

**Manual del Consejo de Granos de los Estados Unidos –
Soluciones prácticas para maximizar el valor del maíz estadounidense
importado**

Presentada por:

**Dirk E. Maier, Profesor e Ingeniero Agrónomo de Extensión
Universidad Estatal de Iowa, Ames, Iowa, Estados Unidos**

**Klein E. Ileleji, Profesor e Ingeniero Agrónomo de Extensión
Universidad de Purdue, West Lafayette, Indiana, EE.UU.**

**Robert (Bob) Marlow, Presidente y Propietario
Servicios profesionales de operaciones, Walton, Indiana, EE. UU.**

Manual del Consejo de Granos de los Estados Unidos – Soluciones prácticas para maximizar el valor del maíz estadounidense importado

Resumen ejecutivo

Este manual tiene como objetivo abordar tres preocupaciones clave que los gerentes de operaciones en almacenes de granos y fábricas de alimentos a menudo enfrentan cuando reciben maíz importado: (1) contenido de humedad del 14.5 por ciento, (2) altas cantidades de finos que hacen que el manejo y el almacenamiento sean más desafiantes, y (3) presencia de micotoxinas. Las soluciones prácticas presentadas en este manual abordan cómo gestionar con éxito estos desafíos desde la perspectiva del gerente de operaciones.

El manual se divide en cuatro secciones. La primera sección define las tres preocupaciones clave, es decir, el contenido de humedad, el maíz roto y el material extraño, y los mohos y micotoxinas, así como también presenta los conceptos clave para mantener la calidad del maíz estadounidense durante el envío y el almacenamiento en el país. Estos incluyen el monitoreo de la temperatura, el contenido de humedad y el dióxido de carbono, así como lo que constituye el contenido de humedad de almacenamiento seguro y las condiciones de deterioro. La segunda sección introduce un árbol de decisión en forma de diagrama de flujo para guiar al usuario sobre cómo evaluar la calidad del maíz a la llegada del puerto y a lo largo de la cadena de suministro en el país. Lleva al usuario a las subsecciones apropiadas en la tercera sección del manual para mitigar los posibles desafíos de calidad. La sección tres también profundiza en la preparación del maíz importado para su almacenamiento y procesamiento, y cómo manejar y utilizar las separadoras de maíz roto y materiales extraños separados como ingrediente de pienso. Algunas instalaciones de recepción, almacenamiento y procesamiento de granos no están suficientemente equipadas para administrar la calidad del maíz importado durante el almacenamiento. La cuarta sección se centra en preparar las instalaciones para mejorar el manejo del maíz estadounidense mediante la identificación de opciones de equipos para la limpieza y la reducción de la posibilidad de roturas adicionales durante la manipulación. Esta sección también revisa cómo determinar el valor de las pérdidas por contracción excesivas debidas a un manejo deficiente, una aireación excesiva y un deterioro de la calidad. Se presenta un enfoque para evaluar y comparar los beneficios y ahorros de costos para las actualizaciones de equipos y sistemas de manejo mejorados que se complementa con una herramienta de hoja de cálculo. Una extensa lista de referencias, lecturas adicionales y apéndices completa este manual de soluciones prácticas para gerentes de operaciones y su personal.

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

Tabla de contenidos

Resumen ejecutivo	2
Tabla de contenidos	3
1. Introducción	6
1.1. Maíz partido y materias extrañas	6
1.2. Mohos y micotoxinas	7
1.3. Calidad del maíz estadounidense durante el envío y almacenamiento	9
1.3.1. Control de la temperatura, el contenido de humedad y el dióxido de carbono.....	10
1.3.2. Contenido de humedad de almacenamiento seguro y condiciones de deterioro.....	11
2. Evaluación del maíz estadounidense para su almacenamiento y procesamiento	13
2.1. Árbol de decisión basado en la evaluación de la calidad del maíz a la llegada y en la cadena de suministro en el país	15
3. Preparación del maíz estadounidense para su almacenamiento y procesamiento	16
3.1. Consideraciones relativas a la infraestructura de almacenamiento y manipulación a granel en la gestión del grano importado	16
3.1.1. Muestreo de granos y medición de la humedad.....	16
3.1.2. Operaciones de recepción y transferencia de granos.....	21
3.1.3. Operaciones de estructura de almacenamiento de granos	24
3.1.4. Secado con aire natural/baja temperatura (NA/LT).....	24
3.2. Monitoreo del maíz almacenado, herramientas y cómo usarlas	25
3.2.1. Control de la humedad.....	26
3.2.2. Control de la humedad en el almacén	26
3.2.3. Control de la temperatura en el almacén	27
3.2.6. Utilice las siguientes recomendaciones para interpretar los niveles de CO2 en el.....	29
maíz almacenado	29
3.3. Gestión de la temperatura y la humedad relativa en los sistemas de granos almacenados	31
3.3.1. Aireación con aire ambiente	31
3.3.2. Aireación con aire frío	32
3.3.3. Gestión del microclima del espacio de cabeza.....	32
3.4. Mitigar la presencia de insectos	33
3.4.1. Fumigación en el buque después de la llegada al puerto	33
3.4.2. Fumigación durante el almacenamiento	34
3.5. Ozonización	35
3.6. Mitigación contra el nivel de impurezas y grano quebrado superior al 4%	36
3.6.1. Cribado.....	36
3.6.2. Scalping (Cribado)	37
3.7. Mitigación contra el nivel de daño total superior al 7%	37

3.7.1. Granos dañados por el calor	38
3.7.2. Granos dañados distintos de los dañados por el calor.....	38
3.8. Mitigación de las micotoxinas.....	39
3.9. Gestión de las proyecciones de impurezas y grano quebrado	40
3.9.1. Volver a agregar impurezas y grano quebrado en futuros envíos de maíz.....	40
3.9.2. Volver a añadir impurezas y grano quebrado al maíz destinado a la transformación.....	40
3.10. Manejo de scalpings (Separación de gruesos) FM (Materia Extraña)	41
3.10.2. Utilización de residuos derivados de scalpings (Separación de gruesos).....	41
3.11. Utilización de cribados (scalpings) BCFM en la molienda de piensos	41
3.12. Reducción del impacto de impurezas y grano quebrado en el almacenamiento.....	41
3.12.1. Extracción de muestras para mejorar el flujo de aire en estructuras de almacenamiento aireado	41
3.12.2. Ciclos de extracción de muestras simples frente a múltiples	42
3.12.3. Utilización alternativa del material de grano sin corazón.....	42
4. Preparación de instalaciones para un mejor manejo del maíz estadounidense	44
4.1. Opciones de equipo para limpiar el maíz.....	44
4.1.1. Limpiadores por gravedad	44
4.1.3 Limpiador y criba estilo rotativo o tambor.....	46
4.1.4 Dispositivos de cribado y scalping en línea	47
4.2 Opciones de equipo para reducir la rotura del maíz durante la manipulación.....	49
4.2.1 Pozo receptor de granos	49
4.2.2 Minimizar o eliminar la manipulación adicional	50
4.2.3 Disminución de las velocidades de transporte.....	50
4.2.4 Cajas de cojines	51
4.2.5 Retardadores de flujo en línea	51
4.2.6 Esparcidores de granos por gravedad y motorizados	52
4.2.7 Escaleras de grano (o Reductor de velocidad de caída).....	53
4.2.8 Materiales de revestimiento del pico y del transportador	54
4.2.9 Vasos elevadores de cangilones ventilados para mejorar el manejo	54
4.2.10 Sustitución de transportadores de tornillo y cadena por transportadores de banda	55
4.2.11 Modificación de ubicaciones de alto impacto existentes	55
4.3 Opciones de equipo para preservar la calidad del grano almacenado	55
4.3.1 Estructuras de almacenamiento de granos.....	55
4.3.2 Sistemas de aireación portátiles (verticales).....	58
4.3.3 Enfriadores de granos	59
4.3.4 Ventilación del techo y del espacio de cabeza.....	59
4.3.5 Sistemas de aireación semipermanente	60
4.3.6 Sistema de extracción de muestras y recuperación para edificios de almacenamiento plano	61
4.3.7 Sistema de aireación añadido a 4.3.5	61
4.4 Determinación del valor de la pérdida de manipulación, la reducción de peso y los gastos de servicios públicos	62
4.4.1 Mejora de la aireación del grano = reducción de los costes de los servicios públicos.....	62
4.4.2 Mejora de la conservación del grano = reducción de la contracción debido al deterioro.....	63

4.4.3 Manejo mejorado del grano = Reducción de la contracción debido a la manipulación 63

4.4.4 impurezas y grano quebrado y su valor equivalente 65

4.5 Beneficios y ahorros de costos para actualizaciones de equipos y sistemas de manejo mejorados.....65

4.6 Análisis de oportunidades para comprar maíz de mayor nivel de BCFM67

4.6.1 Ahorros en la compra de maíz estadounidense con niveles más altos de BCFM 68

4.6.2 Aireación optimizada del grano y uso de energía 68

4.6.3 Supresión de plagas de insectos y menores gastos de fumigación..... 68

4.6.4 Mejora de la manipulación y reducción de los riesgos para los trabajadores 69

4.6.5 Reducción y mitigación de micotoxinas 69

5 Referencias y lecturas recomendadas..... 70

6 Apéndices 72

6.1 Grados estadounidenses para maíz.....72

6.2 Glosario de equipos73

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

1. Introducción

El propósito principal de este manual es proporcionar soluciones prácticas a los gerentes de operaciones y su personal que administran almacenes de granos y fábricas de piensos que reciben envíos de exportación de maíz estadounidense en sus ubicaciones en el extranjero. Las opciones de solución se centran en mitigar el contenido de humedad por encima de las condiciones de almacenamiento seguras, la acumulación localizada de maíz roto y material extraño en silos y almacenes, y el desarrollo de micotoxinas como resultado de prácticas de almacenamiento deficientes. Además de las soluciones prácticas descritas en este manual, las mejores prácticas de gestión para el almacenamiento seguro de maíz, otros granos o ingredientes de piensos importados de los Estados Unidos están cubiertas en otros manuales^{1,2} del USGC y en varias otras referencias.

