiento, gracias a su poder residual.

Los principios activos que se aplican directamente sobre el grano son los mismos que se utilizan para instalaciones vacías, aunque varían las dosis y los métodos de aplicación.

Existen algunos recaudos a tener en cuenta para la aplicación de los protectores de grano en cuanto a la temperatura y la humedad (ya que la degradación de estos principios activos se produce por hidrólisis):

- Mantener los granos fríos aumenta el período de protección, dado que el poder residual de estos insecticidas disminuye al aumentar la temperatura. Así, la efectividad del producto mejora con la aireación y/o refrigeración del silo.
- Los protectores de grano no deben aplicarse previo al secado en secadora de alta temperatura, dado que el calor elevado producirá la rápida volatilización del principio activo y reducirá el poder residual.
- Los protectores de grano deben aplicarse sobre grano seco (humedad de recibo o inferior). Aplicados sobre grano húmedo se degradan rápidamente.

Por otra parte, se recomienda la aplicación de fosforo de aluminio o fosforo de magnesio al ingreso de mercadería si hay una infestación evidente o bien se sospecha de infestación oculta.

Para mayor detalle sobre la aplicación de estos insecticidas preventivos, ver Sección 1.3 y Tabla 1.1.

1.2.3 Después del llenado del depósito

Una vez que el grano ingresó en el silo, la medida de prevención de insectos más importante es el enfriado por medio de aireación y/o refrigeración. El fundamento de esta medida radica en que la mayoría de los insectos de granos almacenados son principalmente de origen tropical y subtropical y, en consecuencia, no pueden desarrollarse adecuadamente por debajo de los 17°C (ver Tabla 9.1, Capítulo I).

No obstante, debe tenerse en cuenta que la aireación no constituye un método de control 100% efectivo, puesto que algunas de estas plagas son tolerantes al frío. Por ejemplo, los gorgojos son todavía activos a 15°C y los ácaros a 5°C. Para una descripción completa de la aireación, véase el Capítulo I, Sección 8.

Para optimizar el proceso de aireación, se recomienda practicar el descorazonado del silo o bien el desparramado del material fino (Ver Sección 7 del Capítulo I). Estos procesos aportan un doble beneficio: evitan la formación del corazón de finos en la zona central del silo y ayudan a nivelar la superficie del granel, mejorando el pasaje del aire. Por el mismo motivo, debe evitarse el sobrellenado del silo, lo cual permitirá además realizar un correcto monitoreo de los insectos.

En forma alternativa, algunos insecticidas pueden aplicarse sobre la superficie del granel una vez que el silo está lleno (método de “top-dress”). El fundamento de la protección radica en que los insectos que ingresen por el techo del silo morirán al intentar atravesar el tramo superior del granel tratado con el producto. De esta forma, la capa supe-

rior actúa como barrera de entrada, protegiendo al resto del granel del ataque de los insectos. No obstante, esto es válido siempre y cuando no se proceda a vaciar parcialmente el silo, ya que el grano tratado será el primero en salir.

Algunos insecticidas pueden ser utilizados o bien como protectores de grano o bien para tratamiento “top-dress”, pero no para ambos fines debido a que se excederían las dosis máximas permitidas. Verificar las indicaciones de la etiqueta al planificar un tratamiento preventivo con insecticidas.

Finalmente, la combinación más adecuada de medidas de prevención debe analizarse en el contexto del almacenamiento, según la época de la cosecha, las condiciones climáticas y la duración planificada del almacenamiento. Por ejemplo, en cultivos de verano (maíz y sorgo granífero) que se guardarán durante el invierno en zonas frías templadas podría prevenirse la infestación de la mercadería por medio de limpieza mecánica y aireación, sin necesidad de recurrir prácticamente a tratamientos químicos. En cambio, al cosecharse con las altas temperaturas del verano, el trigo es más vulnerable al ataque de insectos y podría requerir de tratamientos químicos preventivos. No obstante esto, si se planea guardar el trigo por un lapso menor a un mes, la probabilidad de una infestación relevante es baja y las medidas no-químicas serían suficientes.

1.3 Insecticidas de granos almacenados

1.3.1 Principios activos registrados en Argentina y clasificación

Desde el punto de vista de los fines prácticos, los insecticidas de granos almacenados pueden dividirse en tres grupos: preventivos, curativos y de rápida acción. Para los fines preventivos se utilizan insecticidas residuales líquidos o en polvo, capaces de evitar una infestación por un tiempo prolongado después de su aplicación. Éstos se aplican sobre las instalaciones vacías antes de recibir el grano o bien sobre el grano mismo, cuando se encuentra en movimiento. Los insecticidas líquidos o en polvo controlan adultos y algunas fases juveniles, pero son incapaces de eliminar los estadios que se desarrollan en el interior del grano.

Para fines curativos (esto es, controlar plagas ya instaladas) se utiliza principalmente la fosfina, un insecticida que actúa en forma de gas (fumigante). La fosfina es capaz de eliminar todos los estadios de desarrollo del insecto y no ofrece protección posterior porque carece de residualidad. La fumigación con fosfina se aborda en detalle en la Sección 1.6.1.

Como insecticida de rápida acción, en Argentina suele utilizarse el DDVP. Debido a su elevada presión de vapor, el DDVP es capaz de controlar los insectos adultos en poco tiempo (volteo rápido) pero no los estadios que se desarrollan en el interior del grano; por lo tanto, de existir huevos y larvas dentro de los granos se reanuda la infestación al cabo de algunos días. Su poder residual es escaso, del orden de pocos días. Algunas consideraciones importantes respecto del uso de DDVP se discuten en la sección 1.3.2.

Desde el punto de vista de su naturaleza química, los insecticidas de granos almacenados se dividen en tres grupos: organofosforados, piretroides e inorgánicos. Los organofosforados funcionan inhibiendo la acetilcolinesterasa, una enzima que interviene en la transmisión entre células del sistema nervioso (grupo 1B, IRAC, 2012). Los piretroides, en cambio, actúan sobre los moduladores de los canales de sodio e interfieren con las propiedades eléctricas de las membranas neuronales (grupo 3A, IRAC, 2012). En ambos casos, el resultado es la muerte del insecto por parálisis. Por su parte, el gas fosfina es un compuesto inorgánico que ejerce su acción insecticida inhibiendo el transporte de electrones en la respiración celular a nivel del complejo IV de la mitocondria (grupo 24A, IRAC, 2012).

Combinando estas clasificaciones, los insecticidas registrados en Argentina en SENASA pueden dividirse en:

- Preventivos (con poder residual)
 - Organofosforados: Clorpirifós-metil, Pirimifos-metil y Mercaptotion.
 - Piretroides: Deltametrina, Permetrina y Lambdacialotrina (se aplican en combinación con organofosforados; la deltametrina puede aplicarse combinada con butóxido de piperonilo)

- Curativos (sin poder residual)
 - Fosfina (por descomposición de fosfuro de aluminio y/o fosfuro de magnesio)
- Rápida acción (escaso poder residual)
 - Organofosforado: DDVP

En la Tabla 1.1 se ofrece un listado detallado de los insecticidas registrados en SENASA para su utilización en granos almacenados en Argentina.

Cabe destacar que no todos los insecticidas son efectivos contra todas las plagas y de allí que resulte muy importante la tarea de identificación de los insectos presentes. Por ejemplo, el taladrillo de los granos (*Rhyzopertha dominica*) debe ser controlado con piretroides pues es resistente a los organofosforados; en cambio, los organofosforados son más efectivos para el control de los gorgojos (*Sitophilus spp*). En caso de una infestación con ambas especies, se debe utilizar una formulación que combine los dos tipos de insecticidas.

Por su parte, otro producto que puede utilizarse para la prevención de insectos en granos almacenados es la tierra de diatomeas. Las diatomeas son algas microscópicas que poseen efecto insecticida: sus esqueletos de sílice pueden perforar las cutículas de los insectos y causarles la muerte por deshidratación. Su principal ventaja es la baja toxicidad para el ambiente y las personas. Adicionalmente, por ejercer su acción insecticida de forma físico-mecánica, la aparición de resistencia en plazos previsibles es improbable.

No obstante, la utilización de tierra de diatomeas se recomienda únicamente para tratamientos de tipo “top-dress”, ya que su presencia en todo el granel conlleva una serie de inconvenientes, tales como una posible disminución del peso hectolítrico, mayor porcentaje de materias extrañas y dificultades en el movimiento de las piezas móviles de la maquinaria. Además sólo controla los insectos en estado adulto o último estadio larval, no controla huevos ni primeras fases juveniles.

Tabla 1.1

Insecticidas registrados por SENASA en Argentina para granos almacenados

	Principio activo Familia	Insectos y ácaros que controla
Preventivos	Clorpirifos metil Organofosforado	Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio
	Clorpirifos metil + Deltametrina* Organofosforado + piretroide	Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos
	Deltametrina*+ Butóxido de piperonilo Piretroide + sinergizante	Carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio, polilla de la fruta seca, polilla de la harina, taladrillo de los granos.
	Mercaptotion Organofosforado	Gusano amarillo de la harina, palomita de los cereales, polilla de la harina, tribolio confuso.
	Pirimifos metil Organofosforado	Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio
	Pirimifos metil + Lambdacialotrina* Organofosforado + piretroide	Ácaro, arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos
	Tierra de diatomeas Origen biológico	Amplio espectro
	Tierra de diatomeas + Deltametrina* Origen biológico + piretroide	Amplio espectro

	Principio activo Familia	Insectos y ácaros que controla
Rápida acción	DDVP Organofosforado	Árañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio, polilla de la fruta seca
	DDVP + Deltametrina* Organofosforado + piretroide	Arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos
	DDVP + Permetrina* Organofosforado + piretroide	Arañuela de la harina, carcoma, gorgojo, palomita de los cereales, tribolio y taladrillo de los granos
Curativos	Fosfuro de aluminio* Inorgánico	Gorgojo, taladrillo de los granos, palomita de los cereales, gorgojo del poroto, gorgojo del café, carcoma del tabaco, tribolio castaño, tribolio confuso, carcoma achatada, carcoma dentada, carcoma grande, polilla de la harina, polilla de la fruta seca, ácaro de la harina, otros ácaros.
	Fosfuro de magnesio* Inorgánico	Gorgojo, taladrillo de los granos, palomita de los cereales, gorgojo del poroto, gorgojo del café, carcoma del tabaco, tribolio castaño, tribolio confuso, carcoma achatada, carcoma dentada, carcoma grande, polilla de la harina, polilla de la fruta seca, ácaro de la harina, otros ácaros.
*Controla <i>Rhyzopertha dominica</i> (taladrillo de los granos)		

Fuente: elaboración propia en base a Resolución SENASA 934/2010 listado de SENASA de productos formulados a mayo de 2012 y marbetes comerciales.

1.3.2 Consideraciones acerca del uso de DDVP

Como se ha dicho, los insecticidas en base a DDVP pueden utilizarse para eliminar rápidamente larvas y adultos debido a su elevada presión de vapor (volteo rápido). La desventaja de utilizar DDVP es que no elimina todos los estadios de desarrollo del insecto de modo que la infestación puede reanudarse a los pocos días.

En Argentina, es usual que se realice la aplicación de DDVP a la carga del transporte con el objetivo de lograr una rápida mortandad de los insectos adultos y así evitar los rechazos en destino por presencia de insectos vivos. No obstante, esta práctica se debe evitar por las siguientes razones:

- En algunas provincias argentinas está prohibida la aplicación de cualquier sustancia fitosanitaria a la carga del camión (tanto líquidos, como sólidos y fumigantes).
- Una aplicación de DDVP improvisada y a último momento puede conducir a que no se cumpla el período de re-entrada y/o el período de carencia. Nótese que en los marbetes comerciales se indica un período de carencia de entre 20 y 30 días para el rango de dosis normalmente utilizadas. Esto implica que un lote tratado con DDVP recién puede liberarse para el consumo entre 20 y 30 días después de la aplicación.
- El DDVP es un insecticida registrado en Argentina (posee un Límite Máximo de Residuos de 5 mg/kg) pero prohibido en otros países, por ejemplo en la Unión Europea. Para evitar el rechazo de la mercadería en tales destinos, se debe evitar la utilización de este principio activo en toda la etapa de poscosecha.

Planifique la aplicación de insecticidas (líquidos, sólidos y fumigantes) con suficiente anticipación al despacho de la mercadería. Sólo así evitará problemas de insectos vivos, residuos e intoxicaciones accidentales.

1.3.3 Recomendaciones para una pulverización efectiva

Al realizar un tratamiento con insecticida sobre el grano es muy importante realizar una aplicación adecuada, ya que sólo se aplica una pequeña cantidad de insecticida en una gran masa de granos. La mayoría de los fracasos en estos tratamientos obedece a malas dosificaciones y/o malas distribuciones del producto, más que a productos fuera de condición.

Para realizar una correcta aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tratar de mojar toda la superficie expuesta de la vena del grano.
- Utilizar por lo menos 1 litro de caldo de aplicación por tonelada de grano a tratar. En transportes con muy alta capacidad, se puede aumentar el volumen de caldo, pero en estos casos es importante que la mezcla asperjada quede en la mercadería.
- La presión mínima del equipo de aplicación debe ser 2,5 kg/cm².
- Seleccionar los picos pulverizadores más adecuados en función del caudal a utilizar.
- Utilizar un tamaño de gota fino para evitar el choque y la pérdida de producto.
- Usar los picos preferentemente en lugares visibles y de fácil acceso y control y cuidar que no se tapen ni se muevan. Verificar que el abanico asperjado efectivamente impacte sobre el grano para que todo el plaguicida dé en el blanco.
- Verificar que todos los picos posean el mismo caudal, para lograr una distribución homogénea del producto. De lo contrario se aplicará excesiva cantidad de plaguicida en alguna parte y menor cantidad de la deseada en otra.
- Realizar la aplicación en un lugar ventilado pero sin corrientes de aire, para evitar la deriva del producto.
- Cuanto mayor sea el mezclado del grano luego de la pulverización, mejor será el resultado. Por esta razón, cuando se asperja sobre acarreadores, cintas o roscas extractores conviene hacerlo donde vuelcan y no donde cargan.
- Siempre trabajar con el caldo preparado en el mismo día.
- Luego de cada jornada de aplicación, lavar los equipos de aplicación, utensilios y elementos de protección personal con abundante agua.

1.3.4 Cálculo de la cantidad de insecticida a aplicar

Para pulverizaciones, generalmente se recomienda utilizar como mínimo 1 litro de caldo de aplicación (insecticida más vehículo) por tonelada de grano a tratar. Entonces, para calcular la cantidad total de mezcla de aplicación se multiplica dicho valor unitario por la cantidad de toneladas de mercadería a tratar.

Por otra parte, para calcular la cantidad de insecticida necesaria para preparar la mezcla de aplicación en un volumen final conocido, se procede según la Ecuación 1.1.

Donde:

Ecuación 1.1

Cálculo de cantidad de insecticida líquido a aplicar

$$\text{Cantidad de insecticida} = \frac{a \times b \times c}{d \times 60 \text{ min/hora}}$$

a: Capacidad del equipo que mueve el grano (en toneladas/hora)

b: Volumen de mezcla de aplicación a preparar (en litros)

c: Dosis elegida (en cm³/ tonelada)

d: Caudal entregado por los picos (cm³/minuto)

(La cantidad de insecticida se expresa en litros)

Supóngase el siguiente ejemplo:

- Cantidad de grano a tratar: 200 toneladas
- Volumen total de mezcla de aplicación necesario: 1 litro/ton x 200 ton = 200 litros
- a: 30 ton/hora
- b: 50 litros (por ejemplo, se puede tomar el volumen de un tanque de aplicación)
- c: 10 ml/ton
- d: 500 ml/min

$$\text{Cantidad de insecticida} = \frac{30 \text{ ton/hora} \times 50 \text{ litros} \times 10 \text{ ml/ton}}{500 \text{ ml/min} \times 60 \text{ min/hora}} = 0,5 \text{ litros}$$

Para este ejemplo, por cada tanque de 50 litros de capacidad se debe colocar medio litro del insecticida y completar con agua (49,5 litros de agua). Como se necesitan 200 litros de mezcla en total, se debe preparar 4 tanques. Si se trata de un insecticida en polvo, la cantidad a espolvorear se calcula según la Ecuación 1.2.

Ecuación 1.2

Cálculo de cantidad de insecticida en polvo a aplicar

$$\text{Cantidad insecticida (kg/min)} = \frac{\text{Capacidad del transporte (ton/hora)} \times \text{Dosis elegida (kg/ton)}}{60 \text{ min/hora}}$$

Es importante aclarar que, de ser posible, siempre es más conveniente aplicar un insecticida en estado líquido antes que en polvo, pues se logra una distribución más uniforme del producto.

Para lograr un resultado correcto en los cálculos anteriores, es necesario contar con los valores exactos de capacidad de trabajo del transporte y, de tratarse de pulverizaciones, también del caudal entregado por los picos pulverizadores.

Respecto de la capacidad de trabajo del transporte, es conveniente no tomar la estipulada por el manual sino medir efectivamente cuánto grano pasa por el punto de aplicación por unidad de tiempo. Esta medición debe hacerse al mismo régimen de trabajo en que luego se hará la aplicación y con el mismo grano a tratar, ya que la capacidad de trabajo varía según el tipo de grano transportado y su condición. Para ello, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Poner el transporte en funcionamiento a régimen (noria, sinfín, cinta, etc)
2. Medir el tiempo de funcionamiento (en minutos)
3. Determinar la cantidad de grano transportada en ese lapso (en toneladas)
4. Calcular la capacidad de trabajo del transporte (en toneladas/hora), según la Ecuación 1.3.

Ecuación 1.3

Cálculo de la capacidad de trabajo del transporte

$$\text{Capacidad de trabajo del transporte (ton/hora)} = \frac{\text{Grano transportado en el lapso (ton)} \times 60 \text{ min/hora}}{\text{Tiempo de funcionamiento (min)}}$$

Por ejemplo, supóngase un lote de grano que será pulverizado sobre una cinta. Se determina que, al cabo de 15 minutos de funcionamiento de la cinta, han pasado 25 toneladas de grano. Para calcular la capacidad de trabajo,

$$\frac{25 \text{ ton} \times 60 \text{ min/hora}}{15 \text{ min}} = 100 \text{ ton/hora}$$

Respecto del caudal entregado por los picos de aplicación, también es recomendable medir la cantidad entregada por el pico o la suma de los picos pulverizadores en la unidad de tiempo y no utilizar el valor teórico provisto por el fabricante (ya que puede estar levemente modificado en la práctica). Esta medición deberá hacerse a la misma presión de trabajo a la que se hará la aplicación. Para ello, proceder como sigue:

1. Poner la bomba en funcionamiento a la misma presión de trabajo, utilizando agua
2. Tomar el tiempo de funcionamiento de la bomba (en minutos)
3. Medir la cantidad de agua asperjada por cada pico en dicho lapso, colocando una probeta graduada debajo de cada pico (en cm³)

4. Calcular el caudal de cada pico (en cm³/min), según la Ecuación 1.4⁵.
5. Sumar los caudales de todos los picos (en cm³/min)

Ecuación 1.4

Cálculo del caudal entregado por el pico del equipo de aplicación

$$\text{Caudal del pico (cm}^3\text{/min)} = \frac{\text{Volumen de agua recogido en el lapso (cm}^3\text{)}}{\text{tiempo de funcionamiento (min)}}$$

Supóngase un equipo de aplicación conformado por tres picos. Para determinar el caudal total entregado por los picos, se enciende la bomba por dos minutos. Al cabo de ese tiempo, en la probeta del pico A se recogen 300 cm³; en la del pico B, 310 cm³; y en la del pico C, 280 cm³. Los caudales de cada pico son:

Caudal del pico A = 300 cm³ / 2 minutos = 150 cm³/min

Caudal del pico B = 310 cm³ / 2 minutos = 155 cm³/min

Caudal del pico C = 280 cm³ / 2 minutos = 140 cm³/min

El caudal total del equipo es la suma de los caudales individuales según la Ecuación 1.5.

Ecuación 1.5

Caudal Total entregado por el equipo de aplicación

$$\text{Caudal Total} = \text{Caudal A} + \text{Caudal B} + \text{Caudal C} = 445 \text{ cm}^3\text{/min}$$

1.3.5 Sitios de aplicación

Los insecticidas deben aplicarse en la vena del grano. Para ello, las posibilidades son:

- A la salida de la zaranda
- Sobre una cinta o *reedler*
- Sobre un tornillo sinfín (por ejemplo, extractor)
- En la noria (sobre la bandeja de carga, nunca sobre los cangilones)
- Sobre un conducto de gravedad

1.4 Identificación de los insectos plagas más frecuentes del almacenamiento

Identificar correctamente los insectos del granel es el primer paso para elegir la medida de control más efectiva. Por ejemplo, existen insectos que son resistentes a determinados insecticidas, de modo que la identificación evitará aplicaciones de productos que no darán ningún resultado; este es el caso del taladrillo de los granos (*Rhyzopertha dominica*), que es resistente a la acción de los organofosforados.

Paralelamente, la presencia de insectos puede estar indicando un problema más serio que la infestación en sí misma. Por ejemplo, la presencia de ácaros en el granel implica condiciones de humedad excesiva en el almacenamiento, anticipando un deterioro generalizado de calidad.

Las especies de insectos capaces de atacar al grano almacenado son numerosas y por ello se las divide a los fines prácticos en plagas de infestación interna (o infestación primaria) y plagas de infestación externa (o infestación secundaria), las cuales se tratarán en detalle a continuación.

⁵ Se recomienda cambiar la pastilla cuando presenta una diferencia superior al 10% respecto del caudal teórico.

1.4.1 Plagas de infestación interna o primaria

Las plagas de infestación interna poseen la capacidad de atacar el grano entero y sano, ya sea mientras el cultivo se encuentra en pie o bien cuando el grano está almacenado. Desarrollan la mayoría de su ciclo biológico dentro del grano y, al completarlo, el insecto adulto emerge dejando el grano picado.

Las plagas de infestación primaria más frecuentes en Argentina son la palomita de los cereales, el taladrillo de los granos, los gorgojos y el brucho de la arveja y el poroto.

1.4.1.1 Palomita de los cereales (*Sitotroga cerealella* Olivier)

Cómo reconocerlo: es una pequeña mariposa de coloración amarillo ocre, que se reconoce fácilmente por estar siempre volando en el almacén o andando rápidamente por sobre los granos o las bolsas (Fig. 1.1). Los adultos poseen alas con escamas. Las alas extendidas miden de 14 a 18 mm y el tamaño del cuerpo varía de 6 a 9 mm.

Daños: Las larvas penetran en el grano y se alimentan de él hasta transformarse en pupas y posteriormente en adultos. Los adultos no se alimentan y viven sólo unos 4 días. Dado que posee la capacidad de volar, puede infestar silos inicialmente libres de plagas.

Granos y productos atacados: granos enteros de trigo, maíz, avena, cebada, centeno, arroz, sorgo; a veces pueden atacar soja, poroto y garbanzo.

Figura 1.1

Izq. Vista dorsal. Fuente: cortesía de Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org. **Der. Ejemplar sobre mazorca de maíz.** Fuente: cortesía de Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org



1.4.1.2 Taladrillo de los granos (*Rhyzopertha dominica* F.)

Cómo reconocerlo: los adultos son insectos de color café oscuro a negruzco, de cuerpo cilíndrico y su longitud es de 2 a 3 mm (Fig. 1.2). La cabeza es grande y está doblada hacia abajo. Una forma sencilla de identificarlo a campo es colocarlo en la mano y hacerlo rodar en ella; por su forma redondeada, lo hará fácilmente. Otra característica inconfundible es el olor que deja en la mercadería; por ejemplo, un trigo con presencia de este insecto tiene un olor dulzón que no es propio del grano.

Daños: Tanto la larva como el adulto utilizan el grano como alimento, dejando granos partidos y polvillo.

Granos y productos atacados: sorgo, maíz, trigo, cebada, avena y arroz. Con menor frecuencia, arveja, poroto y garbanzo.

Otros: es resistente a la acción de los insecticidas organofosforados.

Figura 1.2

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



1.4.1.3 Gorgojos (*Sitophilus spp*)

Los gorgojos son la plaga de infestación interna más importantes de los granos almacenados.

Cómo reconocerlos: pueden ser identificados por el rostro prolongado en forma de pico, que lleva en su extremo el par de mandíbulas muy potentes como parte del aparato bucal (Fig. 1.3).

Daños: las hembras colocan los huevos dentro de los granos. Las larvas se alimentan del contenido del mismo, posteriormente empupan y por último emerge el adulto, dejando perforaciones.

Granos y productos atacados: arroz, trigo, maíz, avena, mijo, cebada y centeno. También harina, galletitas, pan, fideos, tabaco y semillas de cáñamo.

Las tres especies de gorgojos de interés para la industria cerealera son el gorgojo de los cereales, el gorgojo del arroz y el gorgojo del maíz (Fig. 1.3). No obstante, a los fines prácticos del control de la plaga, lo más importante es ser capaces de identificar un insecto como gorgojo o como no-gorgojo, sin importar de qué especie particular se trata.

Gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius* L.)

Los adultos miden de 3 a 4 mm (Fig. 1.3, Izq.). Su color es marrón oscuro, prácticamente negro, con un aspecto lustroso. Se puede separar fácilmente del gorgojo del arroz y del maíz en la etapa adulta por la presencia de fosas alargadas en la superficie del tórax, por la ausencia de las alas de vuelo y por las marcas de color en las cubiertas de las alas coriáceas (élitros).

Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Aspecto muy parecido al del gorgojo del arroz, con las características descritas anteriormente, a excepción de su tamaño (más largo, pues los adultos alcanzan de 3 a 3,5 mm) y de las manchas más claras en las alas delanteras (Fig. 1.3, centro). La presencia de alas posteriores le permite volar y poner huevos en los cultivos en pie y en granos almacenados.

Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae* L.)

Los adultos miden de 2 a 3,5 mm. Su color es marrón oscuro, casi negro, con cuatro manchas rojizas bien definidas en los élitros y hoyos redondos en la superficie del tórax (Fig. 1.3, der.). Es menos brillante que el gorgojo del trigo. La presencia de alas posteriores le permite volar y poner huevos en los cultivos en pie y en granos almacenados. Es menos tolerante de las bajas temperaturas que el gorgojo del trigo.

Figura 1.3

De izquierda a derecha: *S. granarius* (gorgojo del trigo), *S. zeamais* (gorgojo del maíz) y *S. oryzae* (gorgojo del arroz).

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



1.4.1.4 Gorgojo del poroto (*Acanthoscelides obtectus* Say)

Cómo reconocerlos: los adultos miden de 3 a 5 mm. El cuerpo está recubierto por pelos amarillo-verdosos que dejan en las alas unas áreas longitudinales de color gris (Fig. 1.4). El extremo abdominal y las patas son rojizas.

Daños: los adultos no se alimentan del grano, sino de detritos. Las larvas se alimentan de las sustancias de reserva del grano, pero no del embrión. Adicionalmente, los granos atacados presentan pequeñas perforaciones, que denotan el sitio de entrada de las larvas hacia el interior del grano.

Granos y productos atacados: principalmente porotos, pero también arvejas, soja, habas y lupines. Ataca granos frescos en el campo y también granos secos almacenados.

1.4.1.5 Brucho de la arveja (*Bruchus pisorum* L.)

Cómo reconocerlos: el adulto mide de 4,5 a 5 mm. Es de color castaño a negro, con el cuerpo recubierto de pelos claros dispuestos formando manchas claras (Fig. 1.5). El primer par de patas presenta segmentos rojizos.

Daños: las larvas ocasionan daños importantes en las plantas en pie ya que perforan y comen la semilla, alimentándose del endosperma. Las semillas atacadas no son aptas para consumo ni para siembra. Los adultos no ocasionan daños graves y no desovan en granos secos, de modo que no aumenta la población durante el almacenamiento.

Granos y productos atacados: ataca los cultivos de arveja, garbanzo y distintos tipos de porotos.

Figura 1.4

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



Figura 1.5.

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



1.4.2 Plagas de infestación externa o secundaria

Las plagas de infestación externa no pueden atacar grano entero o sano, sino que se alimentan del grano roto o previamente atacado por una plaga de infestación interna. El ciclo de vida transcurre fuera del grano y estos insectos llegan a la madurez deambulando por el silo. Las principales plagas de infestación externa en Argentina son la polilla de la fruta seca, la polilla de la harina, los tribolios castaño y confuso, la carcoma dentada de los granos, la carcoma achatada de los granos, el gusano amarillo de la harina, el piojo de los libros y el ácaro de la harina.

1.4.2.1 Polilla de la fruta seca (*Plodia interpunctella* Hübner)

Cómo reconocerla: en el estadio adulto, este insecto se puede identificar por medio de los dibujos en las alas: los dos tercios inferiores de las alas son de color cobre o rosado oscuro, y la parte superior restante es blanca (Fig. 1.6). La primera evidencia de la presencia de este insecto en el granel (aunque no se haya visto la polilla) es un pequeño racimo de granos apelmazados sobre la pared o el techo del silo. Estas formaciones son realizadas por las larvas, que secretan una tela densa que les sirve como estructura de defensa ante predadores.

Daños: Esta polilla no se alimenta durante su corta vida adulta; por el contrario, la larva utiliza el grano como alimento, sin ingresar en su interior. La tela es muy resistente y puede causar problemas tanto de funcionamiento en roscas y sinfines.

Granos y productos atacados: ocasionalmente atacan granos de arroz, trigo y maíz. Dañan harinas, galletitas, pastas, legumbres deshidratadas, frutas secas, chocolate, semillas almacenadas de poroto, habas, sésamo y algodón, entre otros productos.