1.1. Maíz partido y materias extrañas

De acuerdo con las Normas de Granos de los Estados Unidos³ (véase el Apéndice [6.1](#)), el maíz partido y el material extraño para los cinco grados de maíz de los Estados Unidos se definen de la siguiente manera.

Maíz roto (BC): Toda la materia que pasa fácilmente a través de un tamiz de orificio redondo 12/64 y queda sobre un tamiz de orificio redondo 6/64 de acuerdo con los procedimientos prescritos en las instrucciones del FGIS.

Material extraño (FM): Toda la materia que pasa fácilmente a través de un tamiz de orificio redondo 6/64 y toda la materia que no sea maíz que permanece en la parte superior del tamiz de orificio redondo 12/64 de acuerdo con los procedimientos prescritos en las instrucciones del FGIS.

Maíz roto y material extraño (BCFM): Toda la materia que pasa fácilmente a través de un tamiz de orificio redondo 12/64 y toda la materia que no sea maíz que permanece en la muestra tamizada después del tamizado de acuerdo con los procedimientos prescritos en las instrucciones del FGIS.

El material a veces denominado "finos" (que no es una designación oficial) es de hecho la porción fina de material extraño (FM) que contiene pequeños trozos de maíz y polvo que "pasa fácilmente a través de un tamiz de orificio redondo de 6/64 pulgadas (2,38 mm)" (excluyendo lo que se identifica como material extraño en términos de "distinto del maíz que permanece en la parte superior de un tamiz de orificio redondo de 12/64 pulgadas (4,76 mm)"). El polvo blanco en el maíz estadounidense exportado consiste principalmente en almidón del endospermo de maíz roto. Juntos, BC, los finos y el polvo son buenos ingredientes para piensos, pero su presencia puede causar problemas en el almacenamiento y debe manejarse adecuadamente. Cuando el maíz cae en un silo o almacén desde un pico aéreo o transportador cruzado, se forma una pila con forma de cono. Los granos de maíz, los trozos más grandes de maíz roto y los trozos ligeros de material extraño (por ejemplo, mazorcas y trozos de tallo, vainas de soja) fluyen por la superficie de la pila aumentando su diámetro, mientras que BC y la porción fina de FM tienden a acumularse en el núcleo de la pila debajo del pico. En los silos sólo se forma uno de los llamados spoilage

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

(Apelmazamientos) mientras que en los almacenes se forman spoilage (pilares y/o apelmazamientos) debajo de cada punto de caída del transportador (Fig. 1.1).



Figura 1.1. Ilustración de contornos formados debajo de los puntos de caída de tres transportadores aéreos paralelos que recorren la longitud del almacén lleno de maíz para su almacenamiento a largo plazo.
(Fuente: USGC)

La porción fina de FM en el maíz consiste en partículas significativamente más pequeñas que los propios granos. La mayoría de los finos en el maíz estadounidense consisten en trozos rotos de maíz y tienen aproximadamente el mismo valor nutricional que el maíz entero. Si bien los finos no son un factor de grado separado, su presencia puede causar problemas en el almacenamiento a menos que la condición se maneje adecuadamente. Los contornos son las acumulaciones de estos finos y BC debajo del pico donde el grano se deja caer en un recipiente. Se ha demostrado que los contornos en el maíz contienen cinco veces o más BC y finos que el grano en otras partes de la masa.

1.2. Mohos y micotoxinas

Las esporas de moho (o hongos) se activan más por la humedad relativa del aire que rodea los granos de maíz que por la temperatura. Una humedad relativa superior al 65-70% es el umbral de activación general. Esto implica que el contenido de humedad en equilibrio con una humedad relativa de 65-70% a cualquier temperatura determina si los hongos crecerán o el maíz continuará almacenándose de manera segura. Por ejemplo, el maíz a 15 °C y 15,1% de contenido de humedad estará en equilibrio con el aire a una humedad relativa del 75% (Tabla 1.1). Desafortunadamente, a una humedad relativa del 75%, las esporas de hongos comenzarán a activarse, lo que a menudo se observa en forma de costras superficiales en el maíz cuando las temperaturas del espacio de

cabeza en silos y almacenes aumentan en climas cálidos. Idealmente, el maíz estadounidense exportado a los trópicos y subtropicos debe almacenarse a niveles de humedad más cercanos al 13-13.5% para asegurar que la humedad relativa que rodea los granos de grano permanezca por debajo del 65-70% a temperaturas superiores a 20 ° C.

Tabla 1.1. Contenido de humedad (%) del maíz en función de la temperatura y la humedad relativa del aire que rodea los granos en la masa de grano almacenada de un silo o almacén. Una tabla más detallada se incluye en Apéndice 6.2. (Fuente: Maier)

Temperature (°C)	Relative Humidity (%)						
	50	55	60	65	70	75	80
15	11.6	12.2	12.9	13.5	14.3	15.1	16.1
20	11.2	11.8	12.4	13.1	13.9	14.7	15.7
25	10.8	11.4	12.1	12.8	13.5	14.4	15.4
30	10.4	11.0	11.7	12.4	13.2	14.0	15.0
35	10.1	10.7	11.4	12.1	12.9	13.7	14.7

La mejor manera de mitigar el desarrollo de moho en el almacenamiento es reducir el contenido de humedad al límite de almacenamiento seguro si el maíz se va a almacenar durante más de tres semanas. Para períodos de almacenamiento más largos, o para maíz con signos de autocalentamiento, niveles de daño excesivos o altas cantidades de finos, consulte el árbol de decisión en la [Sección 2](#).

Los inhibidores de moho a menudo se recomiendan como una herramienta de mitigación. Originalmente fueron desarrollados para su aplicación al maíz de alta humedad (más del 18% Humedad) inmediatamente después de la cosecha como una alternativa menos costosa al secado artificial del maíz, o para extender el tiempo de retención antes de que el maíz pudiera secarse. Los inhibidores de moho nunca ganaron aceptación entre los productores, manipuladores y exportadores de granos de los Estados Unidos, y por lo tanto no se aplican al maíz estadounidense exportado. Se basan en ácido propiónico y se consideran seguros para el consumo humano y animal. La acción inhibitoria es principalmente evitando que las esporas de hongos crezcan en lugar de destruirlas. En muchos países se utilizan para prolongar la vida útil de los alimentos para animales. No *deberían* ser necesarios para el maíz estadounidense importado, especialmente cuando la humedad y las impurezas y grano quebrado se manejan con las mejores prácticas para evitar el deterioro y el autocalentamiento del grano en el set.

Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por mohos que a veces se encuentran en los granos de cereales. La aflatoxina, el deoxinivalenol (DON), la fumonisina, la toxina T-2 y la

zearalenona son las principales micotoxinas preocupantes. La aflatoxina es una toxina química producida por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Estas especies de moho crecen bien y producen aflatoxinas a temperaturas superiores a 20°C y condiciones de humedad relativa entre 85-99%. La contaminación por micotoxinas suele ser un fenómeno localizado presente en algunas campañas de cultivo y no en otras. La presencia de estas sustancias y la ubicación de las áreas problemáticas generalmente se descubren mucho antes de que cualquier grano contaminado ingrese a los canales de exportación. Todo el maíz estadounidense se analiza en la exportación para detectar aflatoxinas, la toxina más común en el maíz. El maíz que contiene más de 20 partes por billón no se puede cargar. Algunas especies de moho, principalmente *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.* Puede atacar el maíz mal administrado almacenado por encima de los niveles de contenido de humedad de almacenamiento seguro. Esto puede conducir a la producción de micotoxinas durante el almacenamiento de maíz estadounidense en un lugar en el extranjero. El almacenamiento bien administrado evita la producción de micotoxinas. Las mismas buenas prácticas de almacenamiento que mantienen la calidad del grano almacenado evitan la contaminación por micotoxinas.

Una variedad de kits de prueba de micotoxinas está disponible comercialmente para identificar y cuantificar micotoxinas en granos e ingredientes de piensos. Una excelente referencia de los kits de prueba disponibles y su rendimiento verificado está disponible en el Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS) del USDA. El muestreo y las pruebas representativas antes, durante y después del almacenamiento ayudan a garantizar una alimentación libre de micotoxinas. Cuando se descubran niveles de micotoxinas por encima de los límites permitidos específicos de cada país, ¹consulte el árbol de decisiones en la [Sección 2](#).

Los captadores de micotoxinas a menudo se recomiendan como una herramienta de mitigación. Se definen como sustancias que se unen a las micotoxinas y evitan que se absorban a través del intestino animal hacia la sangre. Circulación de la cual se excretan en alimentos de origen animal como la leche. Los captadores de micotoxinas se utilizan principalmente como aditivo para piensos. Una variedad de productos comerciales está disponible en todo el mundo. Además, una fábrica de piensos puede diluir el maíz con un mayor nivel de micotoxinas mezclándolo con grano limpio con el fin de fabricar piensos. Esto permite la reducción de micotoxinas en el grano mezclado siempre que esta práctica esté permitida en el país.

1.3. Calidad del maíz estadounidense durante el envío y almacenamiento

Los importadores de maíz estadounidense, especialmente en climas tropicales, enfrentan mayores desafíos para mantener la calidad durante el almacenamiento que sus contrapartes en los Estados Unidos. Las razones incluyen (a) el manejo repetido de la granja a la terminal de exportación y nuevamente desde la terminal de importación hasta el usuario final produce más roturas y polvo,

¹ Kits de prueba de aflatoxinas verificados por rendimiento de FGIS: a partir del 28/04/2020; <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FGISApprovedMycotoxinRapidTestKits.pdf>

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

(b) la temperatura ambiente es más alta que la temperatura a la que se mantuvo el maíz durante el período de almacenamiento de invierno en los Estados Unidos, y (c) la combinación de temperatura ambiente y humedad relativa en los trópicos es más alta que la humedad relativa de equilibrio del maíz a niveles de humedad comercializados.

1.3.1. Control de la temperatura, el contenido de humedad y el dióxido de carbono

El monitoreo del grano almacenado es clave para preservar con éxito la calidad y cantidad del grano. Desafortunadamente, relativamente pocos silos y aún menos almacenes de importadores, manipuladores de granos y molineros de alimentos están equipados con tecnologías de detección y sistemas de monitoreo que pueden rastrear la temperatura, el contenido de humedad y el dióxido de carbono (CO₂). La mayoría de los problemas de almacenamiento son causados por la infiltración de humedad y la penetración de insectos en la estructura de almacenamiento, lo que hace que aumente la respiración biológica de gérmenes, hongos e insectos. Por lo tanto, la detección temprana del deterioro es esencial para mantenerlos en niveles en los que no causen deterioro del grano y afecten el valor económico. Los insectos y los mohos son organismos aeróbicos que respiran y liberan CO₂ en el aire intersticial de una masa de grano almacenada. Las corrientes de aire de convección que se mueven hacia arriba dentro de la masa de grano transportan CO₂ al espacio de cabeza de un silo o almacén, incluso desde núcleos de finos densamente empaquetados.

La acumulación de finos y maíz partido y la exposición asociada de almidón en contornos es altamente susceptible al inicio del deterioro, especialmente cuando la humedad relativa de equilibrio del aire atrapado en el núcleo de los finos es superior al 65-70%. Los hongos esporulantes respiran calor, vapor de agua y CO₂. El contorno densamente empaquetado atrapa los dos primeros, lo que acelera el crecimiento y el deterioro del moho, ninguno de los dos se detecta fácilmente. Afortunadamente, el CO₂ es un gas que no queda atrapado y se puede detectar en el espacio de cabeza de un silo o almacén.

Por lo general, el aire ambiente tiene una concentración de CO₂ de 400 ppm (partes por millón). Investigaciones anteriores indican que una masa de grano estable tiene una concentración de CO₂ de 450-600 ppm. Los niveles más altos indican actividad biológica por encima de lo normal. Por lo tanto, el monitoreo de CO₂ en el aire del espacio de cabeza de silos y almacenes, o la corriente de aire de escape de los ventiladores de aireación con sensores portátiles o instalados permanentemente es una herramienta de monitoreo efectiva y preferida para los administradores de granos almacenados. Las concentraciones de 600 a 1500 ppm indican el crecimiento de moho en el set, la presencia de insectos o la infiltración de humedad. Las concentraciones de 1500 a 4000 ppm y más allá indican claramente una infección grave por moho o una infestación de insectos. Consulte la [Sección 3.2.5](#) para obtener más información sobre el monitoreo de CO₂ y las herramientas utilizadas.

1.3.2. Contenido de humedad de almacenamiento seguro y condiciones de deterioro

En las terminales de exportación de Estados Unidos, el maíz no se seca, sino que se mezcla para cumplir con las especificaciones del contrato. Cuando el maíz con un contenido de humedad del 15-16% se mezcla con el maíz al 12-13% de contenido de humedad, se produce una mezcla de maíz que tiene granos individuales con un contenido de humedad que normalmente se comercializa al 14-14.5%. Esos granos con contenidos de humedad más altos que los seguros para el almacenamiento tienen una vida útil sustancialmente más corta y permitirán que los hongos crezcan, especialmente cuando el maíz relativamente más frío se importa y se almacena en climas más cálidos y húmedos. Este inicio de deterioro es un proceso biológico que ocurre naturalmente dentro de tres a cuatro semanas y resulta en el autocalentamiento del maíz. El inicio del deterioro se acelera cuando el maíz contiene grandes cantidades de maíz roto y material extraño (BCFM). Los granos rotos significan almidón expuesto a esporas de hongos que, junto con más polvo y granos de mayor humedad, acelerarán la aparición del deterioro y aumentarán el potencial de autocalentamiento.

La condensación asociada con el manejo y almacenamiento de maíz importado en climas cálidos es otro desafío. A menudo llega a puertos tropicales a una temperatura al menos 10 ° C más fría que el aire ambiente. El agua se condensa en las superficies externas del equipo de manejo de granos cuando el maíz frío se descarga de los recipientes y se transfiere a silos de almacenamiento o almacenes. El agua condensada en las superficies metálicas externas no afecta al maíz siempre y cuando no se permita que gotee sobre el maíz. Idealmente, el maíz se transfiere en transportadores cerrados en lugar de transportadores de banda abierta que permiten que el aire cálido y húmedo entre en contacto con el maíz frío y seco. El contacto entre este grano frío y el aire húmedo hace que el agua se condense en el maíz expuesto, lo que cuando se almacena puede resultar en una humedad relativa de mayor equilibrio del aire. Esto a su vez resulta en la activación de las esporas de hongos seguidas naturalmente por el inicio del deterioro y el autocalentamiento.

Una tecnología de proceso clave para reducir el contenido de humedad a niveles de almacenamiento seguros es el secado artificial. Desafortunadamente, los secadores de flujo continuo de alta capacidad generalmente no se encuentran en las terminales de exportación de los Estados Unidos y en las terminales de importación en el extranjero. El equipo es caro de comprar, poseer y operar. Por lo tanto, el secado con aire caliente generalmente no es una opción para controlar el contenido de humedad en el maíz importado. Sin embargo, el secado también se puede realizar utilizando aire natural/secado a baja temperatura, que es un proceso de secado lento utilizando ventiladores de aireación solos (aire natural) o aireación con aire ligeramente calentado (baja temperatura) donde todo el proceso de secado está contenido en el silo (consulte la Sección 3.1.4).

La aireación del grano implica forzar el aire ambiente o frío a bajas tasas de flujo a través de una masa de grano almacenada para bajar o mantener su temperatura. Requiere ventiladores y un sistema de distribución de aire para empujar o extraer aire a través del grano. La mayoría de los silos y almacenes en las terminales de importación en el extranjero no están equipados para la

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

aireación. Sin embargo, si es necesario, pueden equiparse con sistemas de aireación permanentes o portátiles (consulte las secciones 4.3.2 a 4.3.7). Cuando las condiciones climáticas no permiten enfriar y mantener el grano almacenado con aire ambiente, hay unidades portátiles de enfriamiento de aire disponibles para la aireación refrigerada del grano almacenado. Este equipo es costoso de comprar, poseer y operar, y generalmente solo se usa para preservar granos alimenticios de mayor valor como el arroz y el trigo para evitar el uso de protectores y fumigantes.

La clave de la aireación es comprender las condiciones climáticas locales para determinar si, y si es así, cuándo encender los ventiladores. Por ejemplo, un análisis de cinco años de datos meteorológicos para Túnez, Túnez, indica que la temperatura media y la humedad relativa del aire ambiente durante todo el año fue de 19,6 ° C y 65,8%. La humedad relativa promedio a lo largo del año osciló entre 54 y 75%, lo que implica un bajo potencial de activación de esporas de hongos (Fig. 1.2). Por lo tanto, el maíz importado de grado 2 de los Estados Unidos con un contenido de humedad del 14-14.5% y una temperatura de 10 ° C a su llegada debe almacenarse bien en Túnez sin necesidad de aireación. Si dicho maíz fuera aireado, se calentaría en promedio a 19.0 ° C y causaría un cierto encogimiento al 13.2% de contenido de humedad de equilibrio. Esta cantidad de calentamiento y reducción de la humedad debido a la aireación sería costosa (véase la Sección 4.4) y no mejoraría sustancialmente la capacidad de almacenamiento del maíz importado. Un beneficio adicional de mantener el grano almacenado lo más fresco posible es la prevención de la aparición de deterioro y el desarrollo de insectos que se ralentizan sustancialmente por debajo de 20 ° C y una humedad relativa de equilibrio de 65-68% dentro de la masa de grano almacenada (ver Tabla 1.1).

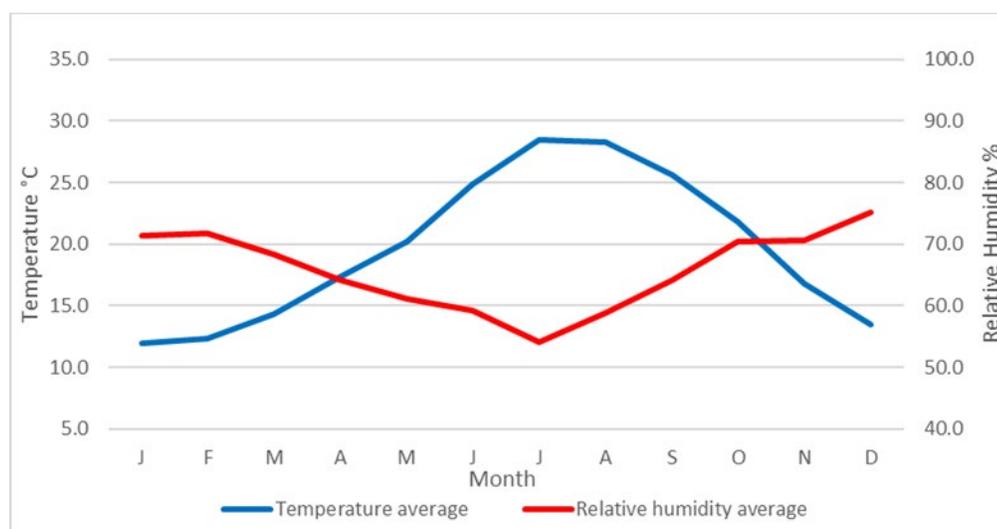


Figura 1.2. Temperatura mensual y humedad relativa promediada durante cinco años (2015-19) para Túnez, Túnez. Las temperaturas y las humedades relativas de invierno (diciembre-febrero) oscilan entre 10-14 ° C y 70-75%, la primavera (marzo-mayo) y el otoño (septiembre-noviembre) de 14-25 ° C y 60-

70%, y el verano (junio-septiembre) de 25-29 ° C y 54-64%. Este es un rango seguro con un bajo potencial para activar las esporas de hongos. (Fuente: Maier)

2. Evaluación del maíz estadounidense para su almacenamiento y procesamiento

Utilice el siguiente árbol de decisión para determinar cómo debe administrar el maíz entrante recibido. Para maíz entre 13-13.5% de contenido de humedad, contenido de impurezas y grano quebrado de menos del 4%, daño total por debajo del 7%, y sin signos de insectos vivos, deterioro, humedad o olores desagradables, el maíz se puede colocar en un silo de acero o concreto, o almacén para un **almacenamiento a largo plazo** de 3 meses o más, dependiendo de las condiciones climáticas prevalecientes. Tenga en cuenta que el maíz seco de buena calidad debe controlarse y mantenerse fresco para evitar que se salga de condición. La masa de grano debe ser desenmascarada después de ser colocada en un silo o almacén (véase la [Sección 3.12](#) para las mejores prácticas y la [Sección 4.3.6](#) para el equipo). Se debe practicar ventilar el espacio de cabeza de forma rutinaria para evitar la condensación. Para obtener una guía sobre la aireación y el mantenimiento seguro de las temperaturas de almacenamiento, consulte las secciones 1.4.2 y 3.3.