1.4.2.2 Polilla de la harina (*Ephestia kuehniella* Zeller)

Esta polilla es más frecuente en la harina pero también ataca el grano almacenado.

Cómo reconocerla: la mariposa mide de 20 a 25 mm. El primer par de alas es de color azul grisáceo con franjas transversales de color oscuro, con una serie de puntos oscuros en los extremos (Fig. 1.7). Las alas del segundo par son anchas y blanquecinas, con pelos en los márgenes.

Daños: los adultos no hacen daño; ponen los huevos en la superficie de los granos y posteriormente las larvas se alimentan del material fino del granel. Las larvas producen unas telas características que se enmohecen

Figura 1.6

Fuente: cortesía de Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org.



Figura 1.7

Fuente: cortesía de Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org.



y generan un olor desagradable, perjudicando la calidad comercial del grano.

Granos y productos atacados: harina, cereales molidos, salvado, galletitas, nueces, frutas secas, entre otros. Pueden atacar granos enteros de maíz, arroz y trigo.

1.4.2.3 Tribolio castaño (*Tribolium castaneum*) Tribolio confuso (*Tribolium confusum*).

Se trata de insectos coleópteros (escarabajos) capaces de infestar grano (sobre todo molido) y harinas. Estos insectos producen mal olor y sabor en los productos alimenticios que infestan, causados por feromonas y quinonas tóxicas.

Cómo reconocerlos: los adultos miden entre 3 y 4 mm, y el cuerpo es castaño rojizo brillante (Fig. 1.8). En el tribolio confuso se destaca un reborde por encima de los ojos que los desborda, unas alas con estrías no funcionales y un par de antenas que se ensanchan de modo regular desde la base hasta el extremo (Fig. 1.8 arriba). En el tribolio castaño, en cambio, el reborde no desborda los ojos, las alas son funcionales (es capaz de volar) y las antenas se ensanchan abruptamente cerca del extremo (Fig. 1.8 abajo).

Daños: tanto las larvas como los adultos se alimentan, ya sea de granos partidos o dañados. Se desarrollan muy bien en la harina; cuando el nivel de infestación es importante, ésta puede tomar un olor fuerte y nauseabundo y tornarse de color pardo.

Granos y productos atacados: granos partidos o dañados de cereales y legumbres, harinas y derivados, especias y frutas secas, entre otros.

1.4.2.4 Carcoma dentada de los granos (*Oryzaephilus surinamensis* L.)

Cómo reconocerlo: el adulto mide de 2,5 a 3,5 mm, y posee el cuerpo achatado de color rojizo a pardo oscuro. Las alas son resistentes, alargadas y estriadas (Fig. 1.9).

Daños: tanto la larva como el adulto se alimentan. La forma aplanada del adulto le permite abrirse paso entre los paquetes de alimentos incluso si están bien cerrados y depositar los huevos en el interior de los mismos. Se alimentan de granos dañados o partidos.

Granos y productos atacados: trigo, avena, cebada, arroz, pastas, frutas secas, entre otros.

Figura 1.8

Arriba *Tribolio castaño* (*T. castaneum*). **Abajo** *Tribolio confuso* (*T. confusum*). **Fuente:** cortesía de Canadian Grain Commission.



Figura 1.9

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



1.4.2.5 Carcoma achatada de los granos (*Cryptolestes ferrugineus*)

Cómo reconocerlo: el adulto mide de 1 a 1,8 mm, y posee el cuerpo achatado de color castaño rojizo (Fig. 1.10). Las alas presentan estrías finas, longitudinales y paralelas.

Daños: tanto la larva como el adulto se alimentan. Mayormente se alimentan de granos dañados o partidos, por lo que generalmente se los encuentra asociados a plagas primarias. No obstante, algunos autores señalan que las larvas son capaces de alimentarse del embrión y, en consecuencia, destruirlo.

Granos y productos atacados: cereales y derivados, legumbres secas, especias, frutas secas, harinas, entre otros.

1.4.2.6 Gusano amarillo de la harina (*Tenebrio molitor* L.)

Cómo reconocerlo: el adulto mide de 13 a 20 mm de largo y posee el cuerpo de color castaño rojizo (Fig. 1.11 arriba.). Las alas presentan estrías y las antenas son cortas y engrosadas en el extremo. Las larvas son blancas apenas nacen y luego amarillas, dando origen al nombre común de la especie (Fig. 1.11 abajo).

Daños: las larvas se alimentan de granos en descomposición, cereales húmedos y harinas, y hasta pueden perforar envases de cartón.

Granos y productos atacados: harinas, granos, pan, galletitas, pastas, papel y cartón, entre otros.

Figura 1.10

Fuente: cortesía de Canadian Grain Commission



Figura 1.11

Arriba. Vista dorsal del adulto. **Fuente:** cortesía de Canadian Grain Commission. **Abajo.** Vista lateral de la larva. **Fuente:** cortesía de Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org



1.4.2.7 Piojo de los libros (*Liposcelis divinatorius* Muller)

Cómo reconocerlo: el adulto es pequeño, 1 a 2 mm de largo y posee el cuerpo de tonalidad grisácea, castaño clara o amarillenta (Fig. 1.12). Posee cabeza grande y antenas largas. No posee alas y las patas son engrosadas en la zona más cercana al cuerpo.

Daños: se alimentan de moho y hongos. También es frecuente encontrarlos en harinas, las cuales pierden calidad comercial.

Granos y productos atacados: harinas, féculas, pastas, granos almacenados. Son importantes en las bibliotecas, ya que comen el engomado y las hojas de los libros, característica a la que deben su nombre común.

1.4.2.8 Ácaro de la harina (*Acarus siro* L.)

Cómo reconocerlo: a diferencia de los organismos que hemos tratado hasta aquí, los ácaros pertenecen a la clase de los arácnidos (no son insectos). Los adultos miden aproximadamente medio milímetro y poseen el cuerpo blanco, transparente, con largas setas y 4 pares de patas de color rosado (Fig. 1.13). Como característica distintiva de esta plaga, pueden presentar una fase ninfal denominada de "hipopus". Se trata de una forma resistente con una cutícula capaz de proteger al individuo de condiciones adversas (temperatura y humedad) y de la acción de los plaguicidas.

Daños: los ácaros se alimentan del germen del grano y luego lo comen completamente, confiriéndole un olor particular que perdura en los derivados. Las harinas atacadas poseen un sabor amargo. En afrecho almacenado pueden reducir el peso del mismo del mismo en un 10% y pueden producir aterronamiento. Los productos infestados con ácaros aparentan tener una capa movediza, semejante a polvo. Los ácaros son resistentes al frío, de modo que pueden desarrollarse normalmente incluso en silos enfriados por aireación.

Granos y productos atacados: girasol, alfalfa, lino, trigo, maíz, harinas, alimentos balanceados, frutas secas, tabaco, entre otros. No obstante, no atacan granos con bajo contenido de humedad, de modo que su presencia indica que el material infestado posee un porcentaje de humedad elevado.

Figura 1.12

Fuente: cortesía de Landcare Research NZ



Figura 1.13

Arriba. Fotografía de un ejemplar observado bajo lupa.

Fuente: cortesía de Jan Hubert. **Abajo:** fotografía de ácaros sobre un grano. **Fuente:** cortesía de The Food and Environment Research Agency (Fera), Crown Copyright.



1.5 Monitoreo de Insectos

Las infestaciones provocadas por insectos sólo pueden ser detectadas y analizadas mediante un adecuado plan de monitoreo. El plan de monitoreo es un documento escrito que informa cuándo se tomarán las muestras de granos, cuándo y dónde se colocarán trampas para insectos y cuándo se realizará el análisis de las mismas, en base a consideraciones que se desarrollarán en esta Sección. A su vez, los resultados de los monitoreos ayudan a tomar decisiones en caso de ser necesario el control de la infestación (un modelo de Planilla de Registro de Monitoreo en Anexo II).

En la actualidad existen numerosos dispositivos para analizar si existe una infestación en el granel, divididos entre dispositivos de muestreo y trampas. En líneas generales, el método de trampas es más sensible en el sentido que permite detectar poblaciones de insectos en niveles más bajos que los dispositivos de muestreo.

Independientemente de qué dispositivo se utilice para detectar insectos, siempre es válido que a mayor número de muestras tomadas o de trampas colocadas, más precisa será la información obtenida del muestreo.

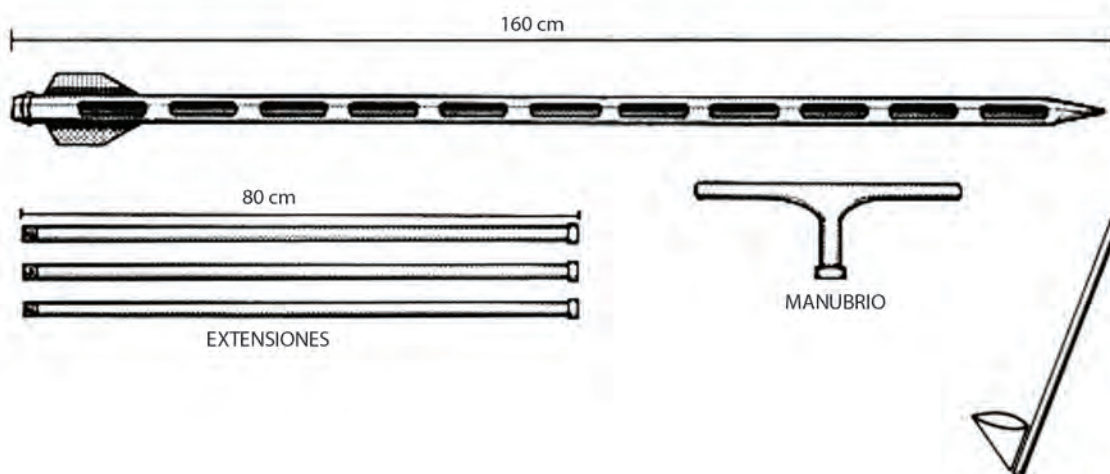
Paralelamente, recuérdese que la termometría constituye una herramienta complementaria muy valiosa para anticiparse a posibles problemas de insectos. La detección de zonas de mayor temperatura en el granel por termometría puede estar indicando un foco de infestación por insectos o bien un aumento de la actividad biológica de los hongos, lo cual rápidamente generará las condiciones propicias para que los insectos se desarrollen.

1.5.1 Dispositivos de muestreo: calador y cucharín

Cuando se toman muestras de grano con calador o cucharín (Fig. 1.13), las mismas se deben volcar sobre una superficie de color blanco que permita detectar fácilmente la presencia de insectos. Se recomienda exponer la muestra al calor y la luz de una lámpara incandescente, para estimular la actividad de los insectos y así poder diferenciar los vivos de los muertos. Es importante destacar que el calador es el dispositivo más adecuado para realizar el monitoreo de insectos en granos almacenados en bolsas plásticas.

Figura 1.14

Calador (arriba) y cucharín (abajo)



Fuente: adaptado de Canadian Grain Commission

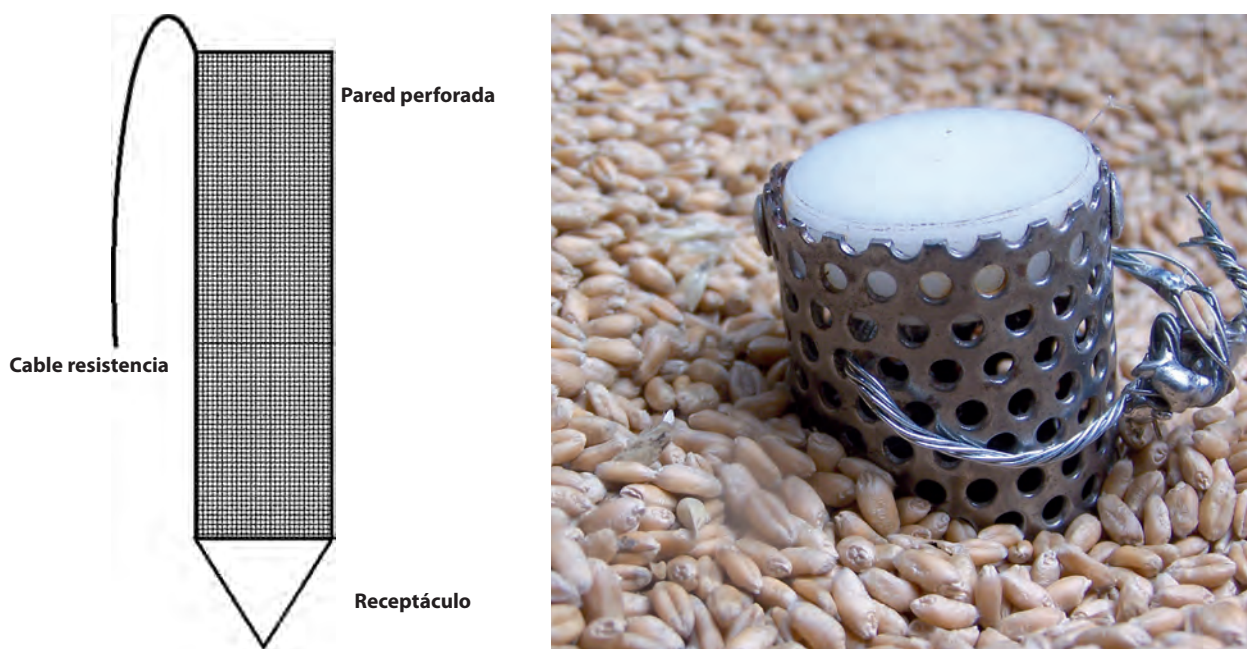
1.5.2 Trampas de caída

Las trampas de caída o “pitfall” son un sistema de monitoreo continuo que consisten en un tubo plástico o metálico con pequeñas perforaciones en sus paredes y con un receptáculo en su base (Fig. 1.15 izq.). Estas trampas se colocan en la parte superior del silo enterradas en el granel (Fig. 1.15 der.); de este modo, los insectos que caminan entre los granos ingresan en la trampa a través de las perforaciones y, gracias al diseño del receptáculo, no pueden salir. La trampa se debe asegurar al silo mediante un cable resistente, que permita su fácil remoción y evite que se pierda cuando se descarga el silo.

Idealmente las trampas de caída se deben colocar siguiendo un orden de prioridad: nunca debe faltar una trampa en el centro del silo y el resto se debe ubicar a mitad de camino entre el centro y la pared del silo. Con 5 trampas es posible muestrear un silo de aproximadamente 6 metros de diámetro; en silos más grandes, el número de trampas debería ser mayor. En depósitos horizontales se recomienda colocar las trampas en la línea longitudinal, con una distancia entre trampas no mayor a 3 metros. Desde luego, cuanto más alto es el recinto menos información se obtendrá al colocar las trampas en la parte superior de lo que ocurre en las partes más bajas del granel. Las trampas se deben colocar en posición vertical o levemente inclinadas.

Figura 1.15

Trampa de caída o “pitfall”. Izq.: esquema. Der.: fotografía de una trampa “pitfall” enterrada en el granel. Nótese las perforaciones de la pared de la trampa y el cable para fijación al silo. Las trampas “pitfall” únicamente se deben utilizar si es posible garantizar la seguridad del trabajador que ingresará al silo a colocar o retirar las trampas.



Fuente: INTA

1.5.3 Trampas de feromonas

Las trampas de feromonas contienen zonas adhesivas impregnadas con sustancias químicas que atraen a los insectos (las feromonas), de modo que el insecto queda pegado al acercarse a la trampa (Fig. 1.16). Se utilizan principalmente para detectar insectos voladores colocándolas en el espacio aéreo, pero también las hay disponibles para insectos caminadores.

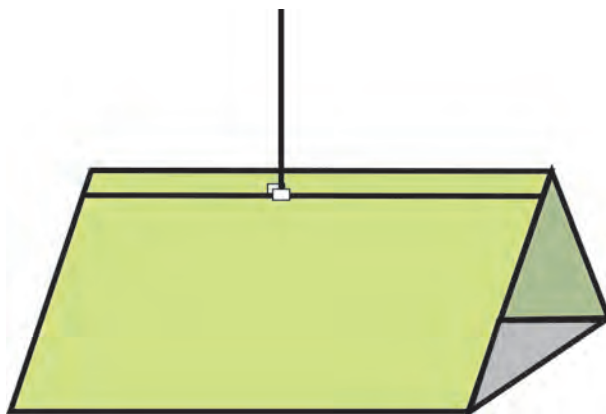
La ventaja de estas trampas es que permiten detectar plagas incluso a niveles poblacionales muy bajos. La desventaja es que una misma trampa puede no servir para atraer a todas las especies de insectos que habitan en el granel, debido a que las feromonas son específicas. El fabricante debe indicar en las instrucciones de uso la duración del poder atractivo de la feromonas, lo cual se relaciona con la vida útil de la trampa. Además, en la actualidad no

se dispone de este tipo de trampas para todas las plagas que afectan los granos almacenados.

Respecto de la ubicación, es conveniente colocarlas cerca del techo y de la zona central, que es la más propensa a la infestación. No debe colocárselas cerca de puertas o lugares de acceso ya que pueden atraer insectos desde el exterior del recinto.

Figura 1.16

Trampa adhesiva con feromonas (esquema)



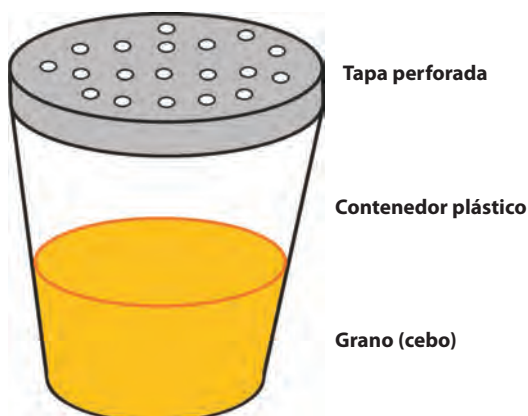
1.5.4 Trampas de alimento

Adicionalmente, pueden utilizarse las trampas de alimento. Estas trampas están formadas por un recipiente plástico con tapa perforada y contienen grano en su interior, que actúa como cebo alimenticio (Fig. 1.17). Una ventaja es que son muy sencillas de construir. Es conveniente taparlas con un cobertor para que no se llenen de agua en caso de lluvia.

El objetivo de colocar estas trampas es determinar la presencia de insectos en las instalaciones del acopio; por lo tanto, se ubican en el exterior de los silos, las norias, cerca de las bocas de inspección y/o las secadoras. La presencia de insectos en las trampas es indicativa de que las medidas sanitarias no son completamente efectivas y que se requiere un mayor nivel de limpieza.

Figura 1.17

Trampa de alimento. Izq.: esquema. Der.: trampa de alimento colocada en el exterior de un silo. Nótese la presencia de restos de granos en el piso.



Fuente: INTA

1.5.5 ¿Con qué frecuencia muestrear?

La frecuencia de muestreo dependerá principalmente de la temperatura del grano, ya que ésta influye directamente en la duración del ciclo de vida de los insectos. Así, al iniciar un programa de monitoreo se recomienda:

- Realizar una primera inspección para insectos antes de ingresar el grano al recinto.
- Posteriormente:
 - Si los granos están fríos (menos de 17°C), el monitoreo (incluyendo la colocación de trampas, toma de muestras y el análisis de las mismas) puede realizarse una vez al mes.
 - Si la temperatura del granel se encuentra entre los 17°C y los 25°C, el monitoreo debe realizarse con una frecuencia de 20 días.
 - Si la temperatura del granel es superior a los 25°C, se recomienda monitorear una vez cada 15 días.

Adicionalmente, se debe aumentar la frecuencia de los monitoreos si se sospecha que un determinado lote de grano puede estar infestado al ingresarlo al silo (infestación oculta).

Este esquema de monitoreo es válido también para granos almacenados en bolsas plásticas; en tal caso, la temperatura del grano almacenado se corresponde con la temperatura ambiente.

1.6 Métodos para el control de insectos

Si las medidas de prevención no son ejecutadas correctamente, lo más probable es que los monitoreos revelen la presencia de insectos en el granel. Ante este resultado, el enfoque de Control Integrado de Insectos implica considerar todas las alternativas disponibles para controlar la infestación, intentando aplicar la de menor impacto posible.

Por ejemplo, para una infestación leve causada por palomita de los cereales, la aplicación de un tratamiento tipo "top-dress" puede resultar suficiente para eliminarla. En otro caso, un foco de calor en el centro de un silo de grano seco se deberá probablemente a la actividad de insectos; aquí, la práctica del descorazonado podría detener la infestación. En cualquier caso, el monitoreo determinará si la medida ha resultado exitosa o si es necesario cambiar la estrategia.

En la actualidad existen escasas opciones para el control de una infestación. Las más difundida es la fumigación. Otros métodos se utilizan sólo en ocasiones muy particulares por la complejidad de su implementación (por ejemplo, las atmósferas modificadas) o bien están en la fase de investigación y desarrollo (como el control biológico), aunque es probable que en el futuro puedan consolidarse como alternativas de control.

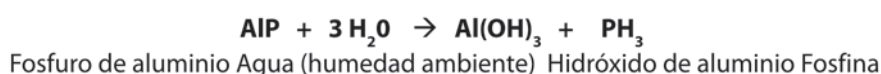
1.6.1 Fumigantes: gas fosfina

El fumigante más utilizado en la actualidad para el control de plagas en granos almacenados es la fosfina. La fosfina es un gas letal para los insectos, capaz de eliminar todos sus estadios de desarrollo, incluso los de las plagas primarias, ya que difunde hacia el interior del grano. Como se profundizará luego, el éxito del tratamiento con fosfina depende de la hermeticidad del recinto y del tiempo de exposición. La fosfina no posee poder residual, de modo que no ofrece protección posterior, y no afecta el poder germinativo de las semillas.

En la práctica, la fosfina se genera comúnmente por descomposición de fosfuros metálicos (de aluminio o de magnesio), al entrar en contacto con la humedad del aire. Químicamente, la reacción de descomposición de cada uno ocurre según las Ecuaciones 1.6 y 1.7, respectivamente.

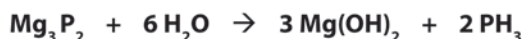
Ecuación 1.6

Reacción de descomposición del fosfuro de aluminio.



Ecuación 1.7

Reacción de descomposición del fosfuro de magnesio.



Fosfuro de magnesio Agua (humedad ambiente) Hidróxido de magnesio Fosfina

El fosfuro de aluminio es el más ampliamente utilizado para fumigar bajo condiciones típicas. El fosfuro de magnesio se utiliza para fumigar en condiciones ambientales adversas (baja humedad y baja temperatura) y en un menor plazo de tiempo, ya que libera la fosfina más rápidamente.

La velocidad de descomposición de los fosfuros metálicos depende de la temperatura y de la humedad. Cuando la temperatura y la humedad del producto son elevadas, la descomposición de los fosfuros es más rápida. Contrariamente, a bajas temperaturas y humedades la liberación de la fosfina es muy lenta; por este motivo, no se debe fumigar si la temperatura del grano es menor a 5°C y/o la humedad es menor a 9%.

Una fumigación con fosfina sólo puede ser realizada por una persona o ente habilitado para tal fin debido a los riesgos que conlleva el procedimiento. La fosfina es un gas altamente tóxico para los insectos, roedores, humanos y otros animales. Además es corrosivo de los metales blandos y puede encenderse espontáneamente en el aire a concentraciones superiores a 18000 ppm. Antes de manipular fosfina leer atentamente las recomendaciones de la etiqueta del envase y la Hoja de Seguridad.

Los fosfuros metálicos se encuentran disponibles en diferentes formulaciones comerciales:

- Pastillas: cada unidad pesa 3 gramos y libera 1 gramo de fosfina. Es la formulación más utilizada en Argentina. Las pastillas son más seguras que los comprimidos a altas temperaturas, dado que se descomponen más lentamente.
- Comprimidos: cada unidad pesa 0,6 gramos y libera 0,2 gramos de fosfina
- Placas y bolsas: se utilizan para fumigar productos en los que no se admite la presencia del polvo residual de la fumigación (por ejemplo, harinas).

Además del fosfuro metálico, en todas las formulaciones se incluyen materiales inertes como el carbamato de amonio. Este compuesto libera amoníaco y dióxido de carbono en contacto con el aire, los cuales reducen el peligro de incendio. Asimismo, como la fosfina es inodora, el olor picante del amoníaco actúa como agente delator de que la liberación de fosfina ha comenzado. No obstante, no se debe confiar en el olor del amoníaco pues la fosfina es tóxica incluso a concentraciones de amoníaco no detectables por el olfato. Luego de la descomposición total, queda un polvo de un volumen 5 veces mayor al del producto original.

La principal desventaja de la fosfina es su elevada toxicidad, así como la de los fosfuros de aluminio y magnesio. Por ello, no se debe exceder los límites máximos de residuos de fosfina ni dejar pastillas sin descomponer en el grano tratado.

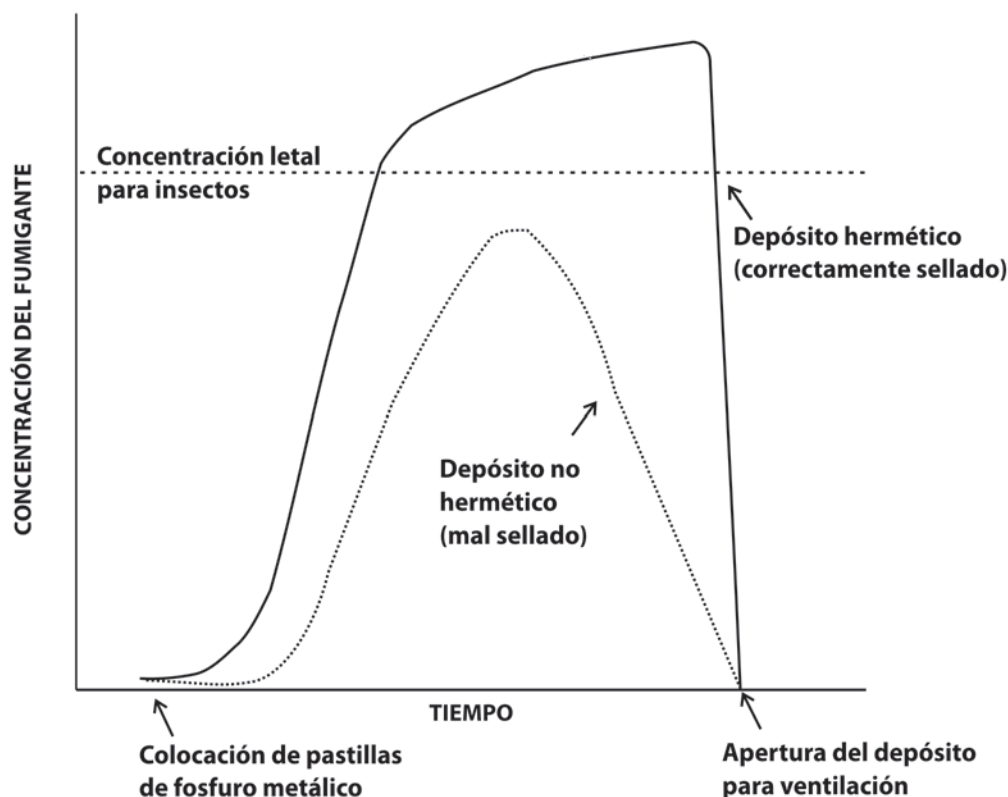
1.6.1.1 Claves para una fumigación exitosa: hermeticidad y dosificación

Como regla general, en Argentina se recomienda una concentración mínima efectiva de 200 ppm de fosfina durante por lo menos 5 días dentro de la estructura de almacenamiento (ya sea silos, celdas, bolsas plásticas, vehículos, etc.) para eliminar adultos, huevos y larvas de insectos. Pero, ¿cómo lograr esa concentración?

La clave radica en dos factores muy importantes: la hermeticidad del recinto y la dosificación del fosfuro metálico. La hermeticidad del recinto debe ser la máxima posible. Esto permite que se establezca la concentración letal de fosfina y que se mantenga por el tiempo necesario para eliminar todos los estadios del insecto. Si la hermeticidad es baja, la mayoría de la fosfina se escapará rápidamente (al cuarto día o antes, Fig. 1.18); en este caso es posible que los insectos adultos mueran, pero los huevos, larvas y pupas reiniciarán el ciclo de infestación a los pocos días.

Figura 1.18

Evolución de la concentración del fumigante con el tiempo en un depósito hermético y en uno de baja hermeticidad.



Fuente: adaptado de Flanders & Brown, 2005

Para lograr una correcta hermeticidad, en estructuras fijas se debe tapar los ventiladores y los conductos de aireación y sellar todas las grietas y roturas, previamente a la aplicación de las pastillas. También es recomendable realizar el encarpado de la mercadería, que consiste en cubrir la superficie del granel con una lámina de polietileno de 150 micrones de espesor como mínimo y sellar sus bordes (por ejemplo, colocar algo del mismo grano en los bordes como contrapeso, Fig. 1.19)⁶. De no realizarse el encarpado, se deberán sellar además todas las aberturas del techo del depósito (bocas de venteo, extractores, puertas de inspección, etc.).

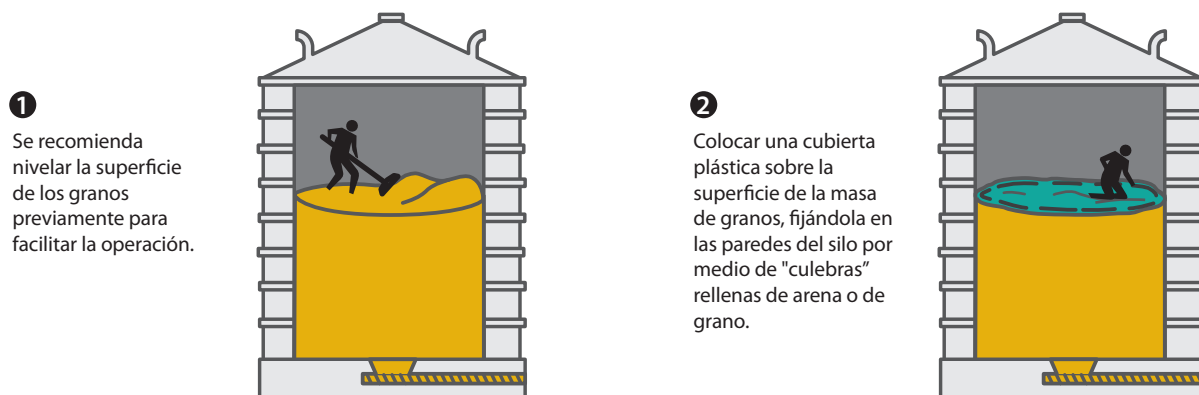
En bolsas plásticas, se debe asegurar que la bolsa esté perfectamente cerrada y que no presente roturas sin emparchar.

⁶ En estructuras encarpadas, la cantidad total de fosforo metálico a utilizar se calcula únicamente en base a las toneladas de grano que quedan debajo de la lámina. Por el contrario, de no realizar el encarpado, la cantidad total de fosforo metálico a utilizar deberá calcularse en base a la capacidad total del recinto, ya que el gas fosfina difundirá por toda la estructura de almacenamiento. Por lo tanto, además de mejorar la hermeticidad, el encarpado permite ahorrar en la cantidad de fosforo metálico necesario para la fumigación.

Figura 1.19

Encarpado de la mercadería en un silo

Nota: figura humana fuera de escala



Fuente: adaptado de FAO

La adecuada dosificación, por su parte, es crítica para llegar a la concentración letal. La dosificación adecuada depende de varios factores, a saber:

1. el grano a fumigar. Los diferentes tipos de grano son capaces de adsorber diferentes porcentajes de fosfina que, en consecuencia, no queda disponible para eliminar los insectos. En general, las oleaginosas y los granos con cáscara adsorben un porcentaje mayor de fosfina que los cereales y por lo tanto requieren dosificaciones mayores.
2. las condiciones ambientales: humedad y temperatura. A menor contenido de humedad de los granos y a menor temperatura, se requerirá una dosificación de fosfuro metálico mayor, porque la liberación del gas será más lenta. No se debe fumigar si la temperatura del granel es menor a 5°C y/o la humedad del grano es superior a 15% o inferior al 9%.
3. la hermeticidad del recinto. A mayor hermeticidad del recinto, se requieren menores dosificaciones de fosfuro metálico pues la fosfina quedará atrapada en el interior por largos períodos. Si el recinto no es hermético, no se puede compensar dicha falla con una mayor dosificación de fosfuro; en ese caso, el recinto no se debe fumigar.
4. el grado de infestación de la mercadería. Infestaciones severas requerirán una dosificación mayor que las infestaciones leves.

La dosificación de fosfuro metálico que figura en los marbetes para granos almacenados en silos y celdas está en un rango entre 3 y 6 pastillas de 3 gramos por tonelada de grano (Tabla 1.2). Como se ha dicho, en condiciones más favorables (recintos muy herméticos, granos de baja adsorción⁷, adecuada humedad y temperatura del grano, infestación leve) utilizar las dosis más bajas del rango. En condiciones más adversas, es posible utilizar las dosis mayores del rango, siempre respetando el máximo permitido. En caso de fumigar en bolsas plásticas, se recomienda

⁷ Para granos de baja adsorción de fosfina (como trigo, maíz, cebada, sorgo, soja y colza) se sugiere utilizar las dosis menores de los rangos de la Tabla 1.2. Para granos de alta adsorción (girasol, arroz con cáscara) se sugiere utilizar las dosis mayores del rango.

utilizar la mitad de la dosis del marbete ya que la elevada hermeticidad del sistema permite que se desarrollen las concentraciones letales de fosfina aun cuando la dosificación inicial de fosfuro sea menor.

Las dosificaciones recomendadas pueden variar según la marca comercial. Lea atentamente las indicaciones del fabricante para no exceder la dosificación máxima permitida. Siempre procure utilizar la menor dosificación de fosfuro metálico compatible con una fumigación efectiva, para minimizar el impacto del proceso.

La Tabla 1.2 muestra las dosificaciones de fosfuro de aluminio según tipo de estructura y formulación. No obstante, siempre consultar las indicaciones del fabricante del producto a utilizar.

Tabla 1.2

Dosis de fosfuro de aluminio, según formulación y lugar de uso

Formulación	Lugar de uso	Dosis*
Comprimidos de 0,6 gramos	Galpones a granel	15 a 20 / tonelada
	Silos y celdas metálicas	12 a 15 / tonelada
	Silos de mampostería	10 / tonelada
	Estibas bajo carpa hermética	7 a 10 / metro cúbico
	Bolsas plásticas herméticas (sin roturas visibles y correctamente cerrada)	8 a 10 / tonelada
Pastillas de 3 gramos	Galpones a granel	3 a 6 / tonelada
	Silos y celdas metálicas	3 a 6 / tonelada
	Silos de mampostería	2 a 4 / tonelada
	Estibas bajo carpa hermética	1,5 a 2,5 / metro cúbico
	Bolsas plásticas herméticas (sin roturas visibles y correctamente cerrada)	1 a 3 / tonelada
Bolsitas de 34 gramos	Silos y celdas metálicas	1 a 2 / tonelada
	Silos de mampostería	1 a 3 / tonelada

*Para granos de baja adsorción de fosfina (como trigo, maíz, cebada, sorgo, soja y colza) se sugiere utilizar las dosis menores de los rangos de la Tabla 1.2. Para granos de alta adsorción (girasol, arroz con cáscara) se sugiere utilizar las dosis mayores del rango.

Fuente: marbetes comerciales y ensayos propios (para la dosificación en bolsas plásticas herméticas)

Medir la concentración de fosfina dentro del depósito es la única forma de saber si se ha alcanzado la concentración letal por el tiempo suficiente (200 ppm por cinco días) y, por lo tanto, si la fumigación resultará efectivamente en el control de la infestación. En otras palabras, dosificar según la recomendación del marbete es fundamental para un tratamiento exitoso pero no garantiza el control de la infestación. Si no se mide, no se sabe.

1.6.1.2 Duración de la fumigación

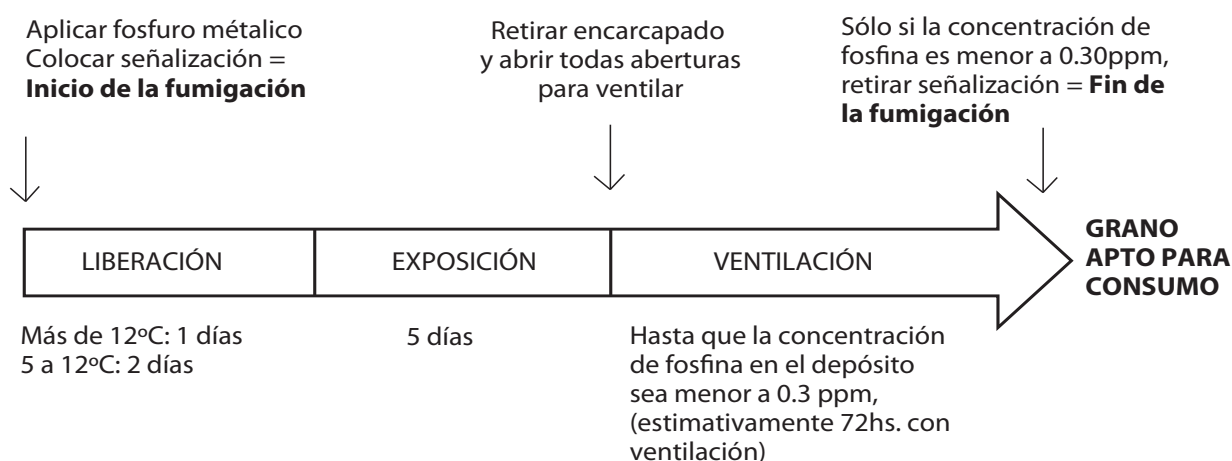
La fumigación no es un procedimiento instantáneo ni puede realizarse improvisadamente. Por el contrario, se debe tomar el tiempo necesario para asegurar un correcto control de la plaga y también para garantizar que las personas no estarán expuestas a concentraciones peligrosas del fumigante.

Para una mejor comprensión del proceso, la fumigación puede dividirse en tres etapas que son continuas en el tiempo (Fig. 1.20):

1. **Período de liberación:** corresponde al tiempo que le toma al fosforo metálico liberar una cantidad de fosfina superior a 200 ppm (umbral letal). La forma más precisa de conocer cuándo se ha alcanzado el umbral letal es midiendo la concentración de fosfina en el interior de la estructura (ver Sección 1.6.1.6 de este Capítulo). Normalmente, este lapso puede variar de 1 a 2 días dependiendo de la temperatura y la humedad del grano. Previamente a la colocación de las pastillas de fosforo metálico se debe vallar y señalizar claramente el recinto para avisar que está bajo fumigación.
2. **Período de exposición:** es el tiempo mínimo durante el cual los insectos deben estar expuestos a concentraciones letales del fumigante para asegurar un control de todos los estadios de desarrollo. En Argentina debe ser como mínimo de 5 días a partir de que se alcanza el umbral letal de 200 ppm. Finalizado el período de exposición, se retira el encarpado y se abren todas las aberturas para proceder a la ventilación del recinto.
3. **Período de ventilación:** corresponde al período que es necesario ventilar el recinto para lograr que la concentración de fosfina descienda a niveles seguros para las personas y para minimizar el riesgo de residuos de fosfina en el grano. En particular, la fumigación se dará por finalizada únicamente cuando la concentración de fosfina en el interior de la estructura de almacenamiento sea 0,3 ppm o menor. En el caso de sistemas tradicionales, orientativamente el período de ventilación es de 72 horas con el ventilador encendido (según recomendación de SENASA), pero nunca se debe liberar el depósito sin haber medido previamente la concentración. En el caso de bolsas plásticas, para permitir la extracción de la misma se debe abrir la bolsa por el extremo y esperar a que la concentración de fosfina en el interior descienda a menos de 0,3 ppm. Sólo cuando se logra ese nivel de seguridad será posible retirar la señalización de "Recinto bajo fumigación". Si la concentración de fosfina es superior a 0,3 ppm se debe continuar con la ventilación hasta que la concentración de fosfina descienda a los niveles seguros.

Figura 1.20

Etapas de la fumigación



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1.3 se ofrece una guía para estimar la duración de la fumigación (cuando se usan pastillas, comprimidos o placas) en función de la temperatura. No obstante, la forma precisa para saber cómo evoluciona la fumigación es mediante la medición de la concentración de fosfina (ver Sección 1.6.1.6 de este Capítulo).

Tabla 1.3

Duración estimada de la fumigación

Temperatura	Período de Liberación	Período de Exposición	Período de Ventilación	Total
Menor a 5 °C	NO FUMIGAR			
5 a 12 °C	2 días	5 días	Hasta que la concentración de fosfina sea menor a 0,3 ppm dentro del depósito (estimativamente 3 días con ventilación encendida)	10 días aproximadamente
Más de 12 °C	1 día	5 días	Hasta que la concentración de fosfina sea menor a 0,3 ppm dentro del depósito (estimativamente 3 días con ventilación encendida)	9 días aproximadamente

En el caso de recintos poco herméticos, la fumigación puede no resultar exitosa incluso a pesar de respetarse el tiempo de exposición. Esto se debe a que el gas difunde hacia el exterior y la concentración no puede mantenerse por encima de las 200 ppm requeridas.

Por último, téngase en cuenta que en silos muy grandes la fumigación requerirá un tiempo de exposición más prolongado pues el fumigante necesita más tiempo para llegar a todos los rincones del recinto (excepto que la aplicación de las pastillas se realice durante el transilado). La alternativa más efectiva en estas situaciones es utilizar un circuito de fumigación cerrado (ver Sección 1.6.1.4 de este Capítulo) pero si no es posible hacerlo, se recomienda aumentar el tiempo de exposición a 7-10 días en lugar de 5 días. Esto extendería el proceso de fumigación a un total de entre 11 y 15 días.

1.6.1.3 Métodos para aplicar pastillas y comprimidos de fosfuro metálico

Al aplicar el fosfuro metálico ya sea en la presentación de pastillas o comprimidos, se debe buscar que éste se mezcle de manera uniforme en el granel para que el fumigante llegue a toda la mercadería. En estructuras fijas, los métodos recomendados son la aplicación manual durante la carga del silo o bien la aplicación en el transilado. En ambos casos, pueden utilizarse dosificadores automáticos que colocan el fosfuro metálico dentro de la mercadería a intervalos regulares de tiempo, para asegurar una distribución óptima.

Si no es posible utilizar algunos de estos métodos, se puede aplicar la fosfina por gravedad. La aplicación por gravedad consiste en colocar el fosfuro metálico en la superficie del granel y esperar que la fosfina descienda a través del grano. Este método es generalmente menos efectivo que los anteriores pues la fosfina no difunde fácilmente a través de la masa de granos. Al ser sólo un 20% más densa que el aire, se puede esperar que el gas descienda a razón de hasta 3 metros por día, hasta unos 15 a 20 metros desde el punto de aplicación. La distancia es aun menor si hay mucho material fino. La ventaja radica en que es más sencillo porque no se necesita mover la mercadería. Al realizar la aplicación por gravedad, la recomendación general es colocar como mínimo el 80% de la dosis en la parte superior y hasta el 20% de la dosis como máximo a través de los ductos de aireación. Siempre es recomendable incorporar las pastillas en la masa de granos y no dejarlas sobre la superficie del granel.

Una vez colocadas las pastillas, recuérdese la importancia de encarpar la superficie del granel.

Asimismo, es importante aclarar que los sistemas de ventilación deben mantenerse apagados y sellados durante la fumigación. De lo contrario, el aire que circula a través del granel expulsará rápidamente la fosfina, sin alcanzarse las concentraciones letales. Asimismo, se debe asegurar que los ductos de aireación estén totalmente secos antes de colocar el fosfuro metálico para evitar incendios.

Para fumigar en estibas se debe encarpar la mercadería a fin de lograr una adecuada hermeticidad (Fig. 1.21). Para ello se puede utilizar una lámina de polietileno (de 150 micrones de espesor como mínimo) para cubrir las bolsas y otra lámina en la base de la estiba y proceder al termo-sellado de ambas. De no contar con esta posibilidad, utilizar sólo la lámina superior fijándola al piso por medio de cinta adhesiva o bolsas de arena o tierra. Las pastillas de fosfuro metálico se deben colocar en bandejas sobre el piso, calculando el número necesario de acuerdo al volumen de la estiba encarpada.

Luego de la exposición se debe ventilar, levantando y enrollando la lámina superior hasta un quinto de su altura, por el extremo más alejado a la salida. Luego de 4 horas se puede proceder a retirar el resto de la cobertura. Si la estiba estuviera bajo galpón, se debe abrir todas las aberturas del mismo. Utilizar protección respiratoria adecuada para esta tarea y disponer adecuadamente el polvo residual de la fumigación.

Figura 1.21

Encarpado de estibas



Fuente: INTA

Para fumigar en bolsas plásticas, se debe asegurar en primer término que la bolsa es lo suficientemente hermética (como mínimo, debe estar correctamente cerrada y sin roturas a la vista). De lo contrario, el gas fosfina se escapará y no se alcanzará la concentración letal durante los 5 días necesarios.

Para la colocación de las pastillas, se debe realizar un pequeño corte vertical sobre la pared lateral de la bolsa y luego insertar un tubo plástico dentro de la bolsa de aproximadamente 40 mm de diámetro. El tubo debe introducirse en forma diagonal hacia el centro de la masa de granos (Fig. 1.22) y hasta hacer contacto con el piso de la bolsa (tomando la precaución de no perforar la bolsa). Una vez insertado el tubo, se introducen en el mismo las pastillas de fosfuro metálico y se toma la precaución de distribuir las en todo el perfil de la masa de granos (para evitar que las pastillas queden todas juntas). Asimismo se debe evitar que las pastillas queden en contacto con la superficie de la bolsa, ya que la reacción exotérmica de la liberación del gas fosfina podría dañar el plástico.

La aplicación de las pastillas de fosfuro metálico se debe realizar en diferentes puntos de la bolsa y no en un solo sitio, para mejorar la distribución del gas. Preferentemente las pastillas deben aplicarse en pequeños grupos cada 5 metros lineales de bolsa.

Así, para calcular el número de puntos de aplicación, se debe dividir la longitud total de la bolsa por 5 (Ecuación 1.8). Se recomienda ubicar el primer punto de aplicación a 2,5 metros del inicio de la bolsa y luego medir tramos de 5 metros hasta llegar hasta el último punto de aplicación.

Ecuación 1.8

Número de puntos de aplicación de pastillas de fosfuro metálico por bolsa.

$$\text{Número de puntos de aplicación} = \text{Longitud de la bolsa} / 5$$

Por ejemplo, en una bolsa de 60 metros de largo se obtendrán 12 puntos de aplicación ($60 \text{ m} / 5 \text{ m} = 12$).

Figura 1.22

Colocación de pastillas de fosfuro metálico dentro de la bolsa plástica mediante la inserción de tubo plástico.



Fuente: INTA

Para calcular el número de pastillas a colocar en cada punto de aplicación, primero se debe calcular el número total de pastillas necesarias en base a las toneladas totales almacenadas y luego dividir las por el número de puntos de aplicación obtenidos en la Ecuación 1.8 (Ecuación 1.9).

Ecuación 1.9

Número de pastillas por punto de aplicación

$$\text{Número de pastillas por punto de aplicación} = \frac{\text{Número total de pastillas}}{\text{Número de puntos de aplicación}}$$

Supóngase, por ejemplo, que la misma bolsa anterior (de 60 metros de largo) contiene 200 toneladas de trigo almacenadas. Una dosis apropiada para este grano sería de 1,5 pastillas (de 3 gramos de fosfuro de aluminio) por tonelada. Por lo tanto, se necesitarían 300 pastillas en total para fumigar toda la bolsa. Para calcular la cantidad de pastillas en cada uno de los 12 puntos de aplicación se debe aplicar la Ecuación 1.9, lo cual arroja un resultado de 25 pastillas por punto de aplicación ($300 \text{ pastillas} / 12 \text{ puntos de aplicación} = 25 \text{ pastillas}$).

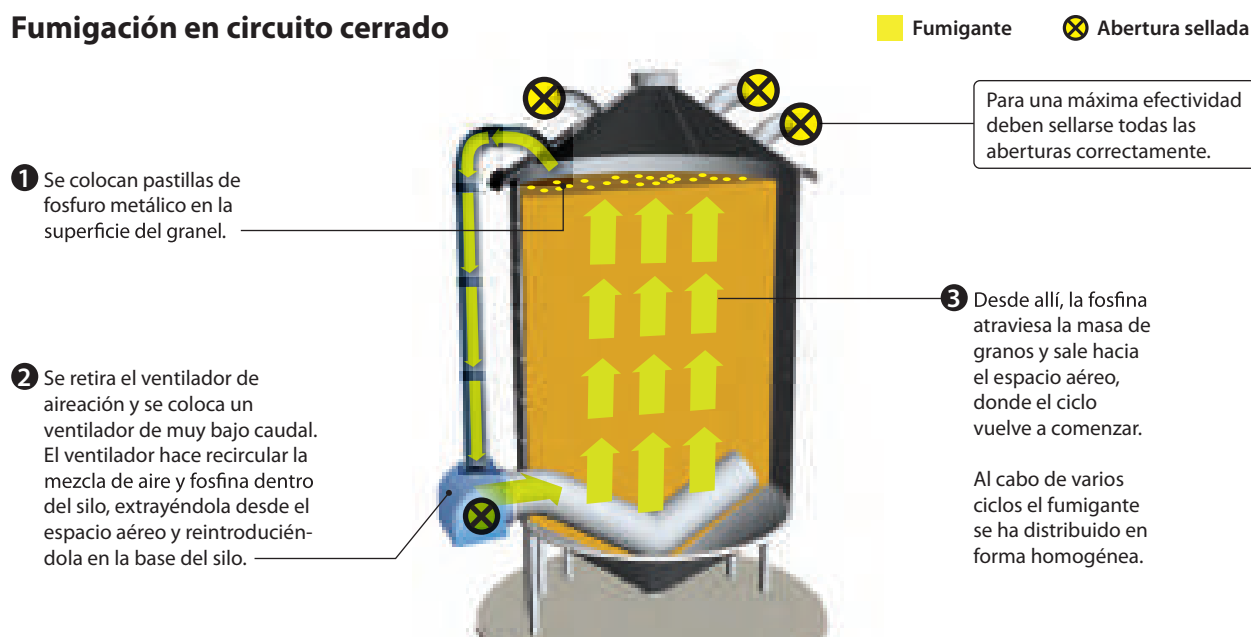
1.6.1.4 Fumigación en Circuito Cerrado

Para mejorar la velocidad de distribución de la fosfina y lograr una concentración más homogénea del gas dentro de estructuras fijas es posible utilizar el sistema de “Fumigación en Circuito Cerrado” (Fig. 1.23). Para la fumigación en circuito cerrado se colocan las pastillas de fosfuro metálico en la superficie del granel; luego, un pequeño

ventilador hace recircular la mezcla de aire y fosfina dentro del silo, extrayéndola desde el espacio aéreo y reintroduciéndola hacia el plenum de aire. Desde allí, la fosfina atraviesa la masa de granos y sale hacia el espacio aéreo, donde el ciclo vuelve a comenzar. Al cabo de varios ciclos, el fumigante se ha distribuido de forma homogénea en todo el depósito. Para una máxima efectividad, la fumigación en circuito cerrado requiere un correcto sellado de las aberturas para minimizar las pérdidas de gas.

Figura 1.23

Fumigación en circuito cerrado



Fuente: elaboración propia

1.6.1.5 Generador de gas fosfina

Otra alternativa para fumigar las estructuras de almacenamiento es mediante generadores de gas fosfina. El generador de fosfina (Fig. 1.24) es un equipo capaz de producir rápidamente gas fosfina e introducirlo en la mercadería almacenada. La generación del gas se realiza desde el exterior de la estructura y el gas producido se introduce al interior de la misma mediante tubos flexibles. Una vez programado, el aparato funciona de forma completamente automática hasta que la concentración de gas alcanza el nivel requerido.

Figura 1.24



Equipo generador de gas fosfina

Fuente: INTA

La fumigación mediante generador de fosfina presenta una serie de ventajas frente a la fumigación tradicional, fundamentalmente su mayor rapidez, ya que las concentraciones letales necesarias se logran inmediatamente después de inyectar el gas al recinto. Asimismo, es más segura, dado que no hay manipulación del producto por parte de los operarios. Naturalmente, la principal desventaja es su mayor complejidad debido a la necesidad de contar con el equipo generador. En Argentina existen empresas especializadas en la prestación del servicio.

1.6.1.6 Medición de fosfina

La medición de fosfina permite saber si se ha alcanzado la concentración de fosfina requerida para el control de los insectos (200 ppm) durante los 5 días necesarios y también para asegurar que la concentración es segura para las personas en zonas de tránsito y permanencia.

La medición precisa se puede realizar mediante medidores digitales y/o tubos colorimétricos (Fig. 1.25) que permiten detectar todo el rango de concentraciones de gas fosfina, desde el nivel utilizado para el control de plagas (200 ppm) hasta el permisible para la exposición humana (0,3 ppm). Los medidores son más sencillos de utilizar y sirven para numerosas mediciones, aunque su costo inicial es mucho mayor que el de los tubos colorimétricos, los cuales pueden utilizarse para una única medición.

Para monitorear la concentración de fosfina en el interior de estructuras fijas, se debe dejar una sonda (tubo plástico cristal) que permita extraer el aire desde el punto que se desea medir hacia el exterior del depósito, donde se conecta el tubo detector (Fig. 1.26).

Figura 1.25

Dispositivos para medición de fosfina: detector digital (izq.) y tubo detector de fosfina conectado por su extremo a una bomba extractora (der.).



Fuente: INTA

Figura 1.26

Medición de la concentración de fosfina presente en el interior e un silo, por medio de una sonda plástica.



Fuente: INTA

Para analizar la efectividad de la fumigación y asegurar una concentración segura para las personas, se recomienda medir la concentración de fosfina en los sitios especificados en la Tabla 1.4, como mínimo una vez al día durante todo el período de fumigación, registrando las lecturas. En las zonas de tránsito y permanencia de personas, la concentración debe ser inferior a 0,3 ppm. Dentro del silo, la concentración debería ser superior a las 200 ppm durante 5 días consecutivos para asegurar el control total de los insectos.

Tabla 1.4

Registro de lecturas de fosfina

Sitio	Fecha y hora	Lectura (ppm)
Cerca del ducto de aireación		
Dentro de las oficinas		
Dentro del silo		

En el caso de las bolsas plásticas, para la medición de fosfina se debe utilizar tubos detectores insertándolos directamente en la bolsa (Fig. 1.27). La medición del gas debe realizarse como mínimo en dos lugares: en la zona más cercana al cierre (que es la que suele presentar menor hermeticidad por el incorrecto cerrado de la bolsa) y en otro punto adicional más alejado, para un mayor control.

Es importante que la medición se realice siempre en el lado opuesto de la bolsa al que se realizó la aplicación de las pastillas de fosfina y en un lugar intermedio entre dos puntos de aplicación sucesivos (por ejemplo, entre el cierre de la bolsa y el primer punto de aplicación, y/o entre el cuarto y el quinto punto de aplicación).

La decisión de repetir una fumigación que no ha sido exitosa es sumamente costosa desde el punto de vista económico, ambiental, de la seguridad laboral y de la inocuidad. Por lo tanto, tómense todos los recaudos para asegurar la máxima hermeticidad posible.

Figura 1.27

Medición de fosfina dentro de la bolsa plástica. Izq.: inserción del tubo de fosfina conectado a la bomba extractora. Der.: detalle del tubo de fosfina una vez finalizada la medición.



La decisión de repetir una fumigación que no ha sido exitosa es sumamente costosa desde el punto de vista económico, ambiental, de la seguridad laboral y de la inocuidad. Por lo tanto, tómense todos los recaudos para asegurar la máxima hermeticidad posible.

1.6.1.7 Límite Máximo de Residuos de fosfina

En Argentina, el límite máximo de residuos de fosfina en granos almacenados es de 0,1 ppm⁹. Para disminuir el riesgo de excederlo, se debe respetar los siguientes aspectos:

1. dosificación máxima permitida de fosfuro metálico. Verificar las indicaciones del fabricante para no exceder la dosificación máxima permitida.
2. período de ventilación. La fumigación con fosfina se puede dar por finalizada únicamente cuando la concentración en el interior del recinto es de 0,3 ppm o inferior. Se estima que esto se logra ventilando el recinto por 72 horas luego de finalizado el período de exposición.
3. tipo de producto a fumigar. Si se trata de cereales y oleaginosas a granel, se puede colocar las pastillas de fosfuro metálico directamente sobre la mercadería. Si se trata de mercaderías procesadas (harinas, por ejemplo) se debe utilizar las placas o bolsas que permitan remover el polvo residual de la fumigación.

1.6.1.8 Aclaraciones sobre la aplicación de productos fitosanitarios en camiones y vagones en tránsito

En Argentina es habitual la práctica de fumigar los granos durante la carga en camiones o vagones y durante el tránsito hacia su destino final. Esto se realiza para evitar rechazos y demoras en los puntos de entrega (generalmente los puertos), ya que los estándares de comercialización argentinos prohíben la venta de granos con insectos y/o arácnidos vivos.

A pesar de ser frecuente, esta práctica es totalmente incorrecta y desaconsejable por tres motivos. El primero es que es ilegal. En todo el país rige la disposición 03/83 del Servicio de Nacional de Sanidad Vegetal, que prohíbe expresamente "...el tratamiento con plaguicidas fumigantes de los granos, productos y subproductos de cereales y oleaginosas, durante la carga de los mismos en camiones o vagones y durante el tránsito de éstos hasta su destino." En la provincia de Córdoba mediante la resolución N°304/2010 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de esa provincia, además de ratificar la citada disposición, se reglamenta en forma obligatoria una declaración jurada que debe acompañar a la carta de porte, tanto de camiones como de vagones, que debe ser suscripta por las personas físicas o jurídicas, privadas o públicas, titulares de una carga de granos, productos y subproductos de cereales y oleaginosos que se transporte en el territorio provincial, a fin de asegurar que la carga transportada no fue tratada a la carga ni en el trayecto con plaguicidas fumigantes.

En la provincia de Santa Fe, mediante la resolución conjunta 137 del Ministerio de Aguas, Servicio Público y Medio Ambiente, 75 del Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado, 41 del Ministerio de la Producción, 498 del Ministerio de Salud y 115 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del año 2011, se prohíbe el tratamiento con cualquier tipo de fitosanitario (líquido, sólido o fumigante) de los granos, productos y subproductos de cereales y oleaginosos, durante la carga de los mismos en camiones y/o vagones y durante el tránsito de éstos hasta destino, siempre dentro del territorio de la provincia. También la norma establece la obligatoriedad de acompañar el traslado con una declaración jurada por parte del emisor del traslado, al igual que en Córdoba, a los fines de asegurar que se cumplió con no haber tratado el grano ni a la carga ni en el traslado.