Para maíz entre 13.5-14.0% de contenido de humedad, contenido de impurezas y grano quebrado de menos del 4%, daño total por debajo del 7%, y sin signos de insectos vivos, deterioro, humedad o olores desagradables, el maíz se puede colocar en un silo de acero o concreto para **almacenamiento a mediano plazo** hasta 3 meses, dependiendo de las condiciones climáticas prevalecientes. Sin embargo, debe ser monitoreado de cerca durante los períodos de temperaturas ambiente más altas y humedades relativas, especialmente en los trópicos y subtrópicos con condiciones favorables para el deterioro del maíz y la infestación de insectos. La masa de grano debe ser desenmascarada después de ser colocada en un silo o almacén (véase la Sección 3.12 para las mejores prácticas y la Sección 4.3.6 para el equipo). Se debe practicar ventilar el espacio de cabeza de forma rutinaria para evitar la condensación. Para obtener una guía sobre la aireación y el mantenimiento seguro de las temperaturas de almacenamiento, consulte las secciones 1.4.2 y 3.3.

Para maíz entre 14.0-15.0% de contenido de humedad, contenido de impurezas y grano quebrado de menos del 4%, daño total por debajo del 7%, y sin signos de insectos vivos, deterioro, humedad u olores desagradables, el maíz se puede colocar en un silo de acero o concreto para **almacenamiento a corto plazo** hasta 1 mes, dependiendo de las condiciones climáticas prevalecientes. Sin embargo, debe ser monitoreado de cerca durante los períodos de temperaturas ambiente más altas y humedades relativas, especialmente en los trópicos y subtrópicos con condiciones favorables para el deterioro del maíz y la infestación de insectos. La masa de grano debe ser desenmascarada después de ser colocada en un silo o almacén (véase la Sección 3.12 para las mejores prácticas y la Sección 4.3.6 para el equipo). Se debe prestar especial atención al manejo del material con mayor núcleo de humedad de los contornos. Se debe practicar ventilar el espacio de cabeza de forma rutinaria para evitar la condensación. Si el almacenamiento a corto plazo dentro de los límites de los parámetros de calidad indicados no es una opción, vuelva al árbol de decisión

de la sección 2 y considere la posibilidad de reducir el contenido de humedad utilizando aire natural (consulte la sección 3.1.5).

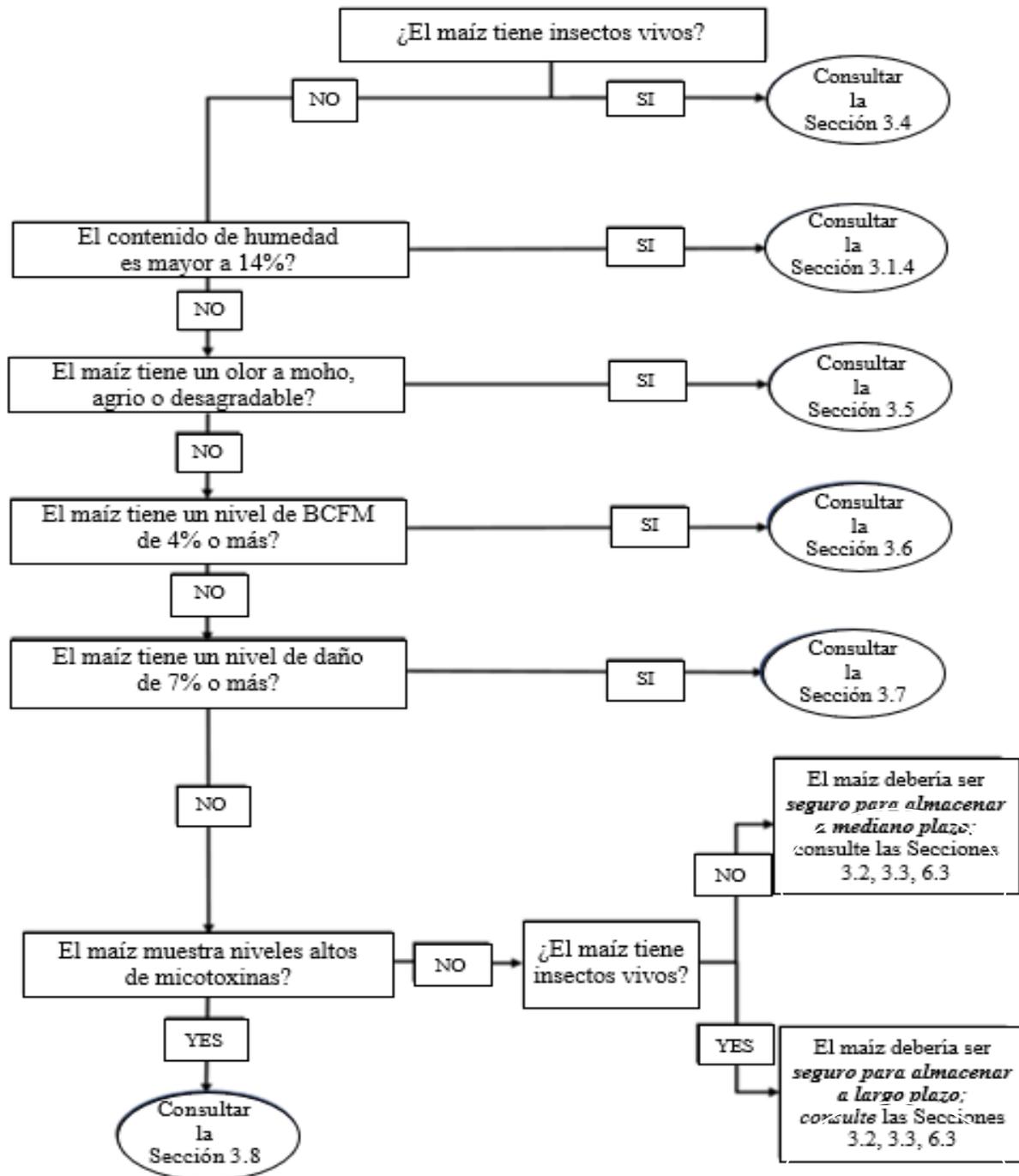
Para obtener una guía sobre aireación y mantenimiento seguro de las temperaturas de almacenamiento, consulte las secciones 3.2, 3.3 y 6.3.

Para el maíz que huele a humedad, tiene olores desagradables y muestra signos de apelmazamiento o calentamiento debido a un punto caliente localizado que podría haberse desarrollado en la bodega, determine el contenido de humedad del maíz, el contenido de impurezas y grano quebrado y el nivel de daño total.² El maíz con cualquier contenido de humedad que huelo a humedad o tiene olores desagradables, y que muestra signos de apelmazamiento o calentamiento (punto caliente), debe trasladarse a un almacén plano. Asegúrese de que los grupos de maíz apelmazado se rompan y se extiendan, especialmente si el calentamiento activo ha comenzado. Compruebe si hay signos de calentamiento extremo y daños debido al deterioro. El uso de un cargador frontal en un almacén proporciona espacio para romper el grano apelmazado para disipar el calor. No mezcle maíz con deterioro activo o autocalentamiento con grano de buena calidad. Más bien, el maíz con deterioro activo debe mezclarse adecuadamente con grano de calidad a medida que se procesa en alimento. No cargue el maíz que sale de condición en un silo, sino manténgalo separado y analice las micotoxinas. Los resultados deben guiar cómo debe utilizarse mejor en alimentos manufacturados. Consulte la Sección 3.5. en el tratamiento del maíz para la humedad.

² Cuando las esporas de moho crecen y el maíz comienza a echarse a perder, los granos son envueltos por las esporas que con el tiempo también se llena el espacio aéreo entre los granos y eventualmente causan que una masa creciente de maíz se pegue en un trozo o grupo más grande. Este proceso se conoce como "apelmazamiento". El núcleo de una masa de grano apelmazada típicamente contiene el autocalentamiento.

"punto caliente" que reúne las condiciones extremas pueden iniciar el "carbonizado" del maíz, y si se les molesta pueden incendiar el maíz.

2.1. Árbol de decisión basado en la evaluación de la calidad del maíz a la llegada y en la cadena de suministro en el país³



³ Las comparaciones se basan en el Estándar de Calidad de Maíz oficial de los Estados Unidos (la copia adjunta es del Manual de USGC mencionado anteriormente); La versión real será una decisión visual en el Gráfico del árbol

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

3. Preparación del maíz estadounidense para su almacenamiento y procesamiento

3.1. Consideraciones relativas a la infraestructura de almacenamiento y manipulación a granel en la gestión del grano importado

El maíz importado de los Estados Unidos generalmente se envía en buques de transporte a granel, como un buque Panamax. Se necesitan buenos sistemas de manejo y almacenamiento para preservar la calidad del maíz (atributos físicos, nutricionales y fitosanitarios) desde su origen (terminal de exportación) hasta el destino final de almacenamiento del país importador. *Un buen equipo es fundamental para minimizar el daño, sin embargo, son las mejores prácticas de gestión de operaciones las que son clave para mantener la calidad del grano almacenado.* Por lo tanto, las operaciones deben pensarse cuidadosamente desde que el grano se descarga de la bodega del buque hasta el transporte hasta el sitio de almacenamiento final para evitar pérdidas y afectar negativamente la calidad. Para evitar cargos por sobreestadía, los importadores prosperan para descargar y mover el grano al almacenamiento lo más rápido posible, y en algunos casos durante un evento de lluvia. Si esto ocurre, se debe evaluar el impacto de este evento de lluvia en el aumento de la humedad de la carga de grano y su posterior impacto en la vida útil de almacenamiento. Se debe hacer una documentación cuidadosa de este tipo de eventos y la medición del contenido de humedad para prepararse para la mejor gestión del grano para su almacenamiento y procesamiento. Las prácticas clave para preparar el maíz estadounidense para su almacenamiento y procesamiento, y cómo utilizarlos de manera efectiva en condiciones difíciles son las siguientes.