La segunda razón para desterrar esta práctica es que es infructuosa, sin resultados. Teniendo en cuenta que el transporte de los granos por camión o vagón desde cualquier punto de la Argentina hacia los puertos principales tarda como máximo 24 horas, el tiempo de exposición de los insectos al fumigante no es suficiente. Además, las

⁹ Según Resolución 934/2010 de SENASA.

concentraciones letales no se alcanzan pues los camiones y vagones no son herméticos.

Esto último se relaciona directamente con el tercer motivo: es una práctica peligrosa para las personas y el medio ambiente. Los conductores de los camiones son los principales afectados pues suelen inhalar el fumigante durante las largas esperas, corriendo el riesgo de sufrir intoxicaciones graves e incluso la muerte (de las cuales hay registros, en efecto). Las personas que se acercan desprevénidamente al transporte o a la mercadería fumigada también se exponen al envenenamiento.

Queda claro entonces que la práctica de la fumigación en tránsito debe ser desterrada.

Ahora bien, ¿cómo podrían evitarse los rechazos de mercadería por insectos vivos en los puntos de entrega? La única solución es planificar con anticipación las entregas y las fumigaciones. Es recomendable realizar un monitoreo de insectos por lo menos 10 días antes de la carga programada y, de comprobarse la presencia de insectos, proceder a la fumigación del grano dentro del silo o la celda. Este lapso es suficiente para garantizar una adecuada exposición al fumigante y para ventilar el recinto antes de la carga del transporte.

1.6.1.9 Síntesis: modelo de decisión para la aplicación de insecticidas en el grano y las instalaciones

La Fig.1.28 muestra un modelo de decisión para el uso de insecticidas antes y durante el almacenamiento. La finalidad de esta forma de proceder es reducir al mínimo la aplicación de estos productos, restringiéndola únicamente a los momentos en que el monitoreo de insectos revela la presencia de las plagas.

1.6.2 Atmosferas modificadas

Otra alternativa disponible para el control de los insectos de granos almacenados es la utilización de atmósferas modificadas dentro de las estructuras de almacenamiento. Este método se basa en la alteración de las proporciones normales de los gases atmosféricos oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno para dar un gas de efecto insecticida.

La ventaja principal de las atmósferas modificadas es su bajo impacto ambiental y la seguridad durante la aplicación, dado que controlan los insectos sin recurrir a insecticidas químicos. Su mayor desventaja, por el contrario, es que resulta más costosa y compleja que la fumigación con fosfina, porque se requiere de los equipos generadores de gases y de una muy elevada hermeticidad del recinto para controlar todos los estadios del insecto. Por este motivo, este método no se encuentra muy difundido en la actualidad, exceptuando algunos casos particulares como la producción orgánica de granos.

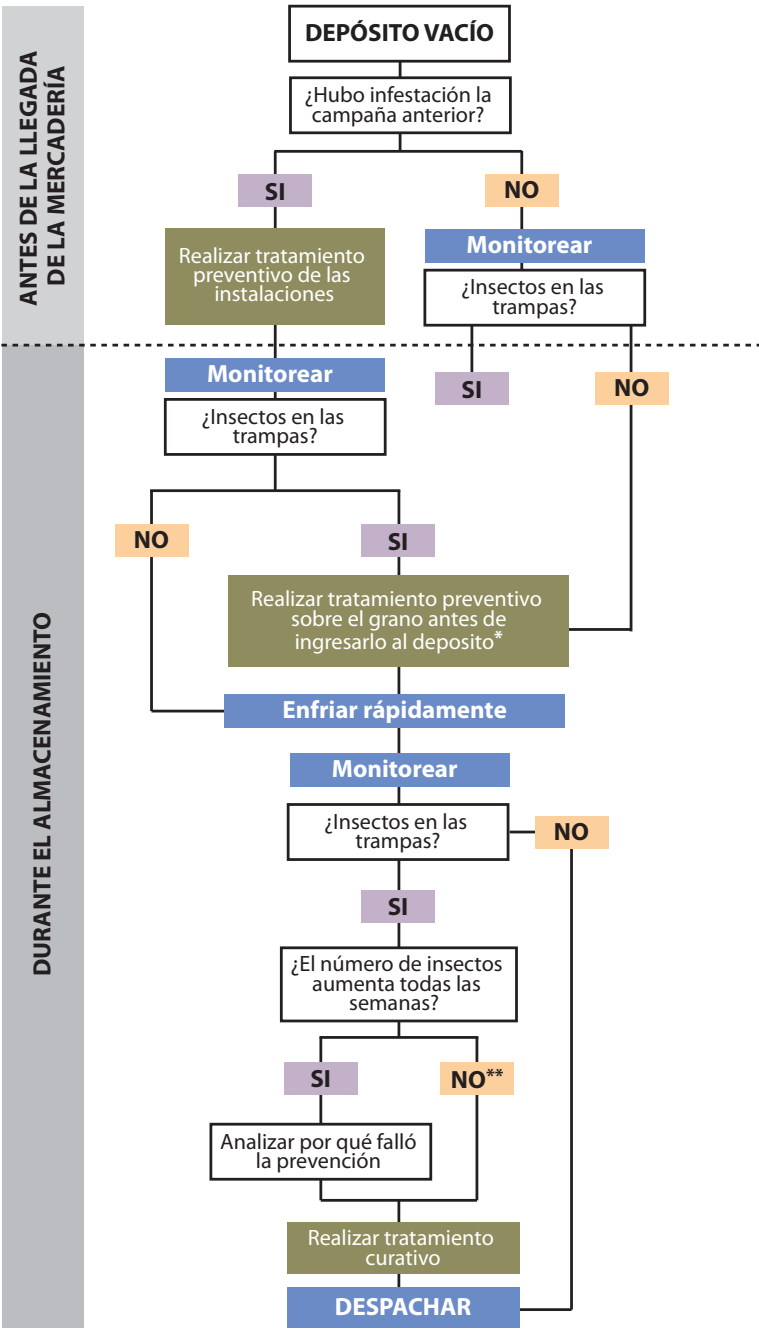
Puesto que se trata de una alternativa de control muy prometedora, mucho trabajo de investigación se está desarrollando para poder mejorarla y difundirla masivamente.

En particular, existen dos sistemas de atmósfera modificada para eliminar insectos: 1) atmósferas deficientes en oxígeno y 2) atmósferas con elevado dióxido de carbono. Las atmósferas deficientes en oxígeno se producen inyectando nitrógeno gaseoso dentro de la estructura de almacenamiento. Para el control total de los insectos, el nivel de oxígeno debe ser menor al 1% durante al menos veinte días para un rango de temperaturas entre 20 y 29°C (Annis, 1987 en Banks & Fields, 1995). La fuente de gas es usualmente nitrógeno líquido.

Por su parte, la atmósfera con elevado porcentaje de dióxido de carbono generalmente elimina más rápido los insectos que la anterior. Se ha demostrado que con una concentración inicial de dióxido de carbono superior al 70% que pueda ser mantenida por encima de 35% durante 15 días es suficiente para lograr el control total de los insectos a temperaturas mayores a 20°C (Annis, 1987 en Banks & Fields, *op. cit.*). Alternativamente, el mismo efecto puede lograrse con concentraciones de dióxido de carbono superiores a 80% durante 8 días, o de 60% durante 11 días, o de 40% durante 17 días (Annis, 1987 en Banks & Fields, *op. cit.*). El dióxido de carbono se inyecta a partir de tanques de dióxido de carbono líquido, con vaporizadores apropiados y reguladores de presión que permitan regular el flujo de aplicación.

Figura 1.28.

Modelo de decisión para el uso de insecticidas de granos almacenados



* si se sospecha infestación oculta, es recomendable fumigar el grano antes de ingresarlo en el depósito.

** a pesar de que el número de insectos detectados en el monitoreo sea bajo, en Argentina está prohibido comercializar granos con insectos vivos. Por lo tanto, antes de despacharlo se lo debe fumigar. Se recomienda tomar una muestra del lote y analizar la presencia de insectos vivos, por lo menos diez días antes de despachar un lote de mercadería. Esto dará tiempo suficiente a planificar correctamente la fumigación en caso de ser necesario y a respetar el tiempo de exposición requerido para el control total de la infestación. **Fuente:** adaptado de HCGA, 2007

1.6.3 Métodos Biológicos de Control

El control biológico consiste en la utilización de enemigos naturales para reducir o mantener controlada la población de insectos plaga de los granos almacenados. Entre tales enemigos se encuentran los parasitoides, los predadores y los patógenos.

La herramienta del control biológico no se encuentra difundida en Argentina debido a que aún no está disponible para plagas económicamente importantes y a que su efectividad es altamente dependiente de las condiciones ambientales. No obstante, podría constituir una alternativa prometedora para el futuro por ser segura para las personas y el medioambiente, sobre todo en almacenajes a largo plazo en donde se permitiría un establecimiento adecuado del enemigo natural y se evitaría recurrir a reiteradas aplicaciones de productos químicos.

1.7. 12 pasos fundamentales del Control Integrado de Insectos

1. Limpiar correctamente las instalaciones y el equipo de transporte de granos.
2. Desinfestar las instalaciones vacías con insecticidas residuales.
3. Realizar la limpieza del grano.
4. Si se planea almacenar el grano por un período prolongado, utilizar protectores de grano.
5. Realizar el descorazonado del silo o el desparramado del material fino.
6. Nivelar la superficie del granel siempre que sea posible.
7. Evitar el sobrellenado de los recintos de almacenamiento.
8. Realizar un tratamiento tipo "top-dress" si no se ha utilizado insecticida en el resto del grano.
9. Enfriar por medio de aireación o de equipo de refrigeración hasta 17°C o menos.
10. Monitorear para insectos de acuerdo con la temperatura.
11. Monitorear la temperatura por termometría para localizar focos de calor.
12. Planificar con suficiente anticipación la realización de los tratamientos curativos, mediante la aplicación de fosfuro de aluminio por parte de personal capacitado, para lograr un efectivo control de los insectos, asegurar un ambiente de trabajo seguro y evitar rechazos por insectos vivos o residuos.

1.8 Bibliografía consultada para esta Sección

- BANKS, J. & FIELDS, P. 1995. Physical Methods for Insect Control in Stored-Grain. En: Jayas, D.; White, N. & Muir, W. Stored-Grain Ecosystems (págs 353-410). New York: Marcel Dekker.
- BARTOSIK, R. 2007. Fumigación de bolsas plásticas con fosfina. En: http://www.ipesadobrasil.com.br/novo/_img/upload/fosfina.pdf
- BULLEN, K. 2007. Insect control in stored grain. En: http://www.daff.qld.gov.au/documents/PlantIndustries_FieldCropsAndPasture/Grain-Storage-Ins-Cont-Stored-Grain_.pdf
- CARMONA, D. 2009. Plagas de los granos almacenados y/o sus derivados. Material de clases correspondiente al I Curso Internacional de Actualización Técnica en Poscosecha de Granos. Balcarce, Argentina. 28 de septiembre al 2 de octubre.
- CARPANETO, B. 2009. Caracterización y Manejo Integrado de Plagas en Granos Almacenados (Phylum: Arthropoda). Monografía de Especialista. Buenos Aires: Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias.
- CASINI, C. & SANTA JULIANA, M. Sin fecha. Control de Plagas en Granos Almacenados. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>
- D & D HOLDINGS, INC. 2011. Applicator's manual for Phostoxin® tablets and pellets. En: <http://www.degeschamerica.com/docs/USA/Phostoxin%20Tablet-Pellet%20manual.pdf>
- FAXSA. Sin fecha. Fosfuro de aluminio Killphos®. En: http://www.faxsa.com.mx/Fosf_MT/KillPhMT.pdf
- FLANDERS, K. & BROWN, S. 2005. Fumigating Agricultural Commodities With Phosphine. En: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1154/ANR-1154.pdf>
- HAGSTRUM, D.; FLINN, P. & HOWARD, R. 1995. Ecology. En: Subramanyam, B. & Hagstrum, D. Integrated Management of Insects in Stored Products (págs. 71-134). New York: Marcel Dekker.

HCGA. 2007. Best practice in grain storage for cereals and oilseeds. En: http://www.hgca.com/cms_publications.output/2/2/Publications/Publications/Publications%20Search.msp?categoryCode=14

INTA – APOSGRAN - Universidad de Kansas. 2011. Curso a distancia APOSG520. Material de clases.

IRAC INTERNATIONAL MOA WORKING GROUP. 2012. IRAC MoA Classification Scheme. En: <http://www.irac-online.org/content/uploads/MoA-classification.pdf>

JONES, C.; HARDIN, J. & BONJOUR, E. Sin fecha. Design of Closed-loop Fumigation Systems for Grain Storage Structures. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets BAE-1111. En: <http://osufacts.okstate.edu>

LAITANO, G. 2011. La correcta elección del plaguicida puede ser el éxito del control de plagas en granos almacenados. En: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/soja/articulos/control-de-plagas-en-granos-almacenados-t3574/415-p0.htm>

LIPPERT, G. & HIGGINS, R. 1989. Management of Stored Grain Insects, Part II. Identification and Sampling of Stored Grain Insects. En: <http://www.ksre.ksu.edu/library/entml2/mf916.pdf>

MASON, L. & OBERMEYER, J. 2010. Stored Grain Insect Pest Management. En: <http://extension.entm.purdue.edu/publications/E-66.pdf>

MINISTERIO de AGRICULTURA, GANADERIA y ALIMENTOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. 2010. Resolución 304/2010. En: http://www.bccba.com.ar/bcc/images/00002417_RES%20304%20%20bc.pdf

ROMERO, G. Sin fecha. Control de plagas en productos almacenados. Inédito.

SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 1988. Ley Provincial De Agroquímicos N° 10.699/88. En: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-10699.html>

SENSA. 2010. Resolución 934/2010. En: <http://www.sensa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=1447&io=15900>

SERVICIO NACIONAL DE Y SANIDAD VEGETAL. 1983. Disposición 3/83.

UNITED PHOSPHORUS LTD. 2011. QuickPhos® Fumigation Tablets draft label and leaflet. En: <http://my.uplonline.com/uplaustralia/productdata/QuickPhost.pdf>

WEINZIERL, R. & HIGGINS, M. 2008. Insect pest management for stored grain. En: Bissonnette, S. & Overmier, M. (Coords.). Illinois Agricultural Pest Management Handbook (2008). En: <http://ipm.illinois.edu/pubs/iapmh/index.html>

YANUCCI, D.; LAZZARI, F. & COTO, H. 2001. Control integrado. Insectos, ácaros, hongos y roedores en postcosecha de granos y semillas. Buenos Aires: Granos & Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo.

2. Control Integrado de Roedores

La presencia de roedores en las instalaciones de almacenamiento de granos constituye una problemática compleja en la etapa de poscosecha. Los roedores han desarrollado comportamientos y hábitos que les han permitido adaptarse a prácticamente todos los ambientes, siempre que encuentren lugar para anidar, alimento y algo de agua. En particular, los silos, celdas, bolsas plásticas herméticas, molinos harineros, plantas de alimentos balanceados y aceiteras constituyen sitios propicios para el desarrollo de estos animales, gracias a la abundancia de refugios y granos.

En la etapa de poscosecha, los perjuicios principales causados por estos animales se pueden dividir en tres grandes grupos:

1. Ponen en riesgo la inocuidad del grano. Alimentos que han estado en contacto con heces de roedores pueden ocasionar enfermedades en el ser humano, como por ejemplo la salmonelosis. La presencia de la bacteria *Salmonella* en el grano puede provocar serios trastornos en el ser humano y en los animales en producción.
2. Ponen en riesgo la salud de los trabajadores de la planta de acopio de granos. La leptospirosis, el hantavirus, la fiebre hemorrágica argentina, la salmonelosis, la rabia, la toxoplasmosis y otras enfermedades zoonóticas pueden ser transmitidas al hombre a través del contacto directo con heces, orina y/o saliva de roedores durante la realización de las tareas laborales.

3. Causan pérdidas económicas. Esto se debe al deterioro en cantidad y calidad de la mercadería almacenada (tanto en silos, como en celdas y bolsas plásticas herméticas), como al daño a las instalaciones (en plantas de acopio pueden provocar cortocircuitos por el roído de cables eléctricos, con consecuentes incendios e inactividad de equipos y motores).

Figura 2.1

Daños en cables eléctricos provocados por roedores



Fuente: cortesía de BASF Argentina

En líneas generales, un programa efectivo para el control de roedores se basa en conocer los hábitos de las especies potencialmente presentes (ya que esto influirá en la estrategia de control a adoptar), en planificar de forma anticipada la estrategia a seguir desde un enfoque proactivo y en conocer en profundidad las herramientas disponibles para la prevención y el control directo de roedores. A continuación se explica con mayor profundidad cada uno de estos aspectos.

Poblaciones muy pequeñas de roedores pueden ocasionar problemas muy serios en una planta de acopio, ya sea por perjudicar la inocuidad del grano, la salud de los trabajadores, la integridad de las instalaciones y/o la calidad de la mercadería almacenada. Téngase en cuenta que una sola rata adulta elimina aproximadamente 6 litros de orina por año, entre 16.000 y 30.000 heces por año y 300.000 pelos por año. Por lo tanto, la presencia de roedores debe ser controlada incluso en niveles poblacionales aparentemente inofensivos.

2.1 Características de los roedores relevantes para un Programa de Control

Los roedores (Orden Rodentia) constituyen un grupo numeroso y variado, formado por aproximadamente 400 géneros y 2000 especies que se han adaptado a diferentes ambientes; en América Latina, existen cerca de 600 especies. No obstante, son sólo tres especies las de relevancia para las actividades de poscosecha: la rata noruega o de las alcantarillas (*Rattus norvegicus*), la rata negra o de los tejados (*Rattus rattus*) y la laucha o ratón doméstico (*Mus musculus*). Dado que comparten la vivienda y el alimento con el hombre, se las denomina “especies sinantrópicas”. Las características principales de cada especie son (Fig. 2.2):

1. Rata de Noruega o de las alcantarillas (*Rattus norvegicus*, Fig. 2.3). Son las de mayor tamaño corporal, llegando los adultos a pesar más de 500 gramos y medir más de 20 centímetros. Construyen sus madrigueras bajo tierra cavando galerías que pueden llegar hasta 1,5 m de profundidad (Fig. 2.4). No poseen su cuerpo adaptado para trepar paredes o superficies verticales. Recorren hasta cientos de metros de sus madrigueras en busca de alimento transitando siempre por caminos que ellos mismos definen en función de la seguridad y la cercanía de cuevas de paso que construyen para poder escapar de predadores.
2. Rata negra o de los tejados (*Rattus rattus*, Fig. 2.5). Estas son de menor tamaño que la de rata de Noruega; los adultos pueden pesar entre 250 y 300 gramos y pueden medir entre 15 y 20 centímetros. Su cola, más larga que su cuerpo, es anillada y le permite trepar ágilmente por paredes totalmente lisas y verticales. Esto la diferencia de la especie anterior y le permite convivir juntas en el mismo ambiente, ya que la rata negra construye sus nidos en techos, cielorrasos y árboles. Al igual que la anterior, recorren hasta cientos de metros de sus madrigueras en busca de alimento.
3. Laucha o ratón común (*Mus musculus*, Fig. 2.6). Son muy pequeñas, midiendo hasta 5 centímetros de largo y son muy prolíficas. Instalan sus nidos a no más de 5 metros de la fuente de alimento. Es frecuente encontrarlas en depósitos de alimentos, anidando en cajas, cajones, o al resguardo con trozos de papel o trapos.

Figura 2.2

Comparación de roedores

Principales características que permiten identificar a las tres especies sinantrópicas

NOMBRE	TAMAÑO	0 Escala en cm 10	COLA	CUERPO	OREJAS	OJOS	HOCICO
Rata de los Tejados <i>Rattus rattus</i>			Más larga que la longitud cuerpo + cabeza	Delgado	Grandes	Grandes	En punta
Rata de las Alcantarillas <i>Rattus norvegicus</i>			Más corta que la longitud cuerpo + cabeza	Grueso y robusto	Pequeñas	Pequeños	Chato
ENTRE RATA JOVEN Y RATON			COLA	PATAS	CABEZA	OREJAS	
Espécimen juvenil de rata			Más corta que la longitud cuerpo + cabeza	Grandes	Grande	Pequeñas	
Ratón doméstico <i>Mus musculus</i>			Más larga que la longitud cuerpo + cabeza	Pequeñas	Pequeña	Prominentes	

Fuente: adaptado de Departamento de Salud, Bienestar y Educación de los EE.UU.

Figura 2.3 Rata de las alcantarillas
(*Rattus norvegicus*)



Fuente: cortesía de Ricardo Sage

Figura 2.5 Rata de los tejados
(*Rattus rattus*)



Fuente: cortesía de BASF Argentina

Figura 2.4 Cueva activa de *Rattus norvegicus*



Fuente: cortesía de BASF Argentina

Figura 2.6 Ratón común
(*Mus musculus*)



Fuente: cortesía de BASF Argentina

Algunos rasgos comunes a las tres especies son:

- Poseen dos pares de dientes incisivos superiores e inferiores de crecimiento continuo (entre 3 a 5 centímetros por año), que requieren un desgaste permanente en superficies rígidas. Esta necesidad de roer explica uno de los problemas típicos con los roedores en cuanto a daños edilicios, instalaciones, cañerías plásticas y cables eléctricos, entre otros.
- Incrementan su actividad hacia la noche. Poseen sentidos del olfato y oído muy sensibles; además, la presencia de vibrisas (pelos sensoriales) en su cabeza y cuerpo les permiten orientarse durante la noche y transitar sin desviarse del camino que los lleva desde su madriguera a la fuente de alimento.
- Viven en colonias con cierta organización social y sólo un pequeño porcentaje sale en busca de alimento. Una vez conseguido el alimento, lo acarrear hasta la madriguera para compartirlo con el resto de la colonia. También acarrear hilos, nylon, papel, cartón y trapos que utilizan para construir sus parideras.
- Su paladar es capaz de detectar sustancias tóxicas en los alimentos. No se alimentarán de un determinado

alimento si perciben que les puede provocar un daño o la muerte, y poseen un sistema de comunicación que permite transmitir este patrón a toda la colonia. Si un roedor muere cerca del alimento consumido, el resto de la colonia no consumirá ese alimento. Esto influirá en la elección del rodenticida a utilizar.

2.2 Programa de Control de Roedores: enfoque y planificación

Por lo expuesto, la implementación de un Programa de Control de Roedores es fundamental para evitar las consecuencias negativas de estas plagas, incluso si se sospecha que la población es baja. A pesar de la complejidad que representan las plantas de acopio como ambientes propicios para el desarrollo de los roedores, es posible implementar con éxito programas eficaces de control que resulten prácticos, sistemáticos, de bajo costo y de bajo riesgo para especies no objetivo o para el ambiente.

Se recomienda para ello que el enfoque del Programa de Control de Roedores a implementar sea proactivo, es decir basado en la participación y el compromiso del personal. El personal a su vez deberá estar capacitado previamente acerca de los riesgos que presentan estas plagas en el acopio y acerca de sus funciones específicas dentro del Programa de Control. Mediante este enfoque, se espera poder diseñar y ejecutar una estrategia a medida de las necesidades y las características propias de cada establecimiento de acopio.

Desde el punto de vista de su estructura, el Programa de Control de Roedores que aquí se propone cuenta con seis etapas: Análisis, Diagnóstico, Programación, Ejecución, Monitoreo y Confección de índices de performance (Fig. 2.7). Dependiendo del momento, la dinámica de estas etapas dependerá de la fase que esté atravesando el Programa de Control de Roedores:

- La fase de ataque, en la que el objetivo es reducir drásticamente la población de roedores presentes.
- La fase de prevención; cuyo objetivo es evitar las re-infestaciones.

Figura 2.7

Etapas de un Programa de Control de Roedores con enfoque proactivo.

El ABC de un Programa de Control
Qué, quién, cómo, cuándo y dónde



Fuente: BASF Argentina

Más específicamente, los elementos principales de cada etapa del Programa de Control de Roedores con enfoque proactivo son:

Etapas de un Programa de Control de Roedores con enfoque proactivo

1) Análisis: se debe comenzar con un análisis exhaustivo de la situación recolectando toda la evidencia posible. Para ello, se debe recorrer, observar, preguntar y registrar los signos de actividad de roedores (presencia, cuevas, caminos, manchas, deposiciones, roeduras) sumándolas a los testimonios del personal que trabaja en el lugar (en particular, suele resultar muy útil recurrir a la experiencia del personal de mantenimiento eléctrico y a los guardias del establecimiento). En ocasiones se requerirá de visitas nocturnas con linterna para ajustar este análisis. De lo posible, se recomienda identificar áreas o anillos externos, medios e internos con diferentes signos de actividad de roedores. En general, se puede plantear un primer anillo en el cerco perimetral del establecimiento (el Anillo Externo) que es donde generalmente se encuentran los nidos y madrigueras. Por su parte, las zonas medias (Anillo Medio) corresponden a los lugares de tránsito de los roedores, que van desde el nido a la fuente de alimento. Finalmente, se delimitan las zonas internas de depósitos o edificios que es donde se alimentan los roedores (Anillo Interno). En esta etapa se identifican además los factores y actividades que favorecen la presencia de roedores en la planta de acopio.

2) Diagnóstico: con la información obtenida en la etapa anterior se procede a confeccionar un diagnóstico de la situación, también por anillos, para definir el nivel de gravedad de la infestación o bien el riesgo de una potencial infestación. También se establece qué especies están presentes con el objetivo de implementar una estrategia que abarque el control de todas ellas teniendo en cuenta sus hábitos diferenciales.

3) Programación: consiste en planificar las medidas de prevención y de control directo para cada anillo, especificando qué herramientas se utilizarán, quién será el responsable, cómo debe proceder, cuándo y dónde (ver descripción de las herramientas en Sección 2.3). También se debe establecer cuál es el nivel de entrenamiento del personal para realizar la tarea programada y planificar las capacitaciones si fuera necesario.

4) Ejecución: en esta etapa se lleva al terreno lo acordado en la etapa de Programación.

5) Monitoreo: consiste en relevar periódicamente el terreno en la búsqueda de actividad de roedores. En esta etapa también se revisan las estaciones de cebado, reponiendo los cebos consumidos y se revisa posibles fallas en las medidas de prevención (presencia de basura, pastizales, estibas mal realizadas, entre otros).

6) Confección y análisis de índices de performance del programa: se trata de la etapa de documentación del programa y del análisis de sus resultados por medio de índices cualitativos o cuantitativos. Algunos ejemplos de índices son el porcentaje de cebos consumidos, el número de roedores avistados, el número de daños detectados, la cantidad de cuevas activas e inactivas, el número de siniestros por cortocircuitos y la presencia de roedores muertos, entre otros. Los índices se confeccionan en base a la información de la etapa de Monitoreo y permiten replantear las estrategias del Programa si no se ha alcanzado la efectividad esperada.

2.3 Programa de Control de Roedores: herramientas

Las herramientas más frecuentemente empleadas en un Programa de Control de Roedores en las plantas de acopio de granos pueden dividirse en dos grupos: de prevención y de control directo. La combinación e integración de ambos tipos de herramientas debe quedar claramente establecida en la etapa de Programación explicada en la Sección 2.2.

2.3.1 Prevención

Para prevenir la entrada y proliferación de roedores dentro de la planta de acopio se recomienda:

- Eliminar o reducir las fuentes de alimentación. Para ello, evitar dejar restos de basura fuera de los contene

dores de basura y mantener los contenedores de basura siempre tapados. Limpiar todos los restos de granos.

- Eliminar o reducir las fuentes de agua. Para ello, mantener en buen estado las redes de agua de la planta y evitar la presencia de agua estancada.
- Eliminar o reducir los sitios que puedan servir de refugios. Retirar maderas, bolsas vacías, tubos y cañerías y cualquier tipo de escombros. Mantener el pasto corto, especialmente en el alambrado perimetral y en los alrededores de silos, celdas y bolsas plásticas. No guardar materiales en entretechos.
- Eliminar o reducir las vías de ingreso a espacios cerrados. Debe tenerse en cuenta que toda abertura superior a 3 centímetros de diámetro constituye una potencial vía de ingreso. Por ello se recomienda arreglar los deterioros de mampostería, vidrios rotos y chapas en mal estado. Además, es conveniente mantener tapados los ventiladores, ductos pluviales y cloacas con sus respectivas tapas. Asegurar el correcto cierre de ventanas y portones.
- Estibar correctamente la mercadería en los depósitos. Esto evita que los roedores los utilicen como refugio o bien como alimento. Toda la mercadería se debe estibar sobre pallets no inferiores a 30 centímetros de altura y a una distancia aproximada de 30 centímetros con respecto a las paredes.

2.3.2 Control directo: rodenticidas

El control directo de los roedores se basa principalmente en la utilización de productos químicos rodenticidas. Los últimos rodenticidas desarrollados en el mundo son los anticoagulantes superwarfarínicos de tipo monodósico o de ingesta única (esto implica que una sola ingesta es suficiente para provocar la muerte del roedor). Estos anticoagulantes, al ser ingeridos, inhiben la síntesis de la protrombina generando hemorragias internas que provocan debilitamiento, dificultades para respirar, inmovilidad y finalmente la muerte del roedor. Este proceso puede durar de 3 a 5 días y generalmente ocurre lejos del rodenticida, lo cual evita que el resto de la población de roedores de la planta desarrolle aversión al producto.

2.3.2.1 Criterios para la elección del rodenticida

El criterio general para la elección del rodenticida es procurar la alternativa que resulte más eficaz para el problema particular y, a la vez, la más segura para los consumidores, los operarios y el medioambiente, todo lo cual se define en la etapa de Programación. En particular, es importante considerar los siguientes aspectos:

- Alta palatabilidad (es decir, un producto rodenticida elaborado con proteínas de alta calidad) dado que el rodenticida debe competir con el alimento que consume el roedor en ese lugar.
- Adecuada calidad física de la formulación. Esto significa una amplia tolerancia a factores ambientales como humedad, lluvias y calor intenso. Por ejemplo, en productos formulados con elevada cantidad de parafina las altas temperaturas afectan al ingrediente activo pues el polvillo se adhiere fácilmente y reduce la palatabilidad. Por su parte, la elevada humedad ambiente en formulaciones higroscópicas puede deteriorar el cebo en poco tiempo.
- Óptima relación costo-dosis-eficacia. Esto implica comparar los costos de los productos rodenticidas pero teniendo también en cuenta la dosis, la eficacia y la mano de obra requerida. Por ejemplo, un producto más económico por kilogramo pero que requiere dosis elevadas y una reposición frecuente es más costoso que otros de bajas dosis y menor frecuencia de reposición. Téngase en cuenta que en el mercado existe una amplia variedad de formulaciones, con diferentes dosis sugeridas por punto de cebado que van desde los 12 - 20 gramos en bloques parafinicos, pellets de 60 a 100 gramos y hasta 200 a 400 gramos por punto de cebado, cuya reposición establecida por el fabricante va cada 3 días hasta 7 días.
- El principio activo debe estar registrado en el registro correspondiente según el uso que se le dará (registro SENASA, SENASA APAC y/o ANMAT).
- El respaldo técnico detrás de cada producto y la posibilidad de contactar a la empresa proveedora para ajustar el criterio de aplicación de acuerdo a la realidad ambiental, social y productiva del lugar.

En cuanto a la seguridad del producto rodenticida para los operarios y el medioambiente es necesario considerar lo siguiente:

- El Programa de Control del Roedores debe contemplar la seguridad de las acciones dentro de su estrategia, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y la exposición accidental de las personas. Para ello se debe

realizar un uso adecuado y profesional de la herramienta química, que requiere de una adecuada capacitación de los operarios que ejecutan el Programa de Control de Roedores.

- La aplicación de los cebos rodenticidas debe realizarse por personal capacitado previa lectura y comprensión de las instrucciones y normas de seguridad de la etiqueta del producto. En las etiquetas debe ser claramente legible el número de inscripción, número de lote, fecha de vencimiento, datos de la compañía fabricante, antídoto y teléfonos en caso de emergencias. Adicionalmente se debe contar con la Hoja de Seguridad del producto (MSDS). (Ver Capítulo III, Sección de Productos Fitosanitarios).
- Siempre utilizar guantes para el manipuleo del rodenticida así como la ropa de protección de acuerdo con la descripción de la etiqueta correspondiente. Además de proteger al operario, esto ayuda al control de los roedores ya que su olfato agudo les permite detectar incluso trazas de productos, que los disuaden de ingerir el rodenticida. Del mismo modo se debe tener cuidado en la etapa de transporte, almacenaje y manipuleo de los rodenticidas para evitar contaminaciones con otras sustancias que puedan disminuir la eficacia.
- Si bien se exige desde la autoridad que los cebos incluyan un amargante disuasivo para seres humanos en la formulación, se debe asegurar que éstos no posean saborizantes o esencias (vainilla, frutilla o chocolate) que resulten atractivos para las personas, principalmente niños.
- La formulación debería incluir un colorante hidrosoluble que tiña con claridad las heces y mucosas, ya que no siempre el rodenticida coloreado tiñe suficientemente las heces de animales no objetivos. Una detección temprana de consumo accidental por un animal no objetivo permite derivarlo al veterinario a tiempo para administrar el antídoto correspondiente.
- No utilizar formulaciones que fueron prohibidas como las líquidas, pasta, polvo y pastillas fumígenas a base de fosforo metálico, entre otros (Resolución 774/2004 del Ministerio de Salud).
- Se recomienda conservar o almacenar el rodenticida en un lugar bien cerrado, seco, sin fluctuaciones de temperaturas, en su empaque original y alejado del alcance de los niños o personas inexpertas.
- Mantener los cuidados con relación al transporte del rodenticida que están descriptas en la etiqueta de cada producto. No transportarlo con otros alimentos, ni contaminarlo con sustancias que puedan afectar el olor o palatabilidad.

2.3.2.2 Colocación de cebos rodenticidas y monitoreo

La estrategia de colocación de los cebos se basará en la o las especies de roedores presentes (*Rattus norvegicus*, *Rattus rattus* y *Mus musculus*) ya que cada especie posee un patrón de comportamiento diferente. Recuérdese que *Rattus norvegicus* habita en los estratos inferiores (a nivel de piso y galerías subterráneas), *Rattus rattus* en estratos superiores (entretechos y pisos superiores) y *Mus musculus*, muy cerca de la fuente de alimento. La determinación de las especies presentes se habrá definido en la etapa de Diagnóstico.

La distancia adecuada entre estaciones de cebado depende del Anillo de trabajo, el nivel de infestación y de la probabilidad de que los roedores puedan ingresar por los diferentes flancos. Siempre se debe leer y seguir las instrucciones de la etiqueta del producto para establecer las distancias correctas. A modo de orientación general, la distancia entre cebos en el Anillo externo puede ser entre 10 metros y 20 metros; en los Anillos intermedio e interno la distancia puede ser entre 5 y 10 metros. En bolsas plásticas, se los debe colocar cerca de la base, cada 5 a 10 metros, y en cada extremo. Es muy importante retirarlos antes de proceder a la extracción de la bolsa, para evitar un mezclado accidental con el grano.

Nunca se debe colocar el cebo descubierto directamente sobre la superficie. Por el contrario, se debe introducir el cebo dentro de estaciones de cebado rígidas, que son cajas o tubos de plástico rígido o PVC de unos 40 centímetros de largo y con 2 aberturas de aproximadamente 10 centímetros de diámetro ubicados en extremos opuestos. Esto permite que el roedor -aun el adulto de mayor tamaño- pueda acceder (Fig. 2.8) y simultáneamente evita que animales no objetivo entren en contacto con el producto. En el interior de la estación de cebado, el cebo debe estar preferentemente atado y debe controlarse periódicamente su estado. Las estaciones de cebado deben estar etiquetadas con la palabra VENENO.

Asimismo, las estaciones de cebado deben estar bien mantenidas y colocadas de manera firme sobre el piso y

contra la pared o alambrado perimetral. Se debe mantener el césped corto y la zona circundante a la estación de cebado sin ningún tipo de obstrucción, para ayudar a mantenerlas activas. Para una mejor organización del monitoreo y la reposición, se debe numerar las estaciones de cebado de forma correlativa y ubicarlas en un croquis que permita identificarlas fácilmente.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que no se podrá ubicar cebos rodenticidas dentro de recintos donde se guarda el grano a granel por el peligro de contaminación. Únicamente se podrá colocar cebos rodenticidas en galpones donde el grano se guarda embolsado.

Figura 2.8

Ejemplo de estación de cebado.



Fuente: INTA

Simultáneamente, se debe guardar registros del monitoreo de estaciones de cebado para analizar la evolución del Programa Control de Roedores (esto corresponderá a la etapa de Monitoreo). Se debe registrar si el cebo fue consumido o no y/o si fue necesario reemplazarlo por deterioro. Un modelo de Planilla de Monitoreo de Roedores se ofrece en el Anexo II.

Se recomienda complementar el monitoreo de los cebos con la búsqueda de otros signos de actividad de roedores ya que la utilización del rodenticida, a pesar de su probada eficacia, no implica garantía de control. Esto se debe a que pueden ocurrir falsos negativos, por ejemplo cuando hay roedores presentes en la planta de acopio que no consumen los cebos debido a la abundancia de alimento disponible, especialmente de granos. En otros casos, el cebo es consumido por hormigas, babosas y otros insectos que confunden la interpretación de la situación. Así, se debe buscar presencia, madrigueras activas, excrementos, etc.; y pueden ser requeridos monitoreos nocturnos. La frecuencia de monitoreo y revisión de estaciones de cebado y cebos puede ser semanal, quincenal o mensual. Esto dependerá de la fase del Programa de Control (ataque o prevención) y de la evolución de los Índices de Performance. Se podrá comenzar con una frecuencia de monitoreo mayor y disminuirla a medida que se detecte una disminución en la población de roedores. Si el cebo utilizado es de buena calidad, está correctamente colocado y es consumido, se podrán observar excrementos coloreados (si el producto posee colorante hidrosoluble) e inclusive la consecuente mortalidad.

Finalmente, retirar los roedores muertos es también parte del control. Un roedor en proceso de descomposición

es un atractivo para aves y otros predadores así como moscas que pueden aumentar el nivel de contaminación del ambiente. Los roedores deben recolectarse diariamente usando guantes, colocarse en doble bolsa de polietileno y enterrarlos adecuadamente o pueden incinerarse. Nunca dejar los cadáveres en el terreno.

2.4 Bibliografía consultada para esta Sección

- BROOKS, J. & LAVOIE, K. 1990. Rodent control will reduce post-harvest losses. Structure design, sanitation and direct control examined. En: http://www.aphis.usda.gov/wildlife_damage/nwrc/publications/90pubs/90-4.pdf
- BTS. Sin fecha. Control de roedores. En: <http://www.bts.cl/pdf/btsinforma/BIOLOGIA%20Y%20CONTROL%20DE%20ROEDORES.pdf>
- CASINI, C., SANTA JULIANA, M. & HOYOS, M. Sin fecha. Control de plagas en granos almacenados. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>
- RICCI, M. & PADÍN, S. Sin fecha. Roedores transmisores de enfermedades: medidas de prevención y control. En: <http://es.scribd.com/doc/85397867/roedoresPrevencion>
- YANUCCI, D.; LAZZARI, F. & COTO, H. 2001. Control integrado. Insectos, ácaros, hongos y roedores en postcosecha de granos y semillas. Buenos Aires: Granos & Postcosecha Latinoamericana, de la Semilla al Consumo.

Capítulo III

Seguridad y Salud Ocupacional en la Poscosecha de Granos



Seguridad y Salud Ocupacional en la Poscosecha de Granos

El manejo de los granos durante la poscosecha, como toda actividad industrial, presenta riesgos para los trabajadores de las instalaciones de almacenamiento. Tales riesgos incluyen contacto con productos fitosanitarios, incendios y explosiones por acumulación de polvo, atrapamiento en masas de granos, caídas desde altura y lesiones provocadas por equipamiento y maquinaria, entre otros.

La gestión de la seguridad y la salud ocupacional en la poscosecha de granos resulta entonces fundamental. Por gestión de seguridad y salud ocupacional se entiende a la suma de todas las acciones que se llevan a cabo para asegurar el desarrollo de una tarea en condiciones seguras tanto para las personas como para los bienes, y para garantizar la salud de los trabajadores.

IMPORTANTE: todo establecimiento está obligado a cumplir con la legislación vigente, también en materia laboral y de Higiene y Seguridad en el trabajo. Asimismo, todo establecimiento debería contar con un responsable de Seguridad y Salud Ocupacional debidamente capacitado quien será el encargado de realizar los análisis preventivos de los riesgos, de establecer cuáles son las medidas de seguridad necesarias para lograr un ámbito de trabajo seguro en cada organización en particular y de garantizar que todas las personas afectadas a la organización comprendan tales riesgos y medidas de seguridad. Las recomendaciones que se ofrecen en este Manual son de carácter general y están supeditadas a la legislación vigente. La ley es lo primero.

Todo sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional se basa en el análisis preventivo de los riesgos destinado simultáneamente a:

1. Evitar conductas de riesgo de los trabajadores
2. Adecuar, cuando sea posible, la infraestructura de las instalaciones a procedimientos de trabajo seguro
3. Cuando la instalación no permita modificaciones, analizar los riesgos de la tarea para evaluar la necesidad de uso de elementos de seguridad para que la tarea sea segura y no ponga en riesgo la salud del trabajador.

Fundamentalmente, todas las personas afectadas a las actividades deben estar capacitadas en cada uno de estos tres aspectos. Sólo de esta forma será posible lograr un ámbito de trabajo seguro.

Una adecuada gestión de la seguridad y salud ocupacional proporciona múltiples beneficios, entre los cuales se destacan:

- Disminución de costos e inconvenientes legales derivados de accidentes
- Disminución de riesgo por daño patrimonial
- Reducción de días de inactividad de los trabajadores derivados de licencias por accidentes
- Mejora del ambiente de trabajo
- Imagen más positiva de la empresa para los empleados, los clientes y la comunidad en general
- Mayor tranquilidad, dado que existe una gestión apropiada de los riesgos laborales

La seguridad se hace entre todos. Es un derecho y una responsabilidad de los trabajadores, independientemente de su jerarquía dentro de la empresa.

Es importante destacar que condiciones apropiadas del grano para un almacenaje prolongado (resumidas en la premisa tradicional “frío, seco, sano y limpio”) están estrechamente relacionadas con la gestión de la seguridad y la salud ocupacional, dado que:

- Se requiere una menor frecuencia de ingreso a silos y, por lo tanto, disminuye el riesgo de atrapamiento en masa de cereal, de exposición a hongos, mohos y esporas y a condiciones peligrosas de la atmósfera.
- Al disminuir la necesidad de movimiento de la mercadería se producirá una minimización de los riesgos de explosiones por polvo.
- Se reduce la necesidad de utilizar sustancias fitosanitarias y, de esta forma, se evita una exposición innecesaria de los trabajadores a estos productos.

A continuación se ofrecen algunas recomendaciones para la gestión de la seguridad y la salud ocupacional en la poscosecha de granos.

1. Gestión de la seguridad y la salud ocupacional: desarrollando un Plan de Acción

La gestión de la seguridad y salud ocupacional debe plasmarse en un Plan de Acción a medida del establecimiento generado por el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional, que permita traducir las buenas intenciones en acciones concretas. A modo de ejemplo, un Plan de Acción podría plantearse de la siguiente forma:

Plan de Acción para la gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional

Paso 1. Identificar y realizar un listado de todos los riesgos presentes a la actividad que se analiza. Algunos ejemplos son:

- encendido accidental de maquinaria y equipamiento
- riesgo eléctrico
- caídas por trabajos en altura
- caídas por aberturas en pisos y paredes
- trabajos en espacios confinados
- incendios y explosiones
- productos fitosanitarios
- ingreso de visitas, clientes y proveedores

Paso 2. Establecer un “ranking” de los riesgos. El primer caso del ranking será aquel que presente el de mayor impacto, con la mayor probabilidad de ocurrencia.

Paso 3. Identificados los riesgos en función del criterio anterior, se establece donde debe enfocarse primero la atención.

Paso 4. Evaluar los recursos disponibles para implementar el Plan de Acción, y asociar a cada riesgo los recursos y medios necesarios.

Paso 5. Formalizar por escrito programas, políticas y procedimientos de seguridad y salud ocupacional.

Paso 6. Comunicar los programas, políticas y procedimientos de seguridad y salud ocupacional a todos los trabajadores de la planta de almacenamiento de granos. Capacitarlos para su correcta interpretación y ejecución. De nada sirve el desarrollo de programas, políticas y procedimientos si estos documentos no son comunicados eficazmente a los trabajadores, proveedores y clientes

Paso 7. Realizar auditorías internas, dado que permiten el control y seguimiento de las acciones desarrolladas. Registrando los desvíos y analizando los resultados de estas auditorías es posible establecer los puntos a reforzar.

Paso 8. Repetir los pasos 1 a 7 periódicamente, a medida que se modifiquen las prioridades.

En las siguientes secciones se listan los riesgos más frecuentes en plantas de acopio de granos enumerados en el

Paso 1 del Plan de Acción y algunas recomendaciones de seguridad correspondientes para cada uno.

2. Principales riesgos y recomendaciones para su prevención

2.1 Encendido accidental de maquinaria y equipamiento

En las operaciones típicas de las plantas de acopio, los empleados corren el riesgo de lesionarse por encendido accidental o por liberación imprevista de energía almacenada de las maquinarias (por ejemplo, de energía almacenada en capacitores). Estos accidentes son particularmente frecuentes durante los servicios y las tareas de mantenimiento de maquinarias y equipos.

Muchos de estos accidentes pueden ser prevenidos utilizando un procedimiento de trabajo seguro denominado “Colocación de candado/Etiquetado”. El procedimiento de Colocación de candado/Etiquetado se aplica para garantizar que la máquina o equipo se encuentra apagado y completamente aislado de toda fuente de energía previamente a la realización de cualquier tarea de mantenimiento o servicio.

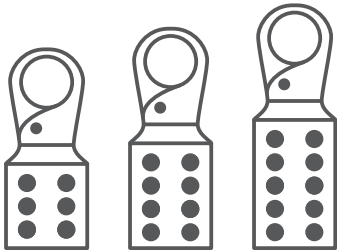
Más específicamente, el procedimiento consiste en colocar algún tipo de dispositivo capaz de bloquear de forma efectiva la energización y señalizarlo de forma evidente. Un ejemplo de esto es la colocación de un candado en un interruptor y luego la colocación de una etiqueta perfectamente visible, señalando la prohibición de encendido o conexión a la fuente de energía. Mientras el candado y la etiqueta permanezcan en el equipo o máquina, éstos permanecerán bloqueados evitando riesgos de encendido accidental. (Figs. 2.1 y 2.2).

Figura 2.1

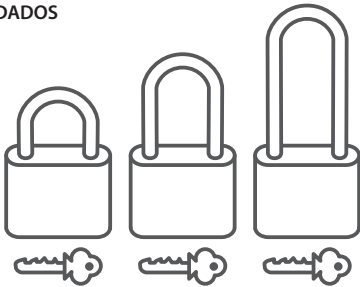
Equipamiento de bloqueo y etiquetado

Ejemplos de dispositivos utilizados para bloquear equipos y etiquetas especialmente diseñados para el procedimiento de “Colocación de candado / Etiquetado”.

CANDADOS MÚLTIPLES



CANDADOS



PRECINTOS



ETIQUETAS



SEÑALIZACIÓN



VALIJA

Se recomienda guardar los dispositivos de “Colocación de candado / etiquetado” en un maletín reservado para ese destino.



Fuente: elaboración propia

Si bien cada planta de acopio de granos posee particularidades que se manifiestan durante el proceso de análisis de riesgo, es posible enunciar que las tareas básicas que requieren de la aplicación, sin excepción, de este procedimiento son:

- Trabajos con máquinas: por ejemplo, reparación y mantenimiento de cintas transportadoras, sinfines, norias, vehículos y ventiladores.
- Trabajos con electricidad: por ejemplo, trabajo con líneas de tensión, interruptores, cajas eléctricas, etcétera.
- Trabajos con materiales peligrosos: reparación y mantenimiento de bombas, tanques, cañerías, equipos de aplicación de fitosanitarios y cualquier otro contenedor que posea sustancias inflamables, ácidas, alcalinas, vapores peligrosos y cualquier líquido o gas peligroso.
- Trabajos en espacios confinados: por ejemplo, en silos y celdas el procedimiento de colocación de candado/etiquetado debe aplicarse a equipos de carga o descarga de granos mientras permanezcan trabajadores en el lugar.

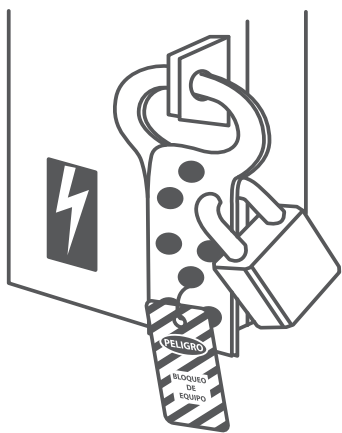
La Colocación de Candado/Etiquetado es uno de los procedimientos de seguridad más importantes, que tanto empleados como empleadores deben comprender y aplicar estrictamente.

En caso que el procedimiento de Colocación de Candado/Etiquetado involucre a más de un operario autorizado (por ejemplo, cuando el operativo abarca varios turnos de trabajo), se debe asegurar que el procedimiento no se interrumpa en ningún momento. Si un operario debe retirarse cuando el procedimiento está en marcha, no debe quitar el candado ni la etiqueta hasta que otro operario autorizado haya colocado los suyos y esta información deberá constar en el permiso de trabajo. A su vez, los operarios no deben compartir la llave de un mismo candado, sino que cada uno debe poseer candados diferentes.

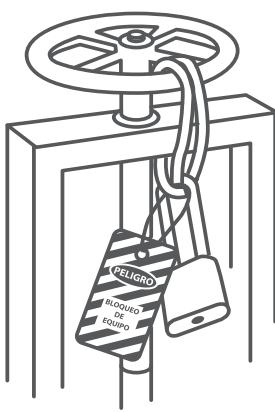
Figura 2.2

Ejemplos de la utilización del procedimiento de Colocación de candado/etiquetado:

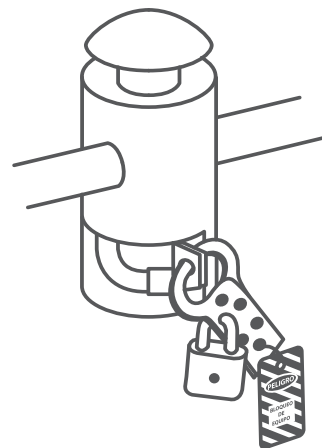
Interruptor eléctrico



Válvula



Válvula neumática



Fuente: elaboración propia

Además de contar con un procedimiento formal de Colocación de Candado/Etiquetado, es indispensable capacitar a los trabajadores para que comprendan la importancia de la ejecución correcta de este procedimiento. Asimismo, se recomienda realizar inspecciones periódicas de los procedimientos de Colocación de Candado/Etiquetado (por lo menos una vez al año), para asegurarse de que los mismos son ejecutados de acuerdo a lo establecido y para detectar desvíos y la necesidad de actualizaciones. Un modelo de procedimiento de Colocación de Candado/Etiquetado se ofrece en el Anexo III.

2.2. Riesgo eléctrico

Las descargas eléctricas pueden causar quemaduras, shocks y hasta la muerte por electrocución. Por lo tanto es fundamental prevenir los riesgos asociados al trabajo con electricidad. Para ello, se debe tomar como mínimo las siguientes precauciones básicas:

- Cualquier tarea que involucre riesgo eléctrico deberá efectuarse por personal idóneo y habilitado, basándose en procedimientos de Colocación de candado/Etiquetado para el bloqueo de toda fuente de alimentación energética. Nunca reparar cables o equipo eléctrico a menos que se esté cualificado y autorizado.
- Se debe garantizar la puesta a tierra de tableros, masas de máquinas y equipos y la verificación periódica de las mismas.
- Se recomienda el uso de disyuntores diferenciales.
- Se recomienda tener las instalaciones en óptimo estado evitando cables sueltos, fichas, tomas y accesorios en mal estado.
- Los establecimientos expuestos a descargas atmosféricas deberán contar con instalaciones de protección con tomas a tierra independientes de cualquier otra.
- Siempre asumir que todos los cables aéreos están energizados (vivos) a voltajes fatales. Nunca asumir que se puede tocar un cable de manera segura aun si está fuera de servicio o parece que está aislado.
- Un primer sistema de protección contra el riesgo eléctrico es el aumento de
- resistencias de entrada y salida de la corriente en el cuerpo, mediante calzado y guantes adecuados, esterillas, banquetas aislantes, etc.
- Nunca tocar una línea de energía eléctrica que se haya caído. Llamar inmediatamente a la compañía de servicio eléctrico para reportar líneas eléctricas caídas.
- Mantenerse al menos a 10 pies (3 metros) alejado de cables aéreos durante limpiezas y otras actividades. Si se está trabajando en altura o manejando objetos largos, antes de comenzar a trabajar evaluar el área para detectar la presencia de cables aéreos.
- Tener en cuenta que el riesgo de sufrir un accidente eléctrico aumenta con el agua. Nunca operar equipos eléctricos sobre superficies mojadas o con herramientas húmedas.

2.3. Caídas por trabajo en altura

Las caídas debidas a trabajos en altura pueden causar serias lesiones e incluso la muerte de una persona. En particular, toda tarea que se realiza a una altura igual o superior a 1,8 metros del piso (o de la superficie inmediatamente inferior) se considera trabajo en altura. El ascenso a silos y celdas u otras estructuras de transporte de grano generalmente se encuadran dentro de la categoría de trabajo en alturas. Durante la realización de estas tareas se deben tomar precauciones para evitar accidentes, entre ellas:

- Generar permisos de trabajo especiales para trabajos en altura, previo análisis de los riesgos específicos a los que se expone el trabajador.
- Realizar el trabajo acompañado por otra persona, que pueda brindar asistencia en caso necesario.
- Utilizar arnés de cuerpo completo y cabo de vida firmemente sujeto a una estructura resistente.
- En caso de condiciones climáticas adversas (viento, neblina, lluvia o falta de visibilidad), posponer la actividad.
- Verificar la existencia de líneas eléctricas cercanas a la estructura y el lugar de trabajo. En caso de existir alguna, deberá ser desenergizada por personal habilitado para tal fin teniendo en cuenta el procedimiento de Colocación de Candado/Etiquetado.
- Utilizar elementos para portar las herramientas de trabajo (por ejemplo cajas, maletines y cinturones) para evitar que éstas rueden, caigan o hagan resbalar a la persona.
- Inspeccionar atentamente cualquier tipo de escalera antes de su uso prestando atención a las grietas, rajaduras, estado de los escalones, etc. Tener en cuenta que la pintura y el barniz disimulan defectos.
- Las escaleras deben estar libres de grasa y aceite. La suciedad puede causar resbalones y caídas y también oculta defectos.
- Las escaleras exteriores verticales de acceso a los recintos de acopio deberán estar provistas de una estruc-

- tura exterior de tipo cilíndrica (guarda-hombre) a partir de los dos metros de altura para evitar caídas.
- En tareas con riesgo eléctrico, no se podrán utilizar escaleras metálicas bajo ningún punto de vista, no sólo por contacto directo con la fuente de electricidad, sino también por riesgo de cualquier movimiento cerca de conductores eléctricos. Al trabajar al aire libre, tener en cuenta que cualquier clase de escalera húmeda es conductora de electricidad.
 - Todo tipo de escalera que se emplee deberá tener zapatas anti-deslizantes o sistemas de anclajes que impidan su desplazamiento. Tener en cuenta que las zapatas sufren un desgaste con su uso, verificar la necesidad de recambio de las mismas.
 - Cumplir siempre con la Regla de los Tres Puntos para ascender o descender de una escalera “Siempre mantener contacto en tres puntos de una escalera: ambos pies y una mano, o ambas manos y un pie.”

2.4. Caída por aberturas en pisos y/o paredes

La presencia de aberturas en pisos y paredes conlleva el riesgo de caída de personas. Se deben tomar precauciones para evitar dichas caídas, entre ellas:

- Las aberturas en el piso se deben proteger por medio de cubiertas sólidas que permitan transitar sobre ellas y, de corresponder, que soporten el paso de vehículos. No deben constituir un obstáculo para la circulación, debiendo sujetarse con dispositivos eficaces que impidan cualquier desplazamiento accidental. El espacio entre las barras de las cubiertas construidas en forma de reja no debe superar los cinco centímetros (5 cm).
- Cuando no sea posible el uso de cubiertas, se debe proteger las aberturas por medio de barandas de suficiente estabilidad y resistencia en todos los lados expuestos. Dichas barandas deben ser de un metro de altura (1 m), con travesaños intermedios y zócalos de quince centímetros (15 cm) de altura.
- Las aberturas en las paredes al exterior con desnivel que presenten riesgo de caída de personas también deben estar protegidas por barandas, travesaños y zócalos, tal como se describió en el punto anterior.
- Se debe identificar y señalizar todos los lugares que presenten riesgo de caída de personas y la instalación de adecuadas protecciones.

2.5. Espacios confinados

Un riesgo característico de plantas de acopio de granos es el trabajo dentro de espacios confinados. Podemos definir espacio confinado a cualquier lugar que no ha sido diseñado para el ingreso de personas, con aberturas de ingreso/egreso limitadas y ventilación deficiente, la cual puede causar la disminución de la concentración de oxígeno o la acumulación de gases tóxicos. En las plantas de acopio de granos podemos clasificar como espacio confinado a los silos, celdas, depósitos, pozos de noria, tanques, vagones, cajas de camión, alcantarillas, túneles y fosos.

Los espacios confinados deben estar perfectamente señalizados (Fig. 2.3) y siempre que sea posible deberá evitarse el ingreso. No obstante, si esta situación es inevitable, deberán ser tomadas las medidas de seguridad necesarias para minimizar riesgos.

Figura 2.3

Señalización para espacios confinados



Fuente: elaboración propia

2.5.1. ¿Cuántas personas se necesitan para ingresar a una estructura de almacenamiento de granos?

Para desarrollar tareas dentro de cualquier espacio confinado (entre ellos, las estructuras de acopio de granos) como mínimo será necesaria la presencia de dos trabajadores: uno de ellos realizará el trabajo dentro del recinto y el otro actuará como observador desde el exterior. Adicionalmente, el supervisor responsable debe estar en perfecto conocimiento de la operación, emitiendo un permiso de trabajo escrito para el ingreso a espacios confinados.

La misión del observador es vigilar a su compañero que se encuentra dentro del espacio confinado y solicitar ayuda en caso de emergencia, pero bajo ninguna circunstancia deberá ingresar al recinto. El observador no debe efectuar otras tareas que interfieran con su responsabilidad primordial, ni está autorizado a abandonar el lugar asignado excepto que sea reemplazado por otra persona, a la cual ha de comunicarle expresamente su misión.