3.1.1. Muestreo de granos y medición de la humedad

Muestreo de granos: El muestreo de granos es una de las operaciones más importantes en cualquier instalación. Debe considerarse como el guardián de la puerta para abordar los problemas con el grano entrante. Es importante conocer las condiciones iniciales y tomar decisiones informadas sobre cómo manejar, almacenar y utilizar la carga entrante en función del contenido de humedad y los atributos de calidad. Por lo tanto, es importante que una instalación desarrolle y siga un procedimiento operativo estándar (POE) para el muestreo representativo de las cargas entrantes de grano, y siga el árbol de decisiones en la Sección 2 como guía para que el personal de operaciones evalúe la calidad y tome una decisión informada sobre la preparación del grano para el almacenamiento y procesamiento.

Es importante desarrollar un plan de muestreo riguroso para el maíz descargado de un buque porque esta es la única forma en que se puede implementar un manejo efectivo de las cargas entrantes de maíz importado. El intervalo de muestreo en la instalación portuaria debe basarse en la calidad observada del grano a medida que se descarga. Cuando la falta de uniformidad en el grado se hace evidente, como aglutinación, autocalentamiento, etc., la rutina de muestreo debe cambiarse para reflejar el mayor riesgo de calidad. Se debe desarrollar y seguir un conjunto estándar de procedimientos para abordar los problemas de calidad y garantizar que la administración esté alertada de estas condiciones.



Figura 3.1. Muestreadores de flujo de grano en línea por gravedad utilizados para el muestreo representativo a medida que se descargan las bodegas y el grano se transfiere a un sistema de transporte.

En los almacenes de granos y fábricas de piensos donde se reciben camiones, es más ideal muestrear camiones utilizando una *sonda telescópica (Neumática)* como se muestra en la Fig. 3. 2, antes de que el grano sea vertido. Las muestras deben extraerse del grano en la caja del camión utilizando la guía indicada en la Fig. 3. 3. Las muestras de sonda de maíz recolectadas de un solo camión se pueden mezclar y deben verificarse de acuerdo con el árbol de decisión en la Sección 2, a menos que el operador note falta de uniformidad, en cuyo caso, pueden ser necesarias sondas

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

individuales para determinar la ubicación del posible problema. La mezcla de muestras de sonda de varios camiones, comúnmente llamada muestreo compuesto para alcanzar un "promedio" durante un período de tiempo, solo debe tener lugar cuando la uniformidad de la ley es evidente. Si se descubre una falta de uniformidad en la calidad, se debe seguir el muestreo y el análisis individuales, y se recomienda encarecidamente.

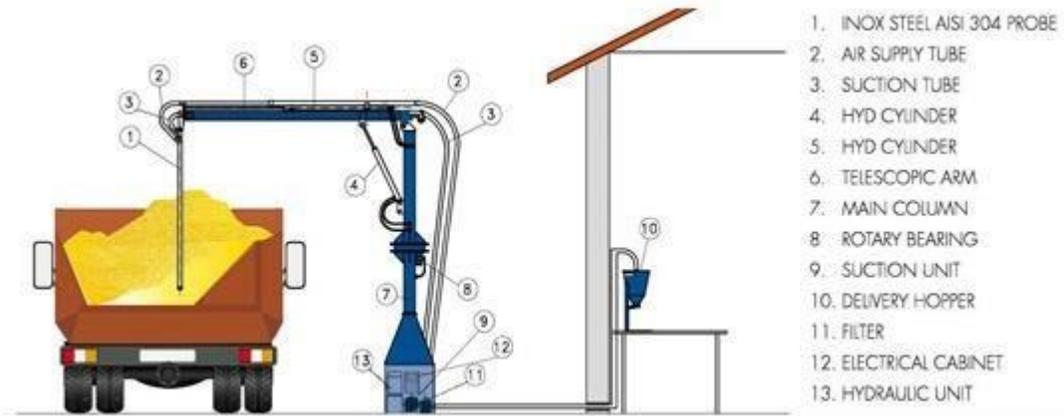


Figura 3.2. Ilustración de una sonda neumática telescópica utilizada en el muestreo de camiones cargados de grano

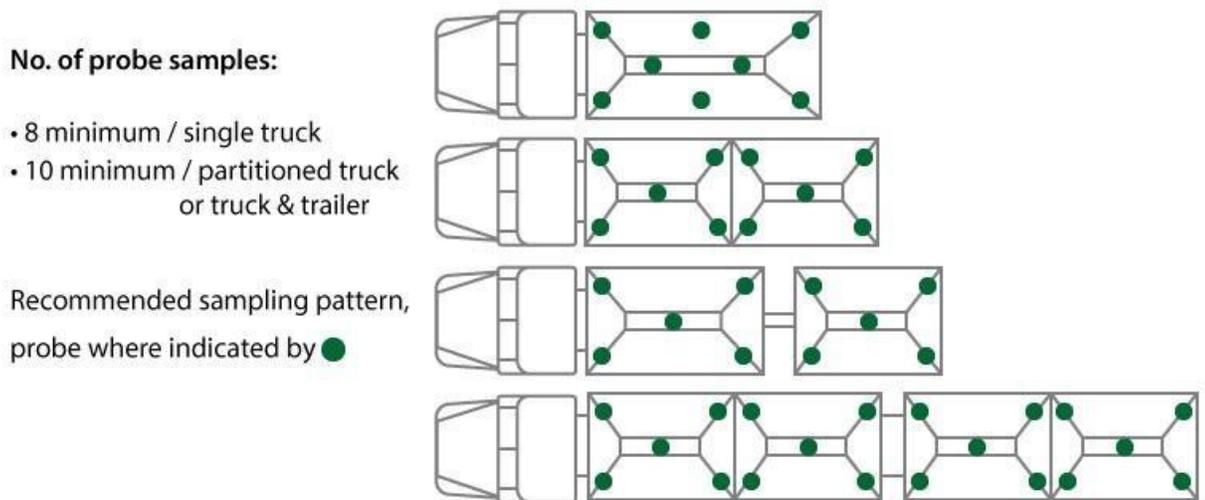


Figura 3.3. Patrón recomendado para el muestreo representativo de camiones cargados de grano (vista superior del lecho de grano mostrada) en la estación receptora.

Si una instalación no está equipada con una sonda telescópica, se debe utilizar un muestreo manual de grano utilizando una sonda de grano largo de 2,7 m (8 pies) para muestrear camiones (Fig. 3.4a). Sin embargo, este método es laborioso y puede disuadir al personal de operaciones de realizar muestreos representativos del grano entrante. Las muestras pueden ser recolectadas con una sonda manual por el personal de operaciones (1) parado sobre una plataforma de escalera móvil y sondeando la masa de grano en la plataforma del camión (Fig. 3.4b), o (2) sondeando una pila de grano después de que fue vertido. Nunca permita que el personal se *suba al grano en la caja del camión mientras se vacía para evitar que el personal se envuelva por el flujo de grano*. El total de todas las muestras de sonda de un vehículo de reparto se puede mezclar para alcanzar un promedio de calidad de grano camión por camión. Las muestras de la sonda deben colocarse en un frasco o bolsa de plástico sellable y etiquetarse en consecuencia.

Tenga en cuenta que las muestras recolectadas deben sellarse herméticamente para preservar su integridad original tal como se muestreó. Evalúe las muestras de acuerdo con el árbol de decisión de la Sección 2.



Figura 3.4a. Una sonda de grano para el muestreo manual de camiones.



Figura 3.4b. Plataforma de soporte de escalera móvil para sondear camas de camiones con una sonda de muestreo manual.⁴

Un tercer enfoque para la muestra de grano es mediante el uso de un *dispositivo de cuchara manual* que se muestra en la Fig. 3.5. Un dispositivo de cuchara de mano se puede fabricar fácilmente localmente. Debe ser capaz de recoger alrededor de 50 a 200 g de grano a la vez mientras se descarga la plataforma de un camión o el remolque inferior de la tolva en el pozo o almacén receptor. Determine el intervalo de muestreo que se utilizará para agarrar las cucharas dividiendo el tiempo que se tarda en descargar completamente una carga por 10, y tome muestras en este intervalo cuando el camión o remolque esté siendo descargado. Las muestras de agarre se pueden agrupar y deben colocarse en un frasco o bolsa de plástico sellable, y etiquetarse en consecuencia. Tenga en cuenta que las muestras recolectadas deben sellarse herméticamente para preservar su integridad original tal como se muestreó. ***Además, es preferible que el muestreo de maíz se realice antes del vertedero o su destino final de almacenamiento porque los resultados del maíz muestreado guiarían dónde y cómo debe almacenarse.*** Siga el árbol de decisión en la Sección 2 para guiar qué mejores prácticas de gestión implementar en función de los resultados obtenidos.

⁴ <https://www.wildeck.com/newwp/wp-content/uploads/2018/09/Rolastair-Estándar.jpg>

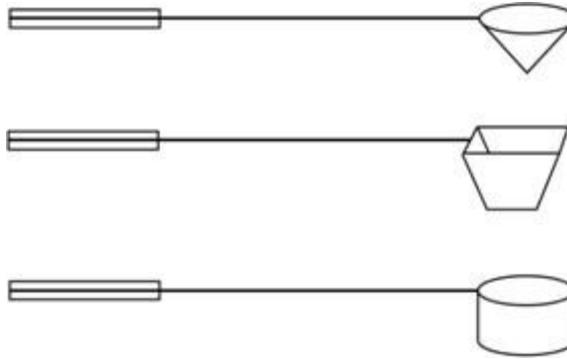


Figura 3.5. Una cuchara manual para muestrear el grano que fluye.

Medición del contenido de humedad: El contenido de humedad es un parámetro de calidad primario para verificar todo el grano entrante. Por lo tanto, es absolutamente crítico tener varios medidores portátiles de contenido de humedad donde se muestrea y recibe el grano por primera vez, así como un medidor de humedad de sobremesa en el laboratorio de control de calidad donde se analizan todas las muestras de granos recolectadas. Se deben seguir las instrucciones del fabricante para operar correctamente los medidores de humedad, mantenerlos en buen estado de funcionamiento y utilizar las calibraciones más actuales. Algunos medidores de humedad portátiles y la mayoría de los medidores de humedad de sobremesa también miden el peso de prueba (densidad aparente) del grano.