Es primordial el entrenamiento previo del observador para que pueda desempeñar correctamente su función. El observador debe estar entrenado para detectar rápidamente si su compañero está en problemas, pues en este tipo de accidentes suele disminuir la capacidad de reacción de la víctima, incluso hasta perder la conciencia. Además, debe conocer el procedimiento de emergencia y estar entrenado para ejecutarlo con rapidez (una propuesta de Plan de Emergencia se ofrece en la Sección 4.3)

Por último, para una tarea efectiva, el observador debe ser capaz de comunicarse permanentemente con el trabajador que está dentro del espacio confinado. En espacios grandes debe utilizar radio o megáfono, mientras que en espacios pequeños la comunicación verbal puede ser suficiente si no existen otros ruidos que interfieran.

2.5.2 Atmósferas peligrosas

Las estructuras de acopio de granos (silos o celdas) pueden presentar atmósferas peligrosas debido a una concentración de oxígeno no adecuada para la vida humana y/o a la presencia de sustancias tóxicas (fosfina, vapores de fitosanitarios líquidos y sólidos y gases provenientes de la descomposición de los granos). Por lo tanto, siempre se debe evaluar la condición de la atmósfera del recinto antes de ingresar y durante el trabajo en el interior y utilizar la protección respiratoria adecuada en base al análisis de riesgo realizado.

Más específicamente, la atmósfera de un espacio confinado puede resultar peligrosa por la ocurrencia de uno o más de los siguientes factores:

1. Concentración de oxígeno. Dentro de una instalación de acopio de granos, la concentración de oxígeno suele ser menor que la concentración atmosférica normal (la concentración de oxígeno normal es de 21%). Esto se debe a que los granos y el resto de los componentes vivos del granel respiran y consumen el oxígeno. Por lo tanto, se debe realizar mediciones de concentración de oxígeno por medio de un oxímetro antes de ingresar al recinto. Por debajo de 19,5% de oxígeno, únicamente se permite ingresar con un equipo autónomo con suministro de aire (Tabla 2.1).
2. Presencia de gases tóxicos. La acción de los microbios del granel genera gases metabólicos que pueden resultar tóxicos para las personas por encima de un determinado umbral de concentración (por ejemplo, dióxido de carbono, amoníaco, óxido nitroso, metano, entre otros). También puede haber presencia de vapores emanados por los fitosanitarios aplicados al grano o gases producto de la fumigación.
3. Presencia de alérgenos. El polvillo, los hongos y sus esporas pueden causar reacciones alérgicas.
4. Presencia de compuestos inflamables. Bajo determinadas condiciones la presencia de polvo de granos puede producir atmósferas inflamables y explosivas (ver Sección 2.3.5).

Para evitar los riesgos derivados de atmósferas peligrosas, será responsabilidad de quien tenga a cargo la tarea de gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional:

1. Identificar las diferentes sustancias contaminantes dentro del espacio confinado y sus correspondientes concentraciones, para determinar el grado de riesgo al que pueden estar expuestos los trabajadores.
2. En función de los parámetros determinados en el punto anterior y del tiempo que demandará la tarea, se establecerá cuál es el equipo de protección respiratoria adecuado para cada tarea.

Tabla 2.1

Diferentes concentraciones de oxígeno y sus efectos sobre la salud humana.

Oxígeno disponible (porcentaje)	Efectos sobre la salud / Observaciones
23.5	Atmósfera enriquecida en oxígeno: peligro de explosión. No es una situación frecuente en silos.
21	Concentración normal. Ningún efecto sobre la salud.
19,5	Atmósfera deficiente en oxígeno: mínima concentración permitida. Desde aquí y para concentraciones de oxígeno menores, es obligatorio el uso de equipos autónomos con suministro de aire.
17	Disfunción muscular, respiración rápida
12	Mareos, dolor de cabeza, fatiga rápida
9	Pérdida de conciencia.
7- 6	Muerte en minutos.

Fuente: New York State Office of Fire Prevention and Control, 2004.

3. Verificar que únicamente se utilicen equipos de protección respiratoria certificados. Además, verificar que se utilice la misma marca comercial de máscara (ya sea semi-máscara o de rostro completo) y filtros, ya que los equipos de protección respiratoria están diseñados como un conjunto de elementos aunque se comercialicen separadamente.
4. Impartir a los trabajadores la capacitación teórica y práctica sobre cómo colocarse correctamente el equipo de protección respiratoria y sobre las pruebas rápidas que deben realizar antes de ingresar al lugar de riesgo para verificar la hermeticidad de dicho equipo.
5. Proporcionarle al trabajador toda la información necesaria para que comprenda las instrucciones, advertencias, limitaciones de uso y tiempo del equipo de protección respiratoria, y cómo conservarlo en adecuadas condiciones de limpieza.

Asimismo, el servicio médico del establecimiento deberá realizar los exámenes médicos para determinar la aptitud psico-física y la capacidad respiratoria de cada uno de los empleados que deban utilizar equipos de protección respiratoria.

Los equipos de protección respiratoria contribuyen a reducir la exposición a ciertos contaminantes atmosféricos. El uso incorrecto puede ser causa de enfermedad o muerte.

2.5.3. Atrapamiento en la masa de granos

El atrapamiento de trabajadores en masas de granos almacenados en silos y celdas ocurre mayormente en tres circunstancias: durante la descarga del grano, por encostramiento del grano y por avalancha.

El atrapamiento durante la descarga se produce cuando la persona se encuentra en movimiento sobre el grano y comienza la descarga del recinto. El grano que fluye hacia abajo se comporta como “arena movediza” que en cuestión de segundos puede dejar sepultada a la persona. (Fig 2.4).

El atrapamiento por encostramiento se produce generalmente cuando el grano se almacena con excesivo contenido de humedad. En esta situación, puede formarse una costra dura en la superficie del granel por la actividad de hongos. Durante la descarga del silo, se crea una bóveda o espacio vacío por debajo de esa costra; si la costra colapsa por el peso adicional del trabajador, éste puede quedar atrapado en el granel (Fig 2.4). El atrapamiento por avalancha ocurre cuando el grano que se acumula en las paredes de los silos y celdas se desprende al intenta removerlo, dejando sepultada a la persona (Fig 2.4). El atrapamiento puede producirse por otros motivos que también deben prevenirse (Fig 2.4).

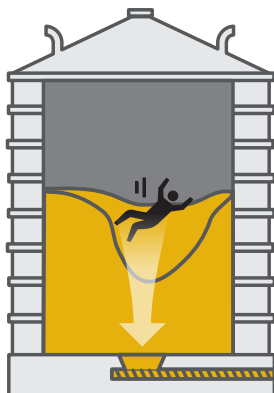
Figura 2.4

Distintas formas de atrapamiento

Nota: figura humana fuera de escala

DURANTE LA DESCARGA

Cuando la persona se encuentra sobre la superficie del granel y comienza la descarga del silo. El grano se comporta como “arena movediza” y el trabajador puede quedar sepultado.



POR ENCOSTRAMIENTO

Si prosperan hongos en el granel puede formarse una costra dura en su superficie. Durante la descarga se crea una bóveda por debajo de la costra, que cede ante el peso del trabajador dejándolo sepultado.



POR AVALANCHA

El atrapamiento por avalancha se produce cuando el grano se compacta en las paredes de silos y celdas y se desprende masivamente al intentar removerlo, dejando sepultada a la persona que está trabajando.



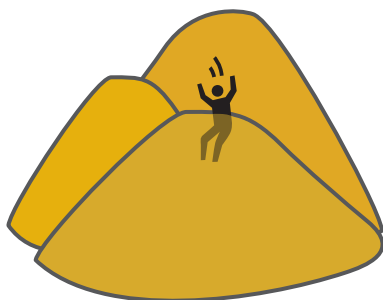
APERTURA IMPREVISTA

Ocurre ante una apertura accidental de alguna abertura del silo de almacenaje.



EN UNA PILA DE GRANOS

Por movimientos de la masa de granos durante un mal manejo.



DURANTE LA UTILIZACION DE UNA ASPIRADORA DE GRANOS

Si se forman paredes muy verticales de grano durante la extracción estas se pueden desmoronar imprevistamente dejando sepultado al trabajador



Fuente: elaboración propia

Para evitar el atrapamiento en granos:

- Generar permisos de trabajo especiales para tareas en espacios confinados previa evaluación de los riesgos a los que se expone el trabajador que debe ingresar.
- Apagar y desconectar todos los equipos de carga y descarga y cualquier otro equipo que pudiera poner en riesgo la vida del trabajador, aplicando el procedimiento de Colocación de Candado/Etiquetado.
- Utilizar arnés y cabo de vida firmemente asegurado a una estructura resistente, para que el equipo de rescate pueda izar al trabajador en caso de emergencia.
- Si el silo/celda posee escaleras internas, utilizarlas como punto de apoyo para evitar que todo el peso del trabajador descansa sobre la masa de granos.
- Almacenar grano seco, para prevenir encostramiento y avalanchas.
- No caminar sobre el grano para despegarlo.
- No ingresar si se sospecha que el grano está encostrado en la superficie o sobre los laterales.

2.5.4. Temperaturas elevadas

Los espacios confinados en donde se almacenan granos pueden presentar temperaturas elevadas, incompatibles con un ambiente de trabajo seguro para las personas.

Para evitar golpes de calor:

- Verificar la temperatura del recinto antes de ingresar. No hacerlo si la temperatura es mayor a 40°C.
- Estar entrenado para reconocer signos y síntomas del golpe de calor. Generalmente, las personas que están sufriendo un golpe de calor no están en condiciones de identificar de dónde proviene su malestar. Estar atento a los compañeros e inmediatamente remover a aquél que presente síntomas de golpe de calor.
- Trabajar en equipo. Asegurarse que se cuenta con la suficiente cantidad de trabajadores autorizados para rotar en turnos si fuera necesario.
- Beber mucha agua.
- Planificar las tareas, intentando realizarlas en las horas más frescas, por la mañana bien temprano o a última hora de la tarde.

2.5.5. Explosiones e incendios

El polvo de los granos que se acumula dentro de las instalaciones de almacenamiento puede crear una atmósfera explosiva. Las explosiones por elevadas concentraciones de polvo suelen tener consecuencias graves tanto para las instalaciones como para las personas, a menudo con importante número de muertos y heridos.

Conocer las causas de estos siniestros es fundamental para tomar todas las medidas de prevención correspondientes. En particular, para que una explosión ocurra, deben reunirse siete condiciones al mismo tiempo (Fig. 2.8):

- Polvo (actúa como combustible)
- Una concentración de polvo por encima del umbral de explosividad
- El polvo debe estar en suspensión
- Fuente de ignición (por ejemplo, una chispa)
- Oxígeno
- Espacio confinado (por ejemplo, un silo)
- Baja humedad relativa ambiente

Figura 2.8

Siete condiciones necesarias para una explosión por polvo de granos

Para que una explosión ocurra estas siete condiciones deben reunirse al mismo tiempo

1	2	3	4	5	6	7
Polvo de granos	Cantidad de polvo	Polvo en suspensión	Fuente de ignición	Oxígeno	Espacio confinado	Humedad
Actúa como combustible	Concentración de polvo por encima del umbral de explosividad	El polvo debe estar en suspensión, en forma de nube	Por ejemplo, una chispa o un cigarrillo	Nivel suficiente como para que se produzca la combustión	Un recinto sin aireación (por ejemplo, un silo)	Baja humedad relativa ambiente

Fuente: INTA - APOSGRAN - Universidad de Kansas, 2012

En una explosión por polvo de granos, generalmente en primer lugar se produce una explosión primaria generada por una pequeña nube de polvo, la cual provoca ondas de presión que aumentan la turbulencia del ambiente. Esto favorece que el polvo, habitualmente depositado en ciertas zonas de estas instalaciones, pase a la atmósfera en forma de suspensión, produciéndose una segunda explosión llamada explosión secundaria, que genera a su vez explosiones en cadena, liberando gran cantidad de energía y causando daños importantes. Las explosiones ocurren de forma prácticamente simultánea (separadas por fracciones de segundo), de modo que pueden escucharse como una única explosión o como una seguidilla.

En cuanto a su localización, la explosión de polvo puede ocurrir en cualquier parte de un proceso en el cual se manejen polvos: moliendas, secado, transporte, almacenamiento en silos. Estadísticamente, la zona donde se ha detectado mayor número de explosiones es la noria (o elevador de cangilones), dado que allí abunda el polvo en suspensión y el peligro de chispas es elevado, por el rozamiento y/o la desalineación de la cinta que choca contra las paredes.

En base a lo expuesto, las medidas básicas para evitar explosiones por polvo de granos radican en eliminar las fuentes de polvo y las fuentes de ignición, ya que el oxígeno y los espacios confinados son difíciles de controlar. Por lo tanto, aspectos básicos de prevención son:

1. Control de Fuentes de polvo:

- Implementar un Programa de Limpieza de instalaciones: se debe contar con un programa de limpieza sistemático y documentado, orientado a evitar la acumulación de polvo. El Programa debe contemplar especialmente las zonas de mayor riesgo, como las cercanas al elevador de cangilones, los molinos y las secadoras.
- Cuando se realiza la tarea de limpieza deberá evitarse la formación de nubes de polvo. Para ello es recomendable aplicar una aspiración en lugar de soplar.
- Contar con sistemas de captación de polvo, como aspiradoras y ciclones. Para lograr la máxima efectividad del equipamiento, se los debe mantener en buen estado y se debe entrenar a los empleados para su correcta utilización.

2. Control de Fuentes de ignición:

- Prohibir fumar en toda la planta.
- Contar con procedimientos de seguridad para operar con máquinas y equipos. Verificar su cumplimiento.
- Generar un programa de mantenimiento para asegurar el buen estado de todos aquellos equipos que posean piezas móviles que puedan producir chispas o calentamiento por rozamiento, por ejemplo, cojinetes y correas.

- Prestar especial atención al funcionamiento y el mantenimiento del elevador de cangilones (noria), controlando periódicamente el buen estado de los rodamientos y que no se produzca resbalamiento ni desalineación de la cinta, dado que esto generará calor que puede convertirse en fuego o chispas.
- No forzar equipos y/o máquinas por encima de su máxima capacidad de trabajo, para evitar el recalentamiento de los motores.
- Generar permisos de trabajo especiales para tareas en caliente (soldadura, corte, pulido, etcétera) tomando todas las precauciones para prevenir focos de incendio.
- Evitar la caída de piezas metálicas dentro del grano, ya sea durante la cosecha, el transporte, el almacenamiento o el mantenimiento de las instalaciones. Esto puede provocar fricción y chispas durante la descarga del grano y en la molienda.
- Utilizar instalaciones, equipos eléctricos y herramientas adecuadas para ambientes pulverulentos. Por ejemplo, utilizar palas de plástico o aluminio (no de acero, por el peligro de chispas) e instalación eléctrica anti-chispa.
- Avisar de inmediato ante cualquier principio de fuego a la brigada de la planta de acopio y, en caso de que esta no exista, al Departamento de Bomberos más próximo. Utilizar los equipos de extinción de incendios (matafuegos tipo ABC) únicamente si se ha recibido capacitación de cómo emplearlos.

Nótese que un Programa de Limpieza efectivo sirve para tres propósitos fundamentales a la vez: 1) evita el ataque de las plagas, contribuyendo a la buena conservación y a la inocuidad del producto, 2) disminuye el impacto ambiental de las operaciones, y 3) previene explosiones e incendios, contribuyendo a un ambiente de trabajo más seguro.

2.5.6 Síntesis: los 8 Principios Básicos para la entrada a un espacio confinado de almacenamiento de granos

- 1) Siempre que sea posible, permanecer fuera del espacio confinado.
- 2) Nunca ingresar solo. Es necesario contar con al menos dos personas para trabajar dentro de un espacio confinado: una ingresa al recinto y la otra observará desde el exterior si el compañero necesita asistencia. Ambas deben estar permanentemente comunicadas. El observador nunca debe entrar al espacio confinado para prestar auxilio, sino que cumplirá su función desde el exterior, activando el Plan de Emergencia.
- 3) Nunca ingresar sin autorización escrita emitida por el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional, previo análisis de los peligros que se enfrentan al ingresar al espacio confinado.
- 4) Seguir los procedimientos de Colocación de candado/Etiquetado para anular todas las maquinarias de carga y descarga y todos los equipos que podrían poner en peligro la vida de la persona que debe ingresar al espacio confinado.
- 5) Nunca ingresar sin entrenamiento previo. El entrenamiento apropiado del trabajador que ingresará y del observador para reconocer y reaccionar ante los peligros pueden ser la diferencia entre la vida y la muerte.
- 6) Nunca ingresar si no dispone de arnés y cabo de vida, correctamente colocados y asegurados.
- 7) Nunca ingresar sin verificar previamente el nivel de oxígeno, gases tóxicos e inflamabilidad de la atmósfera. Si es necesario, utilizar la protección respiratoria adecuada para las condiciones de la atmósfera detectadas.
- 8) Disponer de un Plan de Emergencia en caso que algo salga mal. En situaciones de emergencia, la improvisación puede significar la muerte de la persona. Se debe estar preparado para actuar rápida y organizadamente.

2.6 Sustancias Fitosanitarias

Las sustancias fitosanitarias y sus envases vacíos pueden ser tóxicos para las personas y contaminantes para el ambiente si no se los utiliza correctamente, si no se los aplica a la dosis recomendada y/o no se los almacena de manera segura. En consecuencia, siempre que se utilicen productos fitosanitarios para la prevención y el control de plagas, la seguridad debe ser un aspecto primordial.

En una planta de acopio típica, los fitosanitarios habitualmente utilizados son insecticidas y rodenticidas (también herbicidas para el control de las malezas alrededor de las instalaciones). A continuación se indica una serie de recomendaciones cuyo fin es contribuir al uso seguro de estas sustancias.

Recuérdese que la venta directa al usuario y/o aplicador de productos fitosanitarios debe estar respaldada por la Receta Agronómica, confeccionada por un asesor técnico profesional ingeniero agrónomo u otro título habilitante matriculado, según lo establezca la reglamentación pertinente.

2.6.1 Riesgo en el uso de fitosanitarios: toxicidad y exposición

El riesgo de utilizar un determinado fitosanitario depende de dos factores simultáneamente: la toxicidad y la exposición. Cuanto menos tóxico sea el producto a aplicar y menos tiempo se deba estar expuesto a su acción, menor será el riesgo para la salud de los trabajadores.

La toxicidad es la capacidad de una sustancia de causar daño a un organismo vivo. La toxicidad aguda de los productos fitosanitarios es determinada sobre la base de la "Dosis Letal 50%" (o DL50) que se define como la cantidad de una sustancia necesaria para producir la muerte del 50% de los animales de una población de prueba (por ejemplo, ratones de laboratorio). Esto implica que cuanto menor es el valor de Dosis Letal 50, mayor es la toxicidad de la sustancia.

La Dosis Letal 50 se determina para la vía oral (por ingestión de la sustancia) y dérmica (por contacto con la sustancia a través de la piel) y se expresa generalmente en miligramos de sustancia por kilogramo de peso del animal ensayado. Por su parte, la toxicidad por inhalación se determina sobre animales confinados (ratas, ratones, conejos, etc.) durante un determinado tiempo en una atmósfera conteniendo la sustancia en estudio. Se la expresa como "Concentración Letal 50%" (CL50), es decir, la cantidad de producto expresado en miligramos por litro que puede causar la muerte de la mitad de la población de los animales.

A su vez, para una misma sustancia, el efecto tóxico sobre un determinado individuo dependerá de la concentración, el vehículo, la presentación física y la persistencia.

Actualmente los fitosanitarios se dividen en 5 clases toxicológicas de acuerdo con su valor de Dosis Letal 50 (según resolución SENASA 302/2012, Tabla 2.2). Para una rápida identificación, cada clase toxicológica se asocia a un color y una leyenda de advertencia, claramente expuestos en la etiqueta del envase del producto. Las categorías toxicológicas son: EXTREMADAMENTE PELIGROSO, ALTAMENTE PELIGROSO, MODERADAMENTE PELIGROSO, LIGERAMENTE PELIGROSO Y PRODUCTO QUE NORMALMENTE NO OFRECE PELIGRO.

Tabla 2.2

Clasificación toxicológica según riesgos y valores de Dosis Letal 50 aguda de productos fitosanitarios formulados.

Clasificación toxicológica según Dosis Letal 50	Dosis Letal 50 Oral (mg/kg)	Dosis Letal 50 Dérmica (mg/kg)	Franja de color y simbología de las etiquetas
Categoría Ia EXTREMADAMENTE PELIGROSO	< 5	<50	 MUY TÓXICO
Categoría Ib ALTAMENTE PELIGROSO	5 a 50	50 a 200	 TÓXICO
Categoría II MODERADAMENTE PELIGROSO	>50 a 2000	>200 a 2000	 NOCIVO
Categoría III LIGERAMENTE PELIGROSO	2000 a 5000	>2000 a 5000	CUIDADO
Categoría IV PRODUCTO QUE NORMALMENTE NO OFRECE PELIGRO	>5000	>5000	CUIDADO

Fuente: Resolución SENASA 302/2012

■ ***Al elegir una sustancia fitosanitaria, prefiera siempre el producto de menor toxicidad.***

Con respecto a la exposición, los fitosanitarios pueden ingresar al organismo a través de tres vías:

1. vía dérmica (absorción a través de la piel o los ojos). La absorción dérmica es la vía de exposición más frecuente cuando se manipulan sustancias líquidas. La etapa de mayor riesgo de exposición para el trabajador es el momento en que se prepara la mezcla de aplicación. El grado de absorción dependerá de las propiedades del producto, su formulación y la parte del cuerpo expuesta, siendo las manos y los antebrazos las zonas de contacto más comunes. Cuando el contacto del producto es a través de los ojos, además de producirse una lesión directa por salpicaduras, el producto encuentra una vía rápida de ingreso al organismo.
2. vía respiratoria (inhalación a través de los pulmones). La exposición por inhalación ocurre durante el manejo de líquidos, polvos, sprays y fumigantes (que son gaseosos). El ingreso de los fitosanitarios a través del proceso de inhalación es la vía más rápida de intoxicación ya que la sustancia no pasa por el hígado e ingresa directamente al sistema circulatorio, distribuyéndose por todo el organismo.
3. vía oral (ingestión a través de la boca). Es la vía de ingreso menos probable salvo casos de suicidio, pero suele ocurrir cuando el aplicador se toca la boca o la cara, come o bebe mientras prepara y/o aplica el producto; y cuando se guarda el producto en un envase que no es el original, sobre todo en botellas vacías de bebida o en envases para alimentos, que llevan a la confusión y al envenenamiento de la persona.

Paralelamente, las intoxicaciones con sustancias fitosanitarias se pueden clasificar en agudas y crónicas. Las agudas son aquellas en las que una única exposición produce efectos graves sobre la salud; las crónicas son las producidas por una exposición reiterada a bajas dosis de la sustancia y cuyos efectos se ven a largo plazo.

■ ***La única manera de lograr verdadera conciencia en el uso seguro de los fitosanitarios es capacitando al personal para su correcta manipulación, aplicación, almacenamiento y descarte de envases vacíos. Una capacitación adecuada garantiza el derecho de los trabajadores a saber que manipulan sustancias peligrosas y cómo protegerse de ellas, y hace más eficiente el trabajo pues se evitan accidentes.***

2.6.2 La importancia de la Etiqueta y la Hoja de Seguridad

El primer paso para el uso seguro de los fitosanitarios es leer detenidamente y comprender la etiqueta (o marbete) del envase. La etiqueta contiene la información indispensable para manipular y aplicar correctamente el producto y además constituye un documento legal, dado que es aprobada por el organismo oficial competente.

La información de la etiqueta está estructurada de la siguiente forma (Fig. 2.9):

- A la derecha figuran las generalidades del producto y las recomendaciones de uso: clase de fitosanitario, productos registrados para el uso, dosis, equipos de aplicación, tiempo de carencia y fitotoxicidad, entre otros.
- En el centro figuran la marca, composición del producto, datos del fabricante, número de inscripción en el organismo oficial competente, número de lote y fecha de vencimiento, entre otros datos.
- A la izquierda aparecen las medidas de seguridad a mantener durante el uso del producto, recomendaciones en el almacenamiento, riesgos ambientales, clase toxicológica, primeros auxilios en caso de accidentes, antídotos, teléfonos de emergencia, entre otros datos.
- En la parte inferior se muestra la banda de color que identifica la categoría toxicológica del producto, con una leyenda de advertencia (ver tabla de referencia) y pictogramas que representan los elementos de protección personal necesarios para la manipulación y aplicación.

Adicionalmente, todo producto fitosanitario debe venir acompañado por su correspondiente Hoja de Seguridad (o MSDS, por *Material Safety Data Sheet*), provista por el fabricante. La Hoja de Seguridad contiene información importante para el responsable de la gestión de la Seguridad y la Salud ocupacional, para el trabajador y para el personal de servicios de emergencia en caso de requerirlos. La información que allí figura contempla datos físicos

Figura 2.9

1. Precauciones Leyendas
2. Medidas precautorias generales
3. Riesgos ambientales
4. Almacenamiento
5. Tratamiento de remanentes / envases
6. Derrames
7. Primeros auxilios
8. Advertencia para el medico
9. Síntomas de intoxicación aguda
10. Advertencias toxicológicas especiales
11. Consultas de intoxicación
12. Compatibilidad toxicológica

HERBICIDA

MARCA COMERCIAL

Clase de Formulación

Principio activo:..... XX.x g
Inertes y coadyuvantes c.s.p..... XXX ml

Lea Integralmente Esta Etiqueta Antes de Usar El Producto

Inscripto en la S.A.G. y A. SENASA bajo el N° XXXXX

Fabricante

Dirección: Av. Monroe 300
(1200) Buenos Aires - Argentina

Tel (54-11) 1234-5678

Fax (54-11) 2345-6789

N° Lote:XXX

Fecha de Vencimiento:XX/XXX

Industria:Argentina

Contenido Neto XXX

No Inflamable

CUIDADO

Todas las sustancias fitosanitarias se deben almacenar en sus envases originales con su etiqueta inalterada. Además deben estar disponibles las Hojas de Seguridad de todos los productos que se utilicen, en un lugar fácilmente accesible para los usuarios y para el equipo médico, en caso de emergencia.

El aplicador debe utilizar los elementos de protección personal específicos para el riesgo al que se expone de acuerdo a la sustancia fitosanitaria y el tipo de trabajo. Los elementos de protección personal adecuados serán definidos por el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional.

Tabla 2.3

Equipo de protección personal estándar para fitosanitarios y fosfuros metálicos

	Fitosanitarios Elementos de Protección Personal	Caso especial: fosfuros metálicos Protección Personal
Manos	Guantes de protección química, impermeables y resistentes - El material de guante adecuado dependerá de la naturaleza del riesgo químico y del trabajo a realizar. - Utilizarlos siempre, incluso en aquellos productos que no indican protección para manos o que sólo indican guantes impermeables. - Los guantes deben ser largos y si es posible, con puños elastizados para mayor ajuste. - Es muy importante el modo de retirar los guantes una vez usados. No utilizar guantes de látex descartables, guantes de cocina ni guantes de cuero, dado que no ofrecen protección.	Guantes de algodón, que permanecerán siempre secos
Pies	Botas impermeables de goma - Nunca introducir el pantalón dentro de la bota, para evitar que ingrese el líquido cuando se está aplicando en caso de derrame. - Deben ser de caña alta, suela dieléctrica y anti-deslizante y con puntera de seguridad. Siempre limpiarlas antes de quitarlas.	Botines de seguridad con suela anti-deslizante, dieléctrica y puntera de acero.
Cuerpo	Mameluco descartable apto para aplicación de sustancias químicas líquidas	Traje de algodón o mameluco descartable apto para exposición a polvos.
Protección Respiratoria	Semi-máscara con filtro para vapores orgánicos, tapa retenedora y pre-filtro - Se recomienda utilizarla siempre, incluso en aquellos productos que no indican protección respiratoria. - Todos los componentes del equipo de protección respiratoria deben ser de la misma marca comercial. - Seguir estrictamente las instrucciones para el uso y cuidado de la máscara y para el reemplazo de los cartuchos y filtros, para asegurar una protección óptima. - Siempre guardar los filtros en una bolsa hermética o en su caja original, alejados de la fuente de emisión. De lo contrario, se saturarán rápidamente y no cumplirán la función al momento de utilizarlos. - Una máscara con filtros, tapa retenedora y pre-filtro no ofrece protección en una atmósfera deficiente en oxígeno. Para atmósfera deficiente en oxígeno se debe utilizar un equipo autónomo de suministro de aire.	El equipo de protección respiratoria será establecido por el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional en base a la medición de la concentración de fosfina, oxígeno y otros gases contaminantes en el lugar de trabajo.
Ojos	Antiparras con visor de policarbonato anti-empañante - Utilizar antiparras no perforadas, pues ofrecen protección efectiva contra salpicaduras.	Queda cubierto por el equipo de protección respiratoria.
Cabeza	Casco - Debajo del casco podrá utilizarse la capucha del mameluco.	Casco

Luego de la aplicación, el aplicador debe:

- quitarse inmediatamente el equipo de protección personal
- si es posible, bañarse
- desechar de forma segura los elementos de protección personal descartables, limpiar y guardar los reutilizables de acuerdo con instrucciones del fabricante

Para evitar contaminación nunca se deben lavar los elementos de protección personal junto con otras prendas de uso cotidiano. Los elementos de protección personal deberían lavarse en una pileta destinada únicamente para ese fin en el lugar de trabajo, utilizando guantes para proteger las manos.

Además, el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional deberá llevar un control respecto de la vida útil de los equipos de protección respiratoria para proceder a su reemplazo cuando corresponda.

2.6.4. Almacenamiento

El correcto almacenamiento de los productos fitosanitarios contribuye a la seguridad en el uso de estos productos. A continuación se describen las características mínimas de seguridad que debería tener un depósito y pautas básicas de prevención de accidentes durante el almacenamiento de los fitosanitarios.

- Legislación: el depósito de fitosanitarios debe cumplir con la legislación vigente.
- Exclusividad: el depósito de fitosanitarios debe destinarse únicamente para ese fin. Se deben tener previstos otros sitios de almacenamiento para otros materiales (incluidos fertilizantes, semillas, granos y forrajes).
- Ubicación: el depósito debe estar alejado de viviendas, hospitales, escuelas y zonas donde residan personas o animales en general.
- Aislamiento: el depósito debe estar perfectamente aislado de otras dependencias como oficinas, comedores, vestuarios de personal, depósitos de limpieza, depósitos de fertilizantes, semillas, forrajes, granos y/o alimentos balanceados.
- Terreno no anegable: el terreno donde esté situado el depósito debe ser zona no anegable.
- Acceso: se debe prever que la zona del depósito sea de fácil acceso para la entrega y despacho de mercaderías y para los servicios de emergencia.
- Estructura: el depósito debe estar construido de tal manera que resulte estructuralmente firme, robusto y resistente al fuego. Su estructura y/o emplazamiento deben permitir resguardar los fitosanitarios de las temperaturas extremas, sol directo y humedad.
- Estanterías: los fitosanitarios deben almacenarse sobre estanterías o tarimas de material no absorbente, dejando un espacio respecto de las paredes para una buena circulación de aire (espacio mínimo 1 metro). Los productos de formulación líquida se deben almacenar de manera separada de los de formulación sólida, o bien por debajo de estos últimos.
- Etiquetas: todos los productos fitosanitarios deben mantenerse en su envase original bien cerrados, con su etiqueta correspondiente en buenas condiciones. No se debe permitir el almacenamiento de envases sin etiqueta. No se debe re-ensavar ni hacer trasvase de fitosanitarios en envases distintos al original.
- Pisos: los pisos deben ser de material impermeable, no poroso y sin rajaduras para facilitar la limpieza. Deben poseer un zócalo contenedor de derrames para asegurarse de que no haya ninguna contaminación al exterior del depósito.
- Instrumental de preparación de mezclas de aplicación: el depósito debe contar con los instrumentos adecuados para asegurar la precisión en las mezclas de aplicación de fitosanitarios (probetas, embudos, recipientes, balanzas, etc.), destinados exclusivamente para este fin, mantenidos en buen estado y calibrados cuando corresponda.
- Ventilación: el depósito debe disponer de ventilación constante y suficiente, preferentemente natural (de no ser posible, se debe recurrir a la ventilación forzada) para evitar la acumulación de vapores. La salida exterior de la ventilación (natural y/o forzada, según la que hubiere) no debe dar sobre patios, galerías y otras zonas de permanencia de personas y animales.
- Iluminación: el depósito debe contar con iluminación adecuada tanto de día como de noche, para que las

etiquetas de los productos puedan ser leídas fácilmente. Debe contar con luces de emergencia para casos de corte de luz.

- Puertas: las puertas deben ser perfectamente robustas y permanecer cerradas con llave, permitiendo el acceso únicamente del personal autorizado y capacitado para el manejo seguro de los fitosanitarios.
- Drenajes: los drenajes del depósito no deben estar conectados directamente a vías fluviales, napas o redes cloacales públicas. En caso de derrames, las aguas contaminadas deben recolectarse en un contenedor o tanque destinado para tal fin que permita realizar una disposición final segura de las mismas.
- Contención de Derrames: el depósito debe contar con los materiales absorbentes adecuados para tratar pequeños derrames accidentales de fitosanitarios. Se debe asegurar una disposición final segura de los materiales contaminados.
- Extintores de incendio: el depósito debe contar con extintores contra incendio tipo ABC, ubicados en el lado externo del mismo, en lugares visibles y de fácil acceso (que sólo podrán ser utilizados por personal debidamente entrenado).
- Lavaojos y ducha de emergencia: el depósito deberá contar con equipo lavaojos y ducha de emergencia de fácil acceso, conectados a fuentes de agua limpia y permanente. Se recomienda verificar periódicamente el correcto funcionamiento de estos elementos.
- Capacitación: sólo se debe permitir el ingreso al depósito de personal explícitamente autorizado. Estas personas deben estar capacitadas en el uso seguro de fitosanitarios y correctamente equipadas con los elementos de protección personal.
- Señalización: el depósito debe estar claramente señalizado, con carteles ubicados en lugares visibles, indicando:
 - prohibido el ingreso de personas no autorizadas
 - prohibido fumar, comer y beber
 - procedimiento en caso de emergencias (ver Sección 3.4)
 - teléfonos de emergencias (bomberos, policía y salud pública)
 - lavaojos
 - ducha de emergencia
 - extinguidor de incendio

2.6.5. Disposición final: triple lavado y destino de envases vacíos

Los envases vacíos de fitosanitarios nunca se re-utilizan, nunca se deben llenar con otros líquidos, ni se deben usar para guardar ningún tipo de objeto. Por el contrario, los envases vacíos deben ser descartados en forma segura. El primer paso para ello es realizar el “Triple Lavado” del envase y, en segundo lugar, entregarlo a una organización habilitada para la disposición final de los mismos.

El Triple Lavado consiste en lavar tres veces el envase vacío de producto fitosanitario y luego perforarlo en su base. Este procedimiento se debe realizar con todos los envases de líquidos vacíos (no con los envases de fosfuros metálicos, ya que los fosfuros no se deben mojar con agua), tal como se describe a continuación (Fig. 2.10):

Triple Lavado de envases vacíos

1. Vaciar el contenido del envase dentro del equipo de aplicación, dejando drenar el envase por unos 30 a 60 segundos adicionales. Este paso favorece notablemente la capacidad de remover el producto remanente del envase vacío en los pasos posteriores.
2. Agregar agua limpia (o el vehículo correspondiente según la etiqueta) hasta un 10-25% de la capacidad del envase. Ajustar la tapa.
3. Agitar enérgicamente el envase para lavar las paredes interiores.
4. Descargar el contenido en el tanque de aplicación, dejando drenar el envase por 30 segundos adicionales. Con este paso finaliza el primer ciclo.
5. Repetir los pasos 2 a 4. Con esto se completa el segundo ciclo.
6. Nuevamente, repetir los pasos 2 a 4. Con esto se completa el tercer ciclo.
7. Inutilizar el envase perforándolo en el fondo con un elemento punzante y dejando inalterada la etiqueta.

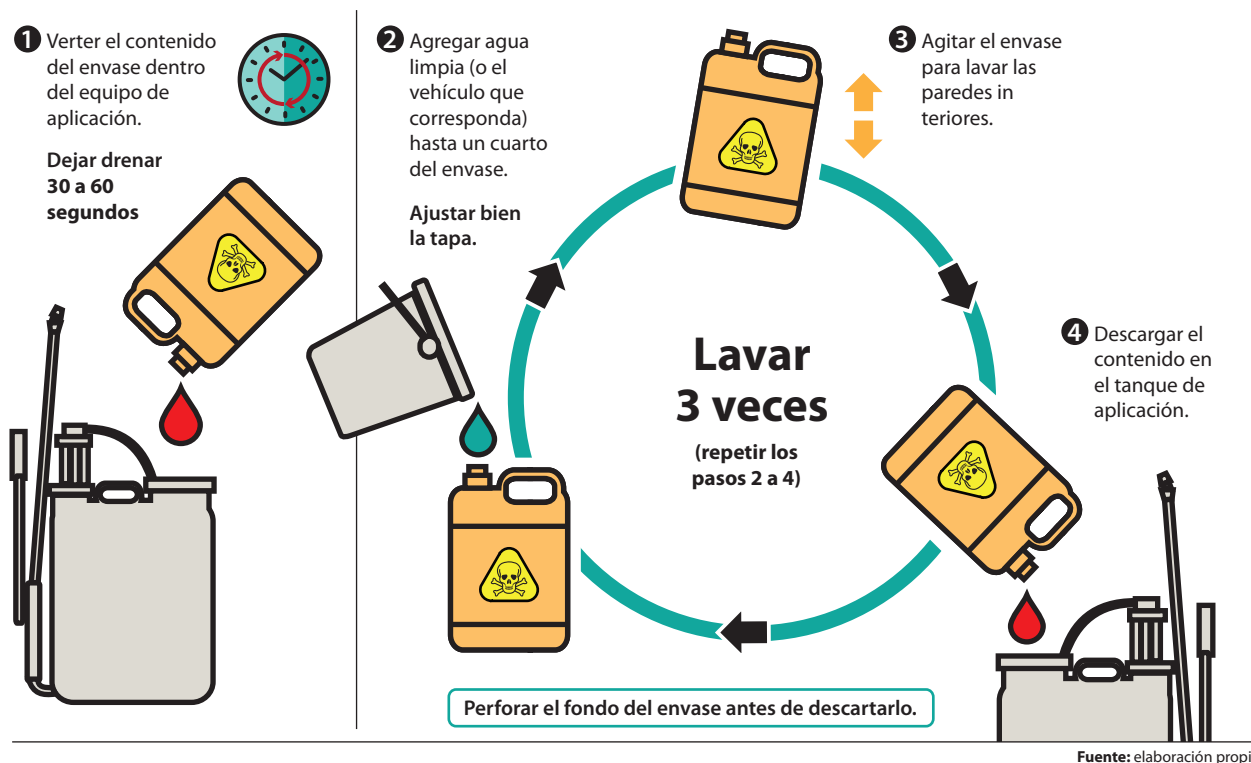
Notas:

- Para este procedimiento se debe utilizar los mismos elementos de protección personal que durante la preparación y aplicación del producto.
- Este procedimiento debe realizarse inmediatamente después de vaciar el contenido del envase dentro del equipo de aplicación. De lo contrario, se reducirá notablemente la eficacia del triple lavado.
- Para el Triple Lavado de envases se debe usar agua proveniente de canillas o cañerías. Nunca se debe sumergir los envases en acequias, cursos de agua, o lagunas para su lavado ya que estas fuentes quedarían contaminadas.

Figura 2.10

Triple lavado de envases vacíos

Los envases de fitosanitarios vacíos nunca deben reutilizarse y necesitan ser tratados antes de descartarse.



Los envases vacíos luego del triple lavado y de perforados, no se deben reutilizar bajo ningún concepto, ni quemar, compactar o mezclar con basura común o domiciliaria. Para un descarte seguro, el primer paso es colocar el envase lavado y perforado en un depósito transitorio cubierto y cerrado con llave (puede ser por ejemplo un galpón ventilado o bien una jaula metálica cerrada con candado), ubicado en lugar alejado de la zona de trabajo, delimitado e identificado (Fig. 2.11). Cuando se llena el depósito transitorio, se recomienda contratar una empresa habilitada para la disposición final del residuo, quien será también la encargada de retirar los envases vacíos del establecimiento.

Figura 2.11

Señalización para el depósito transitorio de envases vacíos de fitosanitarios



Fuente: elaboración propia

Nunca reutilizar los envases vacíos de fitosanitarios. Una vez finalizado el contenido, proceder inmediatamente al Triple Lavado y perforación del envase vacío (cuidando la integridad de la etiqueta) y luego a la disposición final apropiada.

2.6.6. Señalización de áreas y mercadería tratada

Antes de comenzar con la aplicación de líquidos o sólidos que generan gases (fumigación) se debe vallar y señalizar la zona, estructura o producto a tratar según corresponda, para alertar al resto de las personas acerca del peligro (Fig. 2.12). Únicamente después de transcurrido el período de re-ingreso se permite remover la señalización. Verificar en la etiqueta del producto cuál es el período de re-ingreso correspondiente.

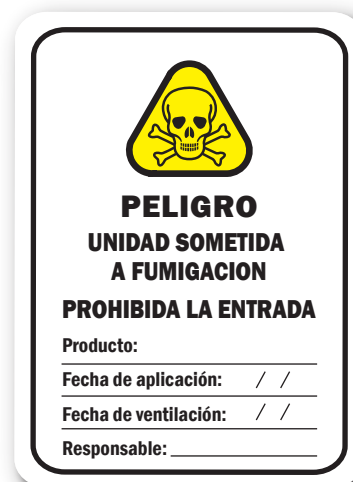
Figura 2.12

Señalización de mercaderías y áreas tratadas

CON FITOSANITARIOS



CON FOSFINA



2.6.7. Las 10 Reglas de Oro para el uso seguro de fitosanitarios

Las 10 Reglas de Oro para el uso seguro de fitosanitarios

1. Leer la etiqueta del producto.
2. Capacitar al personal que manipula fitosanitarios para el uso seguro de los mismos.
3. Seguir estrictamente las normas de seguridad indicadas por el fabricante.
4. Utilizar los elementos de protección personal adecuados para el tipo de producto.
5. Bañarse luego de la aplicación y cambiarse la ropa.
6. Guardar los elementos de protección personal según las instrucciones del fabricante y renovarlos cuando corresponda.
7. Mantener los equipos de aplicación calibrados y en buenas condiciones.
8. Mantener el orden y la limpieza durante el trabajo de aplicación.
9. No fumar, comer ni beber durante la aplicación.
10. No tocarse el rostro ni ninguna parte de cuerpo durante el manipuleo de fitosanitarios.

2.6.8. Precauciones especiales en el uso de fosfuros metálicos

Es importante señalar ciertas precauciones especiales cuando en el establecimiento se manipula fosfuro de aluminio o de magnesio, para evitar la sobreexposición de los trabajadores a la fosfina, prevenir explosiones y garantizar la ausencia de residuos de fosfina en los granos y sus derivados:

- La fumigación sólo debería ser realizada por empresas habilitadas para tal fin por los riesgos que conlleva el procedimiento.
- Utilizar siempre los elementos de protección personal indicados en la etiqueta del producto cuando sea necesario manipular el producto.
- Destapar los contenedores de pastillas de fosfuro de aluminio o magnesio en espacios abiertos y en posición tal que la tapa quede siempre en posición horizontal y nunca apuntando al rostro.
- La fumigación únicamente podrá realizarse en zonas alejadas de viviendas y lugares de trabajo.
- Ventilar las estructuras fumigadas antes de manipular el grano.
- Está prohibida la fumigación de mercadería transportada en camiones o en vagones de tren.
- Señalizar las estructuras fumigadas con fosfina: PELIGRO – VENENO – MANTÉNGASE ALEJADO.
- Tener en cuenta que la fosfina corroe los metales blandos.
- Nunca ingresar a un recinto fumigado. El área de descarga se debe monitorear para garantizar que la liberación de fosfina desde el grano tratado no desarrolle concentraciones peligrosas.
- Tener en cuenta que la fosfina puede sufrir autoignición cuando se encuentra en una concentración mayor a 18000 ppm (Límite Inferior de Inflamabilidad), de modo que nunca se debe sobrepasar esta concentración. Para ello, no guardar pastillas parcialmente consumidas ni acumular grandes stocks del producto en lugares cerrados, pues la liberación lenta de fosfina puede resultar en la formación de una atmósfera explosiva.
- No mojar las pastillas. En contacto directo con el agua, la reacción de descomposición del fosfuro metálico se acelera enormemente y también puede producir una explosión. Por este motivo, siempre se debe controlar que la superficie donde se colocan las pastillas (sobre el grano, ductos de aireación, pisos de la estiba) esté perfectamente seca.
- No fumigar grano cuyo contenido de humedad sea mayor a 15%.
- Almacenar las pastillas en sus correspondientes envases bien tapados en lugares secos y manipularlas siempre con guantes de algodón secos.

3. Plan de Emergencia

Además de realizar todas las tareas de prevención pertinentes, es imprescindible contar con un Plan de Emergencia en caso de accidente. El Plan de Emergencia debe ser diseñado por el responsable de Seguridad y Salud Ocupacional a medida del establecimiento y debe indicar cómo proceder de forma rápida y ordenada ante un siniestro. El Plan de Emergencia debe ser conocido por todos los trabajadores del establecimiento y debe asignar claramente quién desempeñará los distintos roles ante una emergencia.

Adicionalmente, es recomendable realizar una planificación de simulacros (algunos informados a los trabajadores de la planta y otros no) para evaluar la capacidad de reacción tanto del personal interno como externo ante una emergencia.

A continuación se ofrecen procedimientos modelo para tres de las emergencias más frecuentes de plantas de acopio: atrapamiento en granos, derrame de productos fitosanitarios líquidos e intoxicación aguda con fitosanitarios. Cada establecimiento deberá adaptar estos modelos de planes de emergencia a sus características operativas particulares.

Muchos de los accidentes que ocurren durante el trabajo en plantas de acopio comprometen la vida en cuestión de segundos o minutos, de modo que se debe planificar con anticipación cómo se ha de actuar en estos casos extremos. No se debe improvisar.

3.1. Los Servicios de Emergencias

Todas las emergencias requerirán la asistencia de los Servicios de Emergencia, típicamente del Departamento de Bomberos local y del Servicio Médico. Por esta razón, es recomendable conocer cuál sería la capacidad de respuesta de estos organismos al momento de una emergencia. Para ello, se sugiere:

- Contactar al Jefe de Bomberos y sus colaboradores antes de que ocurra la emergencia, explicando de qué establecimiento se trata, qué tareas se desarrollan y cuáles son los principales riesgos. Aun mejor, considerar la posibilidad de invitarlos a conocer las instalaciones, mostrando dónde se encuentran las llaves de corte de suministro eléctrico, agua y gas.
- Averiguar cuál es la capacidad de respuesta de los Bomberos ante situaciones de emergencia: distancia al establecimiento, tiempo estimado de llegada, entrenamiento del personal de emergencia, equipamiento disponible para rescates y/o contención de siniestros.
- De ser posible, ofrecer las instalaciones para realizar simulacros de emergencia. Esto permite practicar anticipadamente cómo se procedería ante una emergencia en el lugar real y además ayuda al personal de emergencia a familiarizarse con los siniestros típicos de las plantas de acopio.
- Proveer de un acceso sencillo a las instalaciones para los Bomberos.

Siempre comprobar que los teléfonos del Departamento de Bomberos local y del Servicio de Emergencia están colocados en lugares perfectamente visibles.

3.2. Entrenamiento en Primeros Auxilios

Los Primeros Auxilios son los cuidados inmediatos que recibe una persona enferma o víctima de un accidente hasta la llegada de un profesional médico. El entrenamiento en Primeros Auxilios puede resultar crítico en momentos en que proceder con rapidez y precisión puede salvar una vida.

Se recomienda que los trabajadores reciban capacitación en primeros auxilios cuando el riesgo al que estén ex-

puestos así lo amerite, por parte de un instructor competente. La capacitación debería enseñar cómo dar primeros auxilios frente a los principales riesgos en plantas de acopio: intoxicación por productos fitosanitarios, heridas, contusiones y electrocución, entre otros.

3.3. Procedimiento: atrapamiento en silos

Cuando se detecta que hay una víctima atrapada dentro del silo se debe activar un Plan de Emergencia específico para esa situación. Típicamente es el observador quien pone en marcha el Plan de Emergencia, de modo que es crítica su capacitación en este sentido. Asimismo, es fundamental asignar los roles de antemano dentro del Plan de Emergencia. A continuación se ofrece un modelo de Plan de Emergencia para el atrapamiento en silos (Maher, 1995).

Plan Emergencia para Atrapamiento en Granos

1. Detener todo movimiento de grano, apagando y desconectando toda la maquinaria de carga y descarga de granos. NOTA: designar previamente quién será la persona encargada de realizar esta tarea.
2. Contactar al Departamento de Bomberos y al Servicio de Emergencia local, quienes se encargarán de proceder al rescate. NOTA: designar previamente quién será la persona encargada de realizar esta tarea.
3. Si es posible, encender la ventilación del silo para favorecer la llegada de aire a la víctima. NOTA: designar previamente quién será la persona encargada de realizar esta tarea.

Para el Servicio de Emergencia (Equipo de Rescate)

1. Debe trabajar de modo tal de no ejercer presión adicional sobre la víctima enterrada.
2. Debe proteger a los mismos rescatistas. Asegurarse de que todos los equipos de movimiento de granos están desconectados, utilizar protección o asistencia respiratoria, arnés y cabo de vida.
3. No intentar izar a la víctima con un arnés y una soga si se encuentra enterrada por encima de la altura de las rodillas, porque podría producirle un daño severo en su médula espinal. Previamente se debe retirar el grano que se encuentra alrededor de la víctima.
4. Para remover el grano de alrededor de la víctima, utilizar una estructura de contención o un tubo de rescate. No perder el tiempo retirando el grano de alrededor de la víctima si no se cuenta con la estructura de contención, pues no será posible. La estructura de contención puede ser de PVC, chapa o madera.
5. Remover el grano de alrededor de la víctima utilizando palas o aspiradora de granos. Extremar los cuidados en este paso si la víctima no está a la vista.
6. Colocar un arnés a la víctima para evitar que se siga enterrando, pero no intentar sacarla hasta retirar todo el grano.
7. Si la víctima está completamente enterrada, realizar cortes en los laterales del silo para drenar el grano. Los cortes deben realizarse en forma de V o de U, en puntos opuestos del silo y nunca en los parantes, para evitar el colapso de la estructura. Se debe utilizar un método de corte que no genere chispas (por el peligro de explosión).
8. Auxiliar a la víctima tan rápido como sea posible, aplicando asistencia respiratoria y manteniendo la temperatura corporal.
9. Siempre asumir que la víctima sigue con vida aunque el escenario parezca desalentador. Algunas personas han sobrevivido hasta dos horas totalmente enterradas en masas de granos. ¡No darse por vencido hasta encontrarla!

Se recomienda realizar un simulacro de atrapamiento como mínimo una vez al año para verificar la efectividad del Plan de Emergencia.

El rescate de una persona que ha quedado atrapada en una masa de granos es un procedimiento complejo que debe ser realizado únicamente por personal entrenado de los Servicios de Emergencia. De lo contrario, se pone también en riesgo la vida del rescatista.

3.4. Procedimiento: derrame de sustancias fitosanitarias líquidas

Los derrames de fitosanitarios pueden producir contaminaciones de suelo y aguas subterráneas y provocar eventuales intoxicaciones; en consecuencia es necesario controlarlos rápidamente. Se recomienda contar con un Plan de Emergencia para esa situación; a continuación se sugiere un modelo (University of Minnesota, 2004).

Plan de Emergencia para Derrames de Productos Fitosanitarios

1. Actuar rápidamente. Si ocurre un derrame, se debe proceder inmediatamente pues cualquier demora agrava el peligro de contaminación.
2. Protegerse. No exponerse a los efectos del fitosanitario, utilizar el equipo de protección personal indicado en la etiqueta del producto. Si no se puede contener el derrame de forma segura, no hacerlo, llamar inmediatamente al Departamento de Bomberos para que se encargue.
3. Controlar el derrame. Si se trata de un envase que gotea detener la salida del producto, sólo si es posible hacerlo de forma segura. Por ejemplo, colocar el envase en una batea de contención. .
4. Contener el derrame. Evitar que lo derramado se esparza restringiéndolo a una zona lo más pequeña posible, sólo si es posible hacerlo de forma segura. Si se trata de un producto líquido, absorber el líquido derramado con material absorbente Si se trata de polvos, humedecerlos levemente con agua o cubrirlos con un plástico (el cual se deberá disponer de forma segura posteriormente). Atención: nunca arrojar agua si el derrame involucra fosfuros metálicos, cualquiera sea la formulación.
5. Circunscribir con cinta o malla de seguridad el sitio, para alejar a las personas del peligro (por lo menos, mantenerlas a 10 metros). Si es necesario, proceder a evacuar al personal.
6. Limpiar el derrame. Para ello, remover el producto derramado y lavar el área contaminada con agua y detergente.
7. Limpiar los elementos y vehículos involucrados en el derrame y la contención del mismo, con agua y detergente.
8. Disponer los materiales contaminados de forma segura.

3.5. Procedimiento: intoxicación aguda con productos fitosanitarios

En un establecimiento donde se utilizan productos fitosanitarios se debe contar con un plan de emergencia que indique claramente cómo proceder en caso de intoxicación aguda con dichas sustancias. Adicionalmente, se debe capacitar al personal en reconocer los síntomas de una intoxicación y en ejecutar correctamente el procedimiento de emergencia.

La mayoría de las veces, los síntomas de la intoxicación con fitosanitarios aparecen poco tiempo después de la exposición al producto y, en general, aparecen más rápidamente cuando la intoxicación fue por vía respiratoria que por vía dérmica (en este último caso los síntomas suelen aparecer algo más tarde). Los síntomas dependerán del compuesto químico y de la dosis recibida pero generalmente incluyen mareos, dolor de cabeza, sudoración, temblor y cansancio generalizado; con exposiciones muy importantes pueden llegar a presentarse convulsiones.

A continuación, se ofrece un procedimiento que indica cómo actuar ante una intoxicación con fitosanitarios (Provincia ART, 2001).

Plan de Emergencia ante intoxicación con productos fitosanitarios

En caso de intoxicación con sustancias fitosanitarias, hay dos acciones que deben realizarse casi simultáneamente:

1. Llamar al médico o al servicio de emergencias. Debe tenerse en cuenta que es fundamental individualizar el producto que provocó el envenenamiento, su envase y, de ser factible, la Hoja de Seguridad porque todo esto facilitará una mejor intervención sanitaria.

2. Comenzar a atender al trabajador. Para ello es fundamental identificar por qué vía ocurrió la intoxicación y el estado de conciencia de la persona:
- Si el contacto fue por piel, hay que quitar toda la ropa contaminada y lavar la piel y los cabellos prolijamente. Este lavado, según los medios disponibles, puede hacerse con agua sola, con agua y jabón y con agua bicarbonatada (un sobre de bicarbonato por litro de agua), esta última opción es la mejor. Debe cubrirse con una manta limpia y mantenerse conversación con el afectado para vigilar su estado de conciencia.
 - Si inhaló el producto, hay que llevar al accidentado a un lugar no contaminado, al aire libre. Debe aflojarse toda la ropa y sacar la dentadura postiza, si la hubiera. Debe dejarse el cuello extendido para facilitar la respiración.
 - La ingestión de un plaguicida en general no es producto de una exposición laboral. De todas formas, si se está ante un caso de estos, deben tenerse cuidados especiales con la provocación del vómito. Nunca debe provocarse el vómito si la persona está inconsciente o con convulsiones. Nunca debe provocarse el vómito cuando la etiqueta del producto no lo indique (como en el caso de solventes y corrosivos, ya que la provocación del vómito agravaría el cuadro).
 - Si la persona ha perdido el conocimiento, debe colocársela en la posición denominada “de recuperación”, lo que consiste en recostar al trabajador sobre su costado izquierdo con la cabeza extendida hacia atrás para facilitar la respiración y la salida del vómito si se produce espontáneamente.
 - Si la respiración se para o debilita, debe ponerse a la persona boca arriba y desobstruir la boca y la nariz para poder practicar la respiración boca a boca. Este tipo de asistencia sólo podrá brindarla una persona capacitada en primeros auxilios.
 - Si el trabajador tiene convulsiones, tratar de que no se golpee, sujetarlo suavemente (la sujeción excesivamente fuerte o ciertas maniobras violentas, por ejemplo para intentar abrirle la boca, pueden determinar heridas serias).