3.1.2. Operaciones de recepción y transferencia de granos

Operaciones de recepción de granos: La recepción de granos es otra operación unitaria de importancia crítica que a menudo es un cuello de botella en muchas instalaciones, especialmente cuando no está diseñada para una capacidad lo suficientemente alta, un flujo efectivo de tráfico de camiones y eficiencia operativa. La infraestructura receptora de granos cuando el maíz importado se transfiere del buque a camiones debe diseñarse para operaciones de alto rendimiento, de modo que las cargas de camiones puedan descargarse rápidamente en la instalación portuaria (consulte la Sección 4.2.1). Del mismo modo, si el grano se transfiere del buque a cintas transportadoras o de arrastre, éstas deberán tener capacidad suficiente para una rápida transferencia al almacenamiento temporal en el lado del puerto.

El pozo de recepción de grano suele ser la puerta de entrada al almacenamiento de la instalación, y debe ser un punto de control para detectar problemas de calidad, que podrían haberse pasado por alto durante el muestreo. El personal en el pozo receptor debe vigilar grandes grupos de grano, la fluidez del grano (cómo fluye el grano) y cualquier artículo extraño que no se haya descubierto durante el muestreo o las transferencias desde el recipiente. Por ejemplo, si se encuentra un gran grupo de grano, la descarga debe detenerse para determinar el nivel de daño de acuerdo con el árbol de decisión en la Sección 2. Los problemas a tener en cuenta en el pozo de recepción del

maíz agrupado son puntos húmedos localizados, exceso de moldeo y calentamiento; Todo lo cual conduciría al desarrollo de puntos calientes una vez que el maíz esté en el silo. Tenga en cuenta que es mejor separar el maíz excesivamente dañado para su uso inmediato que mezclarlo con una gran carga de grano de buena calidad.

Operaciones de recepción y transferencia de granos a almacenes de almacenamiento planos: El uso de camiones con una plataforma basculante (camión volquete) se utiliza típicamente para descargar grano en el piso de un almacén plano. Idealmente, la descarga se muestrea primero antes de moverla utilizando un cargador frontal y apilarla en la pila más grande utilizando un cargador de pila de grano móvil (Fig. 3.7). En este proceso de apilamiento, las cargas de grano se mezclan y los finos se distribuyen más o menos uniformemente por toda la pila. La operación eficiente y segura de este proceso, que generalmente involucra a uno o más cargadores frontales dentro del almacén, y requiere la coordinación del tráfico de camiones volquete entrantes, debe planificarse cuidadosamente con un equipo capacitado.

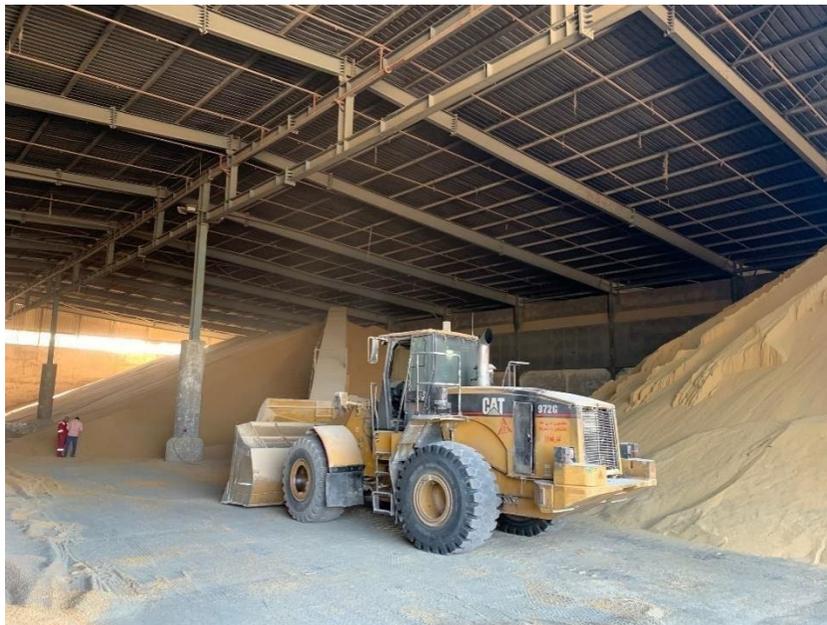


Figura 3.6. Cargador frontal que mueve el grano a un cargador de pila de grano.

En algunos almacenes planos, los camiones toman muestras antes de descargar el grano en un pozo de descarga y transportan al almacén utilizando una cinta o transportador de arrastre instalado en el espacio de cabeza. El grano se deja caer desde el transportador en varios lugares del pico para formar una pila más o menos continua a lo largo del almacén (Fig. 3.8). Esto da como resultado un uso mínimo o nulo de cargadores frontales para mover el grano en su lugar. Este sistema ahorra costos operativos porque elimina la necesidad de cargadores frontales y los costos de mano de obra asociados durante el llenado. Todavía se necesitan cargadores frontales para recuperar el grano y vaciar el almacén.

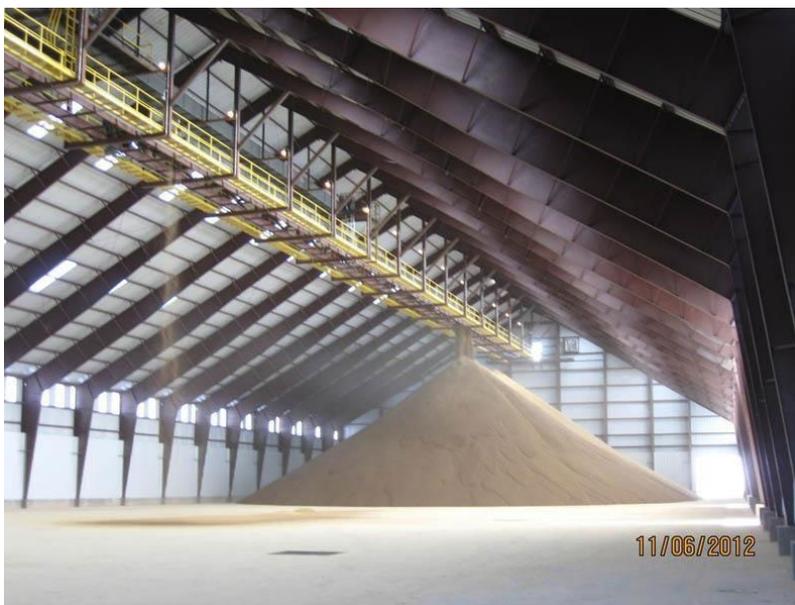


Figura 3.7. Almacén con transportador de llenado aéreo.

Sistemas de transporte de granos a granel: Los sistemas de transporte de granos a granel son un componente clave de la infraestructura de una instalación porque permiten la transferencia eficiente y de alta capacidad de grano de un lugar (por ejemplo, pozo de recepción) a otro (por ejemplo, silo de almacenamiento). Para sistemas de alto rendimiento, se necesita el uso de equipos instalados permanentemente. El tipo de equipo de transporte puede afectar la rotura del maíz durante la manipulación (consulte la Sección 4.2). La rotura de granos de maíz generalmente ocurre durante el transporte cuando el equipo no se opera o mantiene adecuadamente, cuando el grano se transfiere de un transportador a otro, y cuando el grano se descarga y cae una distancia sustancial en un silo o almacén. Además del daño físico debido a la caída desde alturas excesivas, el daño también ocurre debido a velocidades excesivas en caños de gravedad vertical o en ángulo pronunciado, y debido al impacto en superficies metálicas en el callejón sin salida de un pico. Para reducir el daño físico durante el transporte, utilice cajas de amortiguación, retardadores de flujo en línea, escaleras de grano y otros métodos para reducir la velocidad del grano y la fuerza de impacto a medida que el grano se transporta al contenedor (consulte las secciones 4.2.4 a 4.2.8).

Los transportadores de banda son los mejores para el transporte de alto rendimiento y causan muy poco daño mecánico al grano. Los transportadores de arrastre de cadena y los transportadores de tornillo son menos deseables para transportar a distancias más largas teniendo en cuenta la rotura, el arrastre del producto y el requisito de capacidad frente a potencia, y por lo tanto se utilizan mejor para distancias de transferencia más cortas.

3.1.3. Operaciones de estructura de almacenamiento de granos

Hay tres tipos de estructuras de almacenamiento de granos que se utilizan típicamente en instalaciones portuarias, almacenes de granos y fábricas de piensos, es decir, almacenes de fondo plano o en V, y silos de acero y hormigón de fondo plano o tolva. Cada uno tiene ventajas y desventajas para almacenar maíz (consulte la Sección 4.3.1). Todos se pueden usar para almacenar maíz u otros granos en su contenido de humedad de almacenamiento seguro recomendado. Siempre que la estructura de almacenamiento tenga un sistema de aireación bien diseñado, esté equipada con sistemas de monitoreo y se implementen las mejores prácticas de manejo de granos almacenados, es posible mantener la calidad del grano almacenado.

La gestión de la estructura de almacenamiento implica garantizar que no haya agujeros, grietas o daños estructurales, especialmente en el techo desde el cual el agua podría entrar en la estructura y en el maíz. Las fugas no detectadas por daños en el techo en los silos son una de las causas del deterioro del grano. En los almacenes, asegúrese de que los espacios de cabeza estén sellados, especialmente las áreas que tienen mallas para evitar la entrada de aves. Las rejillas de ventilación de los silos y almacenes y los extractores deben ser examinados para excluir la entrada de aves, roedores u otras criaturas que sean dañinas para el grano. Se recomienda encarecidamente la inspección de rutina para detectar mallas dañadas y tapadas.

La estructura debe limpiarse después de que se haya vaciado porque los insectos generalmente se albergan en granos residuales y grietas. Las paredes de los silos y almacenes deben barrerse o limpiarse con escobas de cepillo duro (con cerdas pesadas), una aspiradora industrial o una limpiadora a presión de aire. Para una protección adicional contra las plagas de insectos residuales, rocíe el piso, las superficies de las paredes interiores y exteriores de la estructura hasta 1,8 m (6 pies) con un insecticida de tratamiento de contenedor vacío aprobado como Cyfluthrin (por ejemplo, la marca Tempo SC Ultra). Asegúrese de que los trabajadores tomen todas las medidas de seguridad mientras rocían insecticidas dentro del silo, como usar ropa protectora, guantes, máscaras y gafas y tener todas las escotillas de entrada / pozos de registro abiertas para permitir una buena ventilación del espacio. Cuando se trate de escalar, use arneses de seguridad apropiados para la protección contra caídas de escaleras y elevadores de cubos.

Es aconsejable limpiar los granos rotos y los finos de los plenums de aireación debajo del piso falso o los pozos de aireación de un silo. Los granos rotos y los finos se acumulan en esta área con el tiempo y disminuyen la efectividad de los sistemas de aireación al aumentar la presión estática y, por lo tanto, reducir el flujo de aire. También se convierten en un refugio para las plagas de insectos. La inspección debe realizarse cuando se vacía el silo, y si se han acumulado finos, se recomienda una limpieza a fondo.

3.1.4. Secado con aire natural/baja temperatura (NA/LT)

El secado del maíz en un silo o almacén con aire natural o aire calentado unos pocos grados (3 a 6 °C) por encima del ambiente utilizando ventiladores dimensionados con un flujo de aire más alto

que el que normalmente se usa para la aireación se puede aplicar con éxito para reducir el contenido de humedad del maíz en aproximadamente 2 a 3 puntos porcentuales. El secado en almacenamiento es un proceso lento y requiere aire con propiedades (temperatura y HR) que reducen la humedad del maíz. Un aumento de un grado de la temperatura del aire reducirá la HR del aire en aproximadamente 4,5 puntos porcentuales. Eso es aire a 20 o C y 80% cuando se calienta a 23°C estará a 66.5% HR y secaría el maíz a aproximadamente 13% en promedio. El secado de maíz en un silo o almacén necesita un flujo de aire adecuado (0.75-1 m³ / min por tonelada métrica) proporcionado por ventiladores de alta capacidad, pisos perforados completos o conductos perforados de tamaño y colocación adecuados para un flujo de aire uniforme a través del volumen de grano, y un espacio de cabeza bien ventilado sobre la masa de grano con ventilaciones de techo adecuadas o, idealmente, escapes eléctricos. El secado en almacenamiento mueve un frente de secado desde la capa inferior de la masa de grano hasta la capa de grano superior desde donde sale al espacio de cabeza (en un sistema de flujo de aire de presión positiva). El flujo de aire determina el tiempo que el frente de secado progresa a través del volumen de grano. El objetivo es maximizar la velocidad a la que el frente de secado se mueve a través del volumen de grano para el tamaño del ventilador utilizado, al tiempo que minimiza el secado excesivo de las capas inferiores. La profundidad del grano está limitada por la potencia de los motores del ventilador y es típica no más de 67 m. El secado en almacenamiento en almacenes se puede facilitar compartimentando el espacio con paredes divisorias. Cada compartimento se puede llenar y secar de forma independiente. La clave para el secado en almacenamiento en silos y almacenes es evitar o eliminar los conductos de desagüe y la nivelación de las superficies de los granos.⁵

Sin un flujo de aire uniforme, el secado no será uniforme y puede causar diferencias sustanciales en el contenido de humedad, así como costos adicionales de servicios eléctricos. Cabe señalar que, a pesar de las tasas de flujo de aire más altas, el proceso de secado lleva de 30 a 50 veces más tiempo que el enfriamiento del grano.

Una vez que el contenido de humedad se haya reducido al 14% o menos, regrese al árbol de decisión en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

3.2. Monitoreo del maíz almacenado, herramientas y cómo usarlas

Existen varias variables y herramientas para monitorear el maíz almacenado para garantizar que permanezca en buenas condiciones. Los factores principales que determinan la susceptibilidad del maíz al deterioro fúngico son la temperatura y el contenido de humedad. El inicio del deterioro se puede determinar temprano mediante el monitoreo de CO₂ que resulta de la respiración de granos de maíz, esporas de hongos y plagas de insectos (*Sec 1.4.1*). Para monitorear el contenido de

⁵ Para mantener la coherencia con la aplicación U.S. Grains Council Grains Conversion Calculator, se utiliza una tonelada métrica (mt) en toda esta empresa.ndbook que se define como tener una masa de 1000 kg.

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

humedad, la temperatura y el CO₂ del maíz almacenado a granel, las mejores prácticas recomendadas son:

3.2.1. Control de la humedad

El contenido de humedad es el factor más importante que determina la capacidad de almacenamiento del maíz (*Sec 1.4.2*). La capacidad de almacenamiento, o vida útil, se basa en el tiempo que tardan los hongos en consumir aproximadamente el 0.5% de la materia seca almacenada del maíz, y por este daño a los granos, a un contenido de humedad y temperatura dados, después de lo cual su grado en los Estados Unidos disminuiría en un nivel, por ejemplo, el maíz No. 2 de los Estados Unidos disminuiría al número 3 de los Estados Unidos, y así sucesivamente. Por lo tanto, es importante determinar el contenido de humedad de cada carga entrante de maíz antes de que se vierta en el pozo receptor. El muestreo representativo y la determinación del contenido de humedad son las mejores prácticas de gestión para determinar qué medidas tomar, como (1) transferencia a un silo para almacenamiento a largo plazo, (2) transferencia a un silo para almacenamiento a corto plazo que requiere manejo de la humedad por aireación, o (3) transferencia a un edificio de almacenamiento plano para almacenamiento a mediano plazo (*Sec 3.1.1*). Las herramientas clave para la medición de la humedad durante la recepción de granos son medidores de humedad de grano portátiles y de sobremesa.

3.2.2. Control de la humedad en el almacén

Gracias a la tecnología avanzada, el contenido de humedad del grano también se puede controlar en silos y almacenes durante el almacenamiento. Estos consisten típicamente en pequeños sensores de humedad relativa (HR) que se integran con sensores de temperatura y se montan en cables sujetos a la parte inferior de las estructuras del techo. Los cables colgantes verticalmente tienen sensores separados por unos 680 mm, que determinan la HR / temperatura del aire intersticial que rodea los granos de maíz a granel. Estos valores se utilizan para estimar el contenido de humedad de equilibrio del maíz en cada ubicación del sensor (Fig. 3.9). Esto permite monitorear el contenido de humedad y rastrear los cambios en el volumen de grano a lo largo del tiempo. También permite monitorear los frentes de enfriamiento de aireación y, si se pretende, en qué medida se logra un contenido de humedad de almacenamiento más seguro, o en qué medida se incurre en pérdida de merma de humedad. Los cables suelen instalarse en silos, pero también se pueden instalar en edificios de almacenes. Por lo general, trabajan en conjunto con sistemas automatizados que permiten la programación de ciclos de aireación del ventilador dirigidos a estrategias específicas de gestión de granos almacenados, como seleccionar aire ambiente adecuado para reducir o mantener las temperaturas de grano almacenadas, cambiar el contenido de humedad mediante el secado del aire ambiente o ventilar el espacio de cabeza sobre la masa de grano almacenada para mitigar las condiciones de condensación que podrían causar el deterioro de la capa de grano superficial.

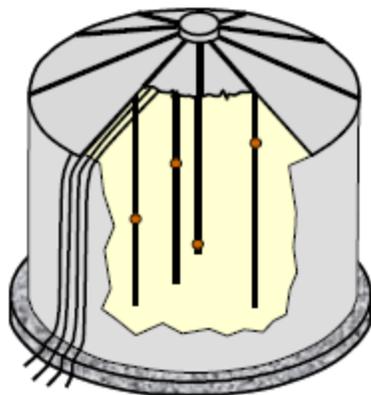


Figura 3.8. Esquema que muestra los cables dentro de un silo, que se montan con sensores de HR / temperatura.

3.2.3. Control de la temperatura en el almacén

Los cables de temperatura para monitorear el grano almacenado es una tecnología que ha estado disponible comercialmente desde la década de 1950. Los sensores de temperatura están montados en cables colgantes verticalmente a unos 2 m de distancia (Fig. 3.9). Permiten monitorear la temperatura espacialmente y rastrear los cambios en el grano a lo largo del tiempo. También permiten monitorear los frentes de enfriamiento de aireación y si se logran los objetivos de enfriamiento previstos. Los cables suelen instalarse en silos, pero también se pueden instalar en edificios de almacenes. Por lo general, funcionan mejor en conjunto con sistemas automatizados que permiten la programación y programación de ciclos de aireación del ventilador dirigidos a estrategias específicas de gestión de granos almacenados, como seleccionar aire ambiente adecuado para reducir o mantener las temperaturas de grano almacenadas, o ventilar el espacio de cabeza sobre la masa de grano almacenada para mitigar las condiciones de condensación que podrían causar el deterioro de la capa superficial de grano. Idealmente, el granel de grano almacenado se enfría uniformemente utilizando aire ambiente para alcanzar temperaturas inferiores a 20° C que no son propicias para el desarrollo de hongos e insectos. Si la aireación puede ser efectiva depende de las condiciones climáticas locales (Sec 1.4.2). En algunas ubicaciones de exportación de granos de los Estados Unidos, los ventiladores de funcionamiento por la noche o temprano en la mañana pueden lograr un enfriamiento por debajo de 20 ° C durante ciertas épocas del año (Sec 6.3). En muchos lugares, solo es posible la aireación de mantenimiento a menos que se utilicen enfriadores de granos.

El grano es un buen aislante. Por lo tanto, el calor generado en un punto caliente localizado a tan solo 0,3 m de distancia de un sensor de temperatura probablemente no se recogerá hasta que el deterioro esté muy avanzado. Por lo tanto, los cambios en las lecturas de temperatura durante la aireación desde la parte inferior de la masa de grano hasta la parte superior a lo largo del tiempo podrían ayudar a detectar puntos calientes en evolución y posibles riesgos de almacenamiento.