4. Bibliografía consultada para este Capítulo

- APOSGRAN. Sin fecha. Defensas y resguardo del riesgo eléctrico. Inédito.
- ÁREA DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE DE BUNGE ARGENTINA. 2005. Norma de seguridad. Manual de gestión de seguridad, higiene y medio ambiente para contratistas. En: http://www.bungeargentina.com/sp/fix_docs/manualSeguridadV6.pdf
- BLESSING, A.; WHITFORD, F.; MARTIN, A. & BECOVITZ, J. 2006. Pesticides and container management. En: <http://www.ppp.purdue.edu/Pubs/ppp-21.pdf>
- BLESSING, A.; WHITFORD, F. STONE, J. & MACMILLAN, T. 2003. Pesticides and personal protective equipment. Selection, care, and use. En: <http://www.ppp.purdue.edu/Pubs/PPP38.html>
- BLESSING, A.; WHITFORD, F.; EDWARDS, R.; NEAL, J.; MARTIN, A.; OSMUN, J. & HOLLINGWORTH, R. 2001. Pesticides and personal safety. En: <http://www.ppp.purdue.edu/Pubs/ppp-20.pdf>
- BOTTA, A. 2004. Seguridad en el Trabajo de Altura. En: http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serie-trabajoaltura/47_Seguridad_Trabajo_Altura_Sep2004.pdf
- CASAFE. Sin fecha. Emergencias médicas por productos fitosanitarios. En: <http://casafe.org/pdf/emerg.pdf>
- CASAFE. Sin fecha. Hojas de seguridad de productos fitosanitarios. En: <http://www.casafe.org.ar/pdf/10%20Hojas%20de%20Seguridad%20de%20Productos%20Fitosanitarios.pdf>
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA. 2007. Disposición 1198/07. En: www.agrarios.lapampa.gov.ar
- D & D HOLDINGS, INC. 2011. Applicator's manual for Phostoxin® tablets and pellets. En: <http://www.degeschamerica.com/docs/USA/Phostoxin%20Tablet-Pellet%20manual.pdf>
- ELECTRICIANS' TOOLBOX. 2012. Electrical safety. En: <http://www.elec-toolbox.com/Safety/safety.htm#general>
- INTA – APOSGRAN – Universidad de Kansas. 2012. Curso a distancia APOSG540: Seguridad en el Manejo de Granos. Material de clases.
- FARMCHEMSA. Sin fecha. Buenas prácticas agrícolas en el manejo de agroquímicos o productos fitosanitarios. En: <http://www.farmchemsa.com.ar/images/productos/pdf/buenas%20practicass.pdf>

- FAXSA. Sin fecha. Fosfuro de aluminio Killphos®. En: http://www.faxsa.com.mx/Fosf_MT/KillPhMT.pdf
- FERNÁNDEZ GARCÍA, J.; AGUADORODRÍGUEZ, P. & AYUGATÉLLEZ, F. 2001. Las explosiones de polvo en silos agrícolas. En: http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1021783
- GIRALDO, A. 2011. Seguridad Industrial. Charlas Número 2. En: http://books.google.com.ar/books/about/Seguridad_Industrial_Charlas_No_2.html?id=IQZ3O4cOf1wC&redir_esc=y
- GRANADOS TERÁN, D. Sin fecha. Prevención de riesgos para trabajos en altura. En: www.prevention-world.com
- JONES, C. Sin fecha. Preventing grain dust explosions. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets BAE-1111. En: <http://osufacts.okstate.edu>
- MAHER, G. 1995. Caught in the grain! North Dakota State University AE-1102. En: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/safety/ae1102w.htm>
- MILLÁN, N. 2009. Prepare For Emergencies By Networking With First Responders. En: <http://www.facilitiesnet.com/emergencypreparedness/article/Prepare-for-Emergencies-by-Networking-with-First-Responders--10714>
- NEW YORK STATE OFFICE OF FIRE PREVENTION AND CONTROL. 2004. Firefighter's Handbook: Essentials of Firefighting and Emergency Response. New York: Delmar.
- OSHA. 2010. Worker Entry into Grain Storage Bins. En: <http://www.osha.gov/Publications/grainstorageFACTSHEET.pdf>
- OSHA. Sin fecha. Electrical Safety. Quick card. En: http://www.osha.gov/OshDoc/data/Hurricane_Facts/electrical_safety.pdf
- PRESIDENTE DE LA NACION ARGENTINA. 1997. Decreto 617/97. Higiene y seguridad para la actividad agraria. En: http://www.agencia.gov.ar/documentos/decreto_617_1997_actividad_agraria.pdf
- PRESIDENTE DE LA NACION ARGENTINA. 1996. Decreto 911/96. Higiene y seguridad para la industria de la construcción. En: http://www.trabajo.gba.gov.ar/s_trabajo/adjuntos/DECRETO%20911-96.pdf
- PROVINCIA ART. 2001. Manual de Prevención en el Trabajo Rural.
- ROBERT, M. & FIELD, B. Sin fecha. Flowing grain dangers. En: <http://extension.entm.purdue.edu/grainlab/content/pdf/FlowingGrainDangers.pdf>
- RÚVEDA, C. 2011. Seguridad en el manejo de fitosanitarios. Material de clases correspondiente al II Curso Internacional de Actualización Técnica en Poscosecha de Granos. Balcarce, Argentina. 31 de octubre al 4 de noviembre.
- SENASA. 2012. Resolución 302/2012. En: <http://www.boletinoficial.gov.ar/Inicio/Index.castle>
- TEXAS DEPARTMENT OF INSURANCE - DIVISION OF WORKERS' COMPENSATION. 1994. Lockout Tagout. En: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresource/wplocktag.pdf>
- TEXAS STATE UNIVERSITY. 2011. Confined Space Entry. En: http://www.fss.txstate.edu/policies/04_05_01/contentParagraph/0/document/FSS+PPS+04+05+01.pdf
- UNIVERSITY OF MINNESOTA. 2004. Private Pesticide Applicator's Manual. En: http://www.extension.umn.edu/pesticides/pat/ppatman/18_3_manual/18_3_0_intro.pdf
- UNIVERSITY OF NEBRASKA. 2009. Grain bin safety. En: <http://ehs.unl.edu/>

Capítulo IV

Conservación del Medio Ambiente



Conservación del Medio Ambiente

Las actividades de poscosecha de los granos generan un impacto en el medioambiente en el que se desarrollan. Por medioambiente se entiende al entorno en el cual opera una organización, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna y las personas (incluyendo a los trabajadores de la planta, visitas y vecinos) y también sus interrelaciones (adaptado de definición en ISO 14001:2004).

En las plantas de acopio de granos, el impacto ambiental se encuentra asociado principalmente a los siguientes factores:

- Tráfico de vehículos
- Material particulado
- Ruidos molestos
- Olores
- Plagas y vectores
- Productos fitosanitarios
- Residuos (de fitosanitarios y otros)
- Incendios y Explosiones
- Emisiones gaseosas

El impacto sobre el medioambiente puede reducirse sensiblemente adoptando prácticas de manejo correctas y contando con una infraestructura mínima adecuada. A continuación se ofrecen una serie de recomendaciones orientadas a mitigar los efectos negativos de las actividades de poscosecha sobre el medioambiente.

IMPORTANTE: las recomendaciones para la conservación del medioambiente ofrecidas en este Capítulo son de carácter general. Algunos aspectos que se mencionan en este Capítulo se encuentran regulados legalmente y por lo tanto deben ajustarse a la normativa vigente. Cada establecimiento está obligado a conocer la normativa medioambiental vigente en su territorio y a cumplir con todos los requisitos legales respecto de habilitaciones, auditorías y plazos, independientemente de lo que se recomienda en este Manual. La ley es lo primero.

1. Tráfico de vehículos

Para minimizar el impacto del tráfico de vehículos, el estado de mantenimiento de los caminos internos del establecimiento debería ser adecuado para permitir el tránsito permanente de los camiones y para evitar la generación de polvo.

Asimismo, los establecimientos deberían contar con playas de estacionamiento para camiones dentro o fuera del predio de dimensiones acordes con el flujo de camiones, para evitar el estacionamiento en espera de carga y descarga dentro del radio o ejido urbano, incluso en el período de máximo movimiento. Las playas de movimiento y estacionamiento de camiones deberían ser mantenidas en condiciones adecuadas para evitar la generación de polvo.

2. Material particulado

Para minimizar las emisiones de material particulado, las zonas de carga y descarga de camiones o vagones deberían confinarse en un espacio cerrado y provisto de un sistema de aspiración con ciclones, filtros u otros medios que garanticen la captación y recolección del material particulado en suspensión y sedimentable, para minimizar su salida al exterior. Asimismo, los sistemas de ventilación o aireación de granos, las secadoras, las norias y los distribuidores de trasvase, carga y descarga del establecimiento deberían equiparse técnicamente para minimizar la salida al exterior de material particulado.

Paralelamente, se recomienda que el establecimiento cuente con cerco perimetral y cortina forestal de follaje permanente y en cantidad suficiente, con el objetivo de reducir el transporte de partículas y otros materiales fuera del predio. En caso que la cortina forestal no estuviera presente, se debería prever un sistema provisorio para lograr el objetivo mientras ésta se desarrolla.

La metodología de medición de material particulado y los valores de tolerancia deben adecuarse a la legislación vigente.

Asimismo, el establecimiento debe contar con un programa de limpieza documentado según lo explicado en el Capítulo III, Sección 2.5.5.

3. Emisiones sonoras

El establecimiento debería equiparse técnicamente para minimizar los ruidos molestos generados por las diferentes actividades (secado, aireación, etcétera), respetando los límites máximos de ruido fijados por ordenanzas municipales o provinciales. En ausencia de tales normas, puede tomarse como referencia la norma IRAM 4062/01, que establece que la diferencia entre ruido de fondo (planta sin actividad) y ruido equivalente (planta con actividad) no debe superar los 8 dB (ocho decibeles).

4. Preservación de recursos naturales

4.1. Agua

Para la preservación del agua, los establecimientos no deberían descargar aguas residuales (industriales o domésticas) en ecosistemas acuáticos, excepto en aquellos casos en que las aguas residuales hayan sido tratadas debidamente y se compruebe que sus características físicas y bioquímicas no degradan la calidad del cuerpo receptor de agua. Análogamente, no debería depositarse ningún residuo sólido orgánico o inorgánico en ecosistemas acuáticos (incluyendo desechos domésticos o industriales, escombros, tierra, piedras, restos de granos, envases, etcétera).

Asimismo, no deberían vertirse las mezclas de agroquímicos, sus sobrantes ni las aguas del lavado de equipos o trajes de aplicación en ecosistemas acuáticos.

Paralelamente, los establecimientos deberían fomentar el uso racional del agua en sus operaciones. Esto incluye contemplar la recirculación y reutilización del agua cuando sea posible, y la calibración y mantenimiento de todos los equipos que utilicen este recurso para su óptimo funcionamiento.

4.2. Fauna y Flora

Para la conservación de la fauna y flora, se deberían proteger los ecosistemas que constituyan un hábitat para la vida silvestre que vive o transita por el establecimiento, sobre todo en los rurales, que cuentan con mayor biodiversidad.

4.3. Energía

Uno de los objetivos ambientales principales debería ser el uso racional de la energía. Para ello, el establecimiento debería conocer en primer término cuáles son todas las fuentes de energía que utiliza para sus procesos; en segundo lugar, debería priorizar aquellas prácticas de manejo que aseguren el mínimo consumo energético posible, tales como:

- optimización del proceso de secado
- automatización de la aireación
- adecuado mantenimiento de la maquinaria y equipamiento

Asimismo, en el mediano y largo plazo es recomendable ir disminuyendo progresivamente la dependencia de fuentes de energía no renovables (gasoil, gas licuado de petróleo, gas natural) y preferir el uso de energías renovables en la medida de lo posible (eléctrica, eólica, hidroeléctrica, solar, etc.).

5. Productos fitosanitarios

La manipulación de productos fitosanitarios debe realizarse en cumplimiento de la normativa vigente, contando asimismo con un sector adecuadamente identificado y confinado para el almacenamiento de los envases llenos, en uso y/o vacíos de los fitosanitarios utilizados en la preservación del grano y/o en tratamiento de las instalaciones. Para mayor orientación acerca del uso seguro de fitosanitarios, ver Capítulo III, Sección 2.6.

6. Gestión de residuos

Las plantas de acopio deberían disponer de un sistema de gestión de sus residuos sólidos y líquidos. Para ello, se recomienda realizar en primer término un listado de todos los posibles productos de desecho (papel, cartón, plásticos, aceites, envases de agroquímicos, etc.), el correspondiente volumen generado y el destino que se le dará a cada uno de acuerdo a la normativa vigente, recurriendo a un esquema como el propuesto en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1

Disposición segura de residuos

Residuo	Cómo disponerlo adecuadamente (siempre verificar que se adecua a la legislación vigente para cada zona)
Aceites y lubricantes	Se los debe entregar a una organización habilitada para reciclarlos o incinerarlos.
Envases vacíos de agroquímicos	Luego de realizar el Triple Lavado y perforarlos, se los debe entregar a una organización habilitada para reciclado o destrucción final, que otorgue certificado de disposición final.
Aguas contaminadas con productos fitosanitarios (provenientes del lavado de equipos de aplicación y elementos de protección personal)	Los restos de emulsiones a concentraciones menores que las de aplicación se pueden ubicar dentro de bidones y entregar para destrucción final a una organización habilitada para tal fin. Los elementos de protección personal que han tenido contacto con sustancias tóxicas deben ser entregados para disposición final a una organización habilitada para tal fin.
Residuos de oficina	Servicio de recolección de residuos

7. Plagas y vectores

Las plagas de los granos almacenados (insectos, roedores y aves) pueden actuar como vectores de enfermedades del ser humano y, por lo tanto, es necesario prevenirlas y controlarlas. Para ello, se debe garantizar en primer término que no se acumulen desechos en las plantas de acopio que puedan servir como fuente de alimento y refugio para las plagas, excepto en aquellas áreas designadas específicamente para eliminar los residuos. Para una mayor profundidad sobre la prevención y el manejo de plagas de granos almacenados, ver Capítulo II.

8. Incendios y explosiones

Bajo ciertas circunstancias, los granos almacenados en silos y sus polvos presentan riesgo de incendios y explo-

siones. El impacto ambiental de estas explosiones suele ser muy grave, tanto para las personas como para las instalaciones y el entorno. Para mayor detalle de cómo deben prevenirse incendios y explosiones en plantas de silo, véase Capítulo III, Sección 2.3.5.

9. Síntesis: Plan de Acción

Para la adecuación de la infraestructura de la planta de acopio se sugiere realizar un Plan de Acción, que contemple la medida mitigatoria a implementar y el plazo correspondiente de acuerdo a la normativa vigente. La Tabla 9.1 constituye un ejemplo de un Plan de Acción organizado en forma trimestral¹⁰.

Tabla 9.1

Plan de Acción para la mitigación del impacto ambiental

Medidas mitigatorias de impacto ambiental	Plazos de acción							
	Año 1				Año 2			
	Trimestres				Trimestres			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Mantenimiento/construcción de playa de camiones								
Mantenimiento/mejora de caminos internos								
Cerramientos en zona de carga y descarga								
Colocación de sistemas de aspiración de material particulado								
Colocación de atenuadores de ruido								
Generación del plan de limpieza de equipos e instalaciones								
Siembra de árboles perennes para cortina forestal								
Medición de ruidos								
Medición de material particulado sedimentable y en suspensión								
Generación del plan de Control Integrado de Plagas								
Adecuación del sistema de gestión de residuos y envases vacíos de agroquímicos								

Fuente: adaptado de Porfiri, Sin fecha

¹⁰ El Plan de Acción se debe adecuar a la legislación medioambiental vigente y a lo determinado por la Autoridad de Aplicación, tanto en las medidas mitigatorias como en los plazos.

10. Bibliografía consultada en este Capítulo

- GLOBALG.A.P. 2012. Integrated Farm Assurance. All Farm Base. Control Points and Compliance Criteria. En: http://www.globalgap.org/cms/upload/The_Standard/IFA/Version_4.0-1_Feb2012/English/CPCC/120206_gg_ifa_cpcc_af_eng_v4_0-1.pdf
- GLOBALG.A.P. 2012. Integrated Farm Assurance. Crops Base. Control Points and Compliance Criteria. En: http://www.globalgap.org/cms/upload/The_Standard/IFA/Version_4.0-1_Feb2012/English/CPCC/120206_gg_ifa_cpcc_cb_eng_v4_0-1.pdf
- GLOBALG.A.P. 2012. Integrated Farm Assurance. Combinable Crops. Control Points and Compliance Criteria. En: http://www.globalgap.org/cms/upload/The_Standard/IFA/Version_4.0-1_Feb2012/English/CPCC/120206_gg_ifa_cpcc_cc_eng_v4_0-1.pdf
- GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 2007. Decreto 96. En: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/07-96.html>
- HONORABLE LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. 2010. Ley 9855. Régimen de protección ambiental para plantas almacenadoras, clasificadoras, acondicionadoras y de conservación de granos. En: http://www.boletinoficialcba.gov.ar/archivos10_02/071210_seccion1.pdf
- HONORABLE LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 2000. Ley 12605. EN: <http://www.gob.gba.gov.ar/intranet/digesto/PDF/l12605.pdf>
- IRAM. 2001. Norma 4062. Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación.
- PORFIRI, F. Sin fecha. Plantas de acopio. Resolución N° 0177/03: almacenamiento, distribución, acondicionamiento y conservación de granos. En: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/91898/441026/file/Presentaci%C3%B3n%20Plantas%20de%20acopio.pdf>
- SECRETARIO DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE. 2003. Resolución Provincial N° 0177/2003. En: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/9917/52143/file/Resoluci%C3%B3n%20N%C2%BA%200177-03.pdf>
- SUSTAINABLE AGRICULTURE NETWORK. 2010. Sustainable Agriculture Standard. Version 2. En: <http://sanstandards.org/userfiles/SAN-S-1-1%20SAN%20Sustainable%20Agriculture%20Standard%20July%202010%20v2.pdf>

Anexo



Anexo I

I. Controlador INTA

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 desarrollado por INTA puede utilizarse cuando el objetivo es enfriar los granos que ya están acondicionados (humedad de recibo) para un largo período de almacenamiento (este controlador no es útil para acondicionar por humedad). Su principal ventaja es que 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.

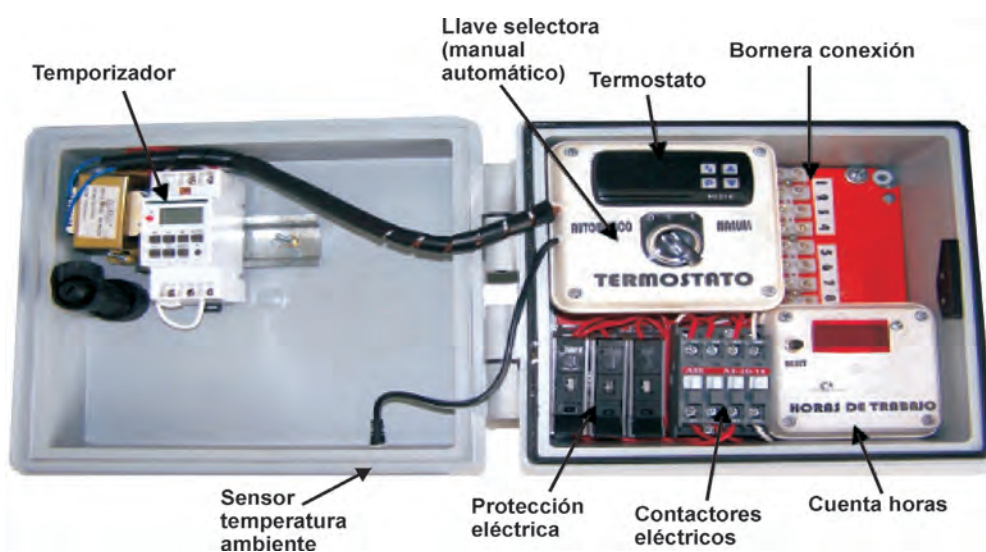
Para optimizar el proceso de enfriado, se debe tener un conocimiento de las condiciones climáticas del lugar para no programar en el controlador temperaturas límite de funcionamiento demasiado bajas que resulten en muy pocas horas de funcionamiento del ventilador. En general el ventilador debería funcionar el 40% de las horas.

El controlador consta de los siguientes componentes (Fig. I.1), todos los cuales se pueden conseguir en una casa de electricidad de cualquier ciudad, por un costo muy accesible:

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

Figura 1.1

Elementos de un controlador de aireación



Fuente: INTA

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 temperatura límite debe programarse de acuerdo a la localidad y la época del año (para mayor orientación, ver la Sección 9 en el Capítulo I). Si se programa un límite demasiado bajo, por ejemplo 10°C en enero para la localidad de Roque Sáenz 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).

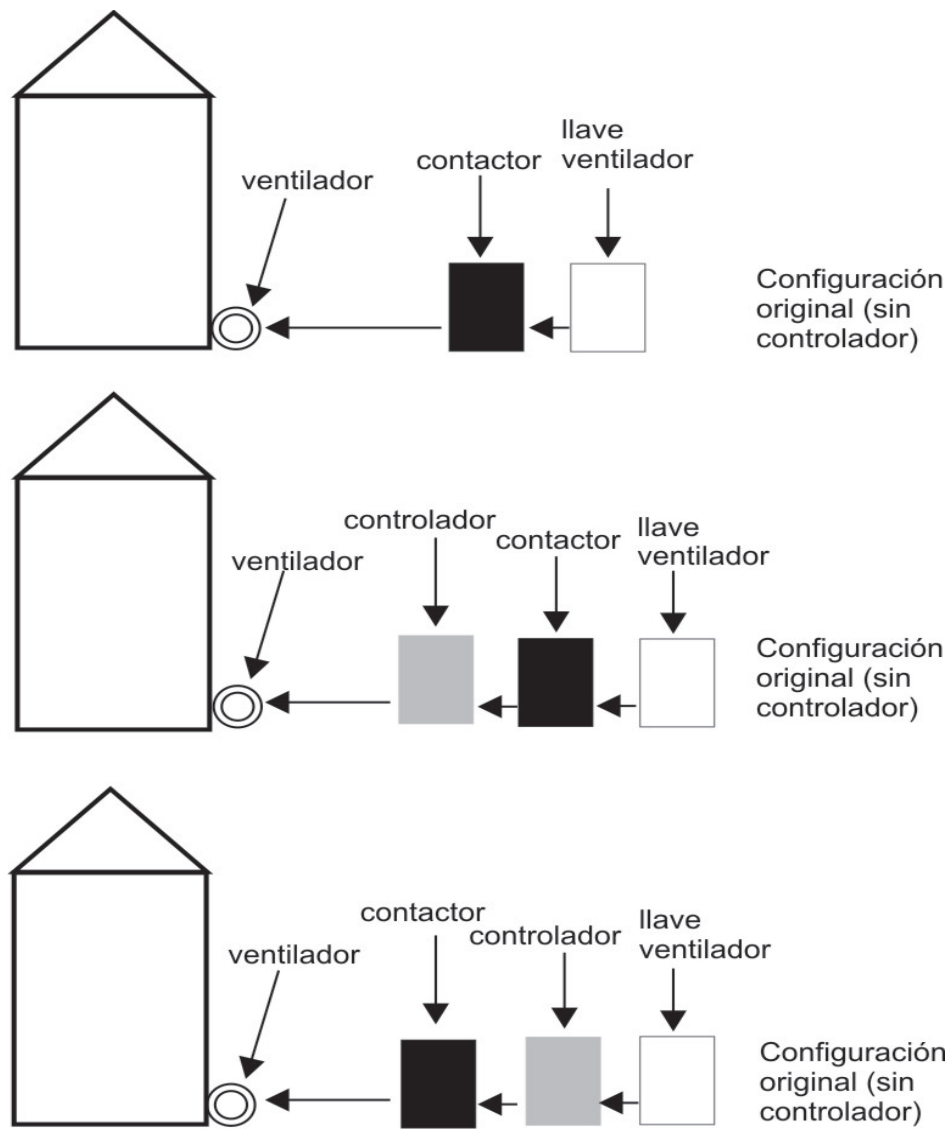
El cuenta horas permite llevar un control de las horas de funcionamiento del ventilador. Esto permite, por un lado estimar los costos derivados de la aireación, y por otro estimar el tiempo demandado para completar el enfriamiento del silo. Por ejemplo, si el caudal de aire es el típico de una aireación de mantenimiento de grano seco (0,1 m³/min/t), entonces el tiempo estimado en completar un Ciclo de Aireación será de 16 horas 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.

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.

El controlador se debe ubicar entre la llave que comanda el ventilador (comando original del ventilador) y el ventilador (para ventiladores de baja potencia, Fig. I.2). 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 1.2

Posibles ubicaciones del controlador de aireación.



Fuente: Bartosik et al, 2010

II. Planillas de Registro

Planilla para Registros de Limpieza

[illegible]

Planilla de Registros de Tratamientos Fitosanitarios

Recinto:.

[illegible]

Planilla de Registro de Monitoreo de Roedores

Anilo: .

[illegible]

Planilla de Registro de Despacho

Recinto..

[illegible]

Anexo II

I. Lista de Verificación sobre nivel de Limpieza en Acopios

Para una mayor acerca del riesgo de infestación por insectos en la planta de acopio, se proporciona la Tabla II.1. La Tabla II.1 contiene una serie de ítems a relevar; de ser positivo el resultado del relevamiento, se asigna a cada ítem el puntaje establecido en la columna Puntaje de Valoración Individual (PVI). Una vez relevados todos los ítems, se suman los PVI obtenidos. El resultado se interpreta según la Tabla II.2.

Tabla II.1

Evaluación del nivel sanitario en planta de acopio

Ítem	Resultado		PVI
	No	Si	
Presencia de granos en la zona de descarga.			3
Presencia de polvillo o granza en la zona de descarga.			1
Piso con rajaduras y/o hendiduras en la zona de descarga.			3
Presencia de granos en el suelo entre los silos.			5
Presencia de polvillo o granza en el suelo entre los silos.			1
Presencia de acumulación de polvillo en las chapas de los silos.			3
Presencia de granos en la zona de la noria.			5
Presencia de polvillo y granza en zona de la noria.			1
Presencia de granos en la puerta de hombre.			5
Presencia de polvillo y granza en salidas de aireación.			1
Presencia de grano residual del año anterior en la zona de descarga y alrededores.			5
Presencia de grietas o rajaduras en el concreto del piso entre los silos.			3
Presencia de grietas o rajaduras en el concreto de la base del silo.			3
Presencia de insectos muertos en los alrededores de la planta.			100
Presencia de insectos vivos en los alrededores de la planta.			100
Presencia de insectos plagas de los granos vivos en el exterior o interior de los silos (paredes, boquillas, etc.)			300
Presencia de insectos plagas de los granos muertos en el exterior o interior de los silos.			300
Alrededores de la planta de silos enmalezado.			5
Presencia de material depositado (residuos) en parantes del silo.			5
Presencia de material depositado (residuos) debajo de los ventiladores.			5
Presencia de material depositado (residuos) en la unión de chapas del silo y la base de concreto.			1
Unión de caños y roscas sucias y en mal estado.			5
Caños de descarga con pérdida de granos.			5
Desagotes de agua de difícil limpieza.			1
Norias y caños de descarga viejos y/o en mal estado.			3
Unión de caño de descarga y el silo con pérdida de granos.			5
De existir membrana recubriendo los silos, esta se encuentra con problemas de sellado en su superficie o bordes.			3
Presencia de bolsas con residuos en la cercanía de la planta de silos.			5
Galpones cercanos a la planta de silos sucios, con granos en el piso y alrededores			5

Tabla II.2*Nivel de riesgo de infestación*

Sumatoria de PVI	Nivel de riesgo de infestación
De 0-15	Mínimo
De 16-100	Moderado
De 101-300	Riesgoso
De 301 o más	Muy riesgoso

Instrucciones para llenar esta planilla: relevar cada punto de la planilla. Cuando la respuesta es “No”, no se asigna ningún puntaje. Cuando la respuesta es “Sí”, se asigna el puntaje que indica la columna PVI. Al final se suman todos los puntos. Con ese total, se busca en la tabla de Interpretación del Nivel de Riesgo cuál es el que corresponde a la planta.

Anexo III

I. Modelo de Procedimiento de Colocación de candado/Etiquetado

Paso 1.

Preparar el apagado de la máquina

- Notificar a todos los empleados afectados que se va a realizar el procedimiento de Colocación de candado/Etiquetado, explicando claramente el motivo.
Nota: por empleado afectado se entiende a aquel que utiliza normalmente la máquina que debe quedar fuera de servicio (por mantenimiento o reparación) y/o a aquel que trabaja en la zona donde se realizará el mantenimiento o reparación.
- El empleado autorizado para realizar el Colocación de candado/Etiquetado debe conocer los tipos y la magnitud de la energía utilizada por la máquina y entender los peligros que derivan de la misma. Las energías peligrosas son múltiples e incluyen la eléctrica, la mecánica, la hidráulica, la neumática, la química y la térmica.
Nota: por empleado autorizado se entiende a aquel capacitado y formalmente habilitado por el empleador a ejecutar el procedimiento de Colocación de candado/Etiquetado en la máquina que debe quedar fuera de servicio.

Paso 2.

Apagar la máquina

- Si la máquina se encuentra en funcionamiento, apagarla mediante el procedimiento de apagado normal.

Paso 3.

Aislar la fuente energética

- Desactivar los interruptores, llaves, teclas o los dispositivos que permitan aislar la máquina de la fuente energética. Cualquier tipo de energía almacenada (en resortes, piezas elevadas, volantes, sistemas hidráulicos, presión, etc.) debería ser disipada o contenida mediante algún mecanismo, como reposicionamiento, bloqueo, desagote, etc.

Paso 4.

Aplicar los Dispositivos de Colocación de candado/Etiquetado

- Bloquear el interruptor, llave, tecla o el dispositivo que aísla a la máquina de la fuente energética con los dispositivos apropiados (por ejemplo, candados o trabas individuales). Utilizar los dispositivos de bloqueo diseñados especialmente para procedimiento de Colocación de candado/Etiquetado.
- Colocar junto con el dispositivo de bloqueo una etiqueta bien visible y firmemente sujeta, indicando "PELIGRO – NO OPERAR", el nombre del operario responsable y la fecha.

Paso 5.

Controlar la energía almacenada

- Inspeccionar el sistema para asegurarse de que todas las partes han dejado de moverse.
- Descargar la tensión de los resortes o bloquear el movimiento de las partes accionadas por resortes.
- Colocar los refuerzos y las trabas de seguridad cuando correspondiere para evitar la caída de piezas desde la altura.
- Bloquear las partes que podrían moverse debido a la pérdida de presión en sistemas hidráulicos o neumáticos.

Paso 6.

Verificar el aislamiento energético de la máquina

- Asegurarse de que no hay personas en todas las áreas potencialmente peligrosas antes de realizar la verificación.
- Verificar que el interruptor principal (o llave o tecla o dispositivo que aísla de la energía a la máquina) no puede ser colocado en posición de "Encendido".
- Accionar el botón de operación normal para asegurarse de que la máquina efectivamente no enciende.
- Regresar el botón de operación normal a la posición "Neutral" o de "Apagado" luego de la prueba.
- La máquina se encuentra ahora bloqueada y etiquetada.
- Durante la realización del servicio o mantenimiento de la máquina, evitar realizar cualquier acción que pudiera poner en marcha a la misma.

Paso 7.

Restablecer el funcionamiento normal de la máquina

- Una vez que concluye la tarea de servicio o mantenimiento de la máquina y ésta se encuentra lista para entrar nuevamente en funcionamiento, verifique que nadie corra peligro en la zona circundante.
- Luego de quitar las herramientas de la máquina, de reinstalar las protecciones correspondientes y de que los operarios se encuentren fuera de peligro, remover las etiquetas y candados.
- Accionar el interruptor principal para restablecer la alimentación energética de la máquina.

Extraído de: Texas Department of Insurance Division of Workers' Compensation.