3.2.4. Dispositivos inalámbricos de temperatura y HR:

El uso de dispositivos inalámbricos plug-n-play de Internet de las cosas (IoT) con sensores integrados de temperatura y HR que se pueden colocar fácilmente en cualquier lugar de un silo o almacén está en aumento. Estos dispositivos inalámbricos se pueden instalar en el espacio de cabeza sobre la superficie del grano para monitorear la temperatura, la HR y los volátiles de deterioro (CO₂) que determinan cuándo ventilar para evitar la condensación o enviar una alerta de deterioro temprana en el set. La condensación en la capa superior de grano es una de las principales causas de la formación de costras superficiales y el deterioro del grano almacenado. Las condiciones de condensación se pueden mitigar controlando los extractores instalados en los techos de los silos o en las paredes finales de los edificios de almacenes. Se pueden programar para intercambiar aire desde el espacio de cabeza en función de la temperatura del punto de rocío del aire y la temperatura del techo de acero. Los dispositivos IoT pueden ser instalados fácilmente por el usuario final porque no requieren cableado eléctrico. Funcionan con paneles fotovoltaicos incorporados y se comunican a través de Bluetooth y GSM local a dispositivos habilitados para la nube. Acceden a estaciones meteorológicas cercanas y proporcionan recomendaciones de gestión utilizando aplicaciones de teléfonos inteligentes. También pueden acceder a otros dispositivos IoT para encender y apagar el ventilador de aireación y los arrancadores del motor de escape del techo.

3.2.5. Seguimiento de CO₂ en almacén:

El monitoreo de CO₂ del espacio de cabeza en un silo o almacén, o en la corriente de escape del maíz aireado es un buen indicador del inicio de la actividad biológica temprana en el grano almacenado a granel (Sec 1.4.1). La actividad biológica causada por hongos que deterioran el maíz produce CO₂, agua y calor. Además, el maíz de mayor humedad experimenta una mayor tasa de respiración que el maíz de baja humedad. Y, los niveles de CO₂ aumentan en función de la actividad de los insectos en el grano almacenado. Por lo tanto, independientemente de la naturaleza de la actividad biológica, los niveles de CO₂ pueden usarse ampliamente como un indicador temprano de condiciones de almacenamiento desfavorables y, con el tiempo, una cantidad creciente de grano almacenado que sale de condición.

Los sensores de CO₂ están disponibles como sensores independientes o incorporados en dispositivos IoT que se pueden instalar en el espacio de cabeza de un silo o almacén para un monitoreo continuo. Por lo general, se combinan con sensores de temperatura y HR, y son más útiles cuando se rastrean y muestran los cambios en las lecturas a lo largo del tiempo. Otro enfoque para medir el CO₂ es el uso de un medidor portátil de CO₂. Se utilizan para medir el CO₂ en la corriente de aire de escape de un silo o sistema de aireación de almacén. En el caso de los sistemas de aireación de presión negativa (succión), el aire de escape se puede muestrear a nivel del suelo; En los sistemas de aireación de presión positiva (empuje), el aire de escape debe extraerse del techo del silo o de la pared del extremo del almacén. Los dispositivos portátiles también están equipados con un sensor de temperatura que puede captar el aumento de las temperaturas del autocalentamiento cerca de donde se toma la medición cuando se enciende el ventilador por primera vez. Las mediciones significativas de CO₂ en una corriente de aire de escape se capturan

cuando los ventiladores que estaban apagados se encienden justo antes de que se inicie un ciclo de medición. Esto permite que la acumulación de gas CO₂ en el granel de grano se mueva fuera de la estructura de almacenamiento y más allá del sensor que generalmente muestra un aumento de las condiciones ambientales a un valor máximo y luego disminuye a un nivel de estado estacionario en el granel de grano.

3.2.6. Utilice las siguientes recomendaciones para interpretar los niveles de CO₂ en el maíz almacenado

Los niveles de CO₂ en el rango de 600 a 800 ppm son indicativos de buenas condiciones de almacenamiento. Tenga en cuenta que el nivel de CO₂ en estado estacionario del aire ambiente a través del maíz seco y de buena calidad oscila entre 450-600 ppm porque incluso el maíz de buena calidad todavía sufre respiración, aunque a tasas muy lentas. Los niveles de CO₂ más allá de 600 ppm son una advertencia temprana indicativa de alguna actividad biológica debido al crecimiento de moho, presencia de insectos o infiltración de humedad (Fig. 3.12). Los operadores primero deben investigar si hay signos visibles de condensación en la parte inferior de los techos, costras en la superficie de la capa superior de grano o insectos que vuelan dentro y fuera de la estructura o activos en la superficie del grano. El CO₂ es altamente sensible, lo que indica una actividad biológica de tan solo el 0,1% del granel total del grano. Por lo tanto, comenzar a prestar más atención a los cambios en las lecturas de CO₂ semanalmente es más importante que tomar medidas inmediatas. Una vez que los niveles de CO₂ aumentan constantemente por encima de 1500 ppm, se debe investigar las posibles causas con más detalle, incluida la revisión de las lecturas de los cables de temperatura para detectar cambios obvios y verificar si hay una acumulación en la formación de costras superficiales.

Si los niveles de CO₂ continúan aumentando por encima de 1500 ppm y continúan una tendencia al alza hacia 4500 ppm y más, es probable que se produzca una infección grave por moho, infestación de insectos o una combinación. Si esto se detecta en un silo, se debe descargar algo de grano, pero solo después de confirmar que la superficie del grano no ha acumulado una corteza gruesa de grano mohoso y estropeado. Dicha corteza debe romperse físicamente primero para evitar que trozos de grano se introduzcan en el núcleo de la masa de grano durante la descarga y potencialmente bloqueen los pozos del piso del silo. Solo se necesita descargar suficiente grano para detectar el grano dañado debido al deterioro activo y al autocalentamiento que debe desalojarse y eliminarse (Fig. 3.13). El maíz descargado debe transferirse a un almacén de almacenamiento plano, donde se puede romper y extender para disipar el calor. Se deben tomar muestras para analizar el contenido de humedad y micotoxinas del maíz dañado, y luego se deben seguir las mejores prácticas descritas en la Sección 3.3. Por último, los niveles de CO₂ también se pueden utilizar para detectar si los ventiladores funcionaron según lo programado, especialmente para sistemas automatizados capaces de programar los tiempos de funcionamiento del ventilador. Cuando los ventiladores no funcionan según lo programado para airear el volumen de maíz, los niveles de CO₂ se acumularán y permanecerán altos con el tiempo.

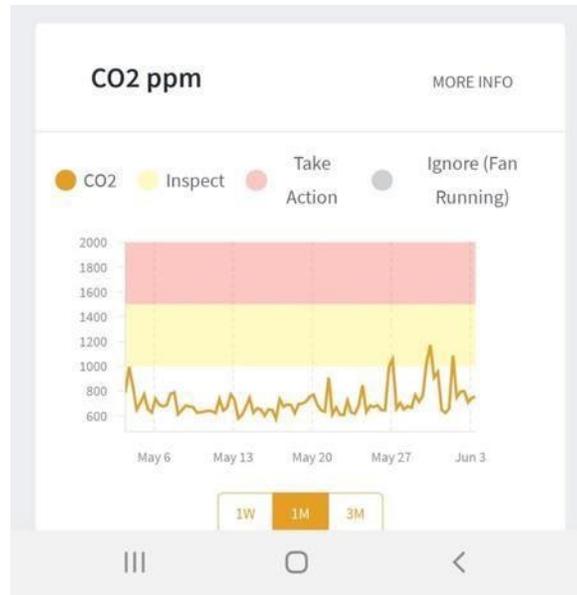


Figura 3.10. Lectura de CO₂ en un silo durante un período de un mes que indica que el CO₂ aumentó por encima de 800 ppm en varias ocasiones a fines de mayo, lo que indica en el set alguna actividad de deterioro. Resultó que había una pequeña grieta en el panel del techo de un silo que permitía que el agua goteara sobre la superficie del grano cada vez que llovía.



Figura 3.9. La evidencia de la pequeña cantidad de grano estropeado después de que se retiró parte del grano del silo después de aumentar las lecturas de CO₂ se observó en un silo durante un período de un mes, lo que indica que en el set de algunos deterioros y revelar la ubicación de la pequeña grieta en el panel del techo del silo que permitió que el agua goteara sobre la superficie del grano cada vez que llovía. Después de que la grieta se reparó adecuadamente, se eliminó el problema.

3.3. Gestión de la temperatura y la humedad relativa en los sistemas de granos almacenados

La aireación es una herramienta de gestión de la temperatura que utiliza aire ambiente o frío para mantener el grano a granel en un silo o almacén lo más fresco posible para disminuir la actividad biológica de insectos y mohos. La aireación requiere encender los ventiladores cuando las temperaturas ambientes son tales que reducen las temperaturas del grano, al tiempo que limitan la pérdida de peso (pérdida por encogimiento). El uso de la aireación en regiones tropicales y subtropicales donde prevalecen altas humedades relativas puede ser un desafío, y puede no ser deseable ni necesario (ver Sección 6.3). Un buen sistema de aireación está idealmente vinculado a un sistema de monitoreo de granos y una estación meteorológica, que se utilizan para determinar las condiciones de grano a granel cuando se alcanzan los umbrales de temperatura para encender los ventiladores.

La aireación del grano con aire ambiente o refrigerado para mantener un contenido de humedad de almacenamiento seguro de 14.0% o menos se puede lograr con éxito utilizando sistemas de aireación diseñados adecuadamente. *Consulte las secciones 4.3.2 a 4.3.7 para obtener información sobre los equipos de aireación.* Cabe señalar que la aireación ambiental y refrigerada utiliza tasas de flujo de aire bajas (0.05 a 0.15 m³ / min por tonelada métrica) que generalmente son insuficientes para lograr una reducción sustancial de la humedad de manera oportuna. Los frentes de enfriamiento tardan un mínimo de 120-150 horas en moverse a través de una masa de grano a un caudal de aire de 0,1 m³/min/tm. La contracción de la humedad resulta debido al efecto de enfriamiento evaporativo que hace que el maíz pierda humedad en función de la relación de equilibrio del contenido de humedad y la temperatura inicial del grano es más alta que la temperatura del aire ambiente. Cuando ese no es el caso, la única opción para reducir el contenido de humedad es el secado artificial (Sección 1.4.2) o el secado en almacenamiento (Sección 3.1.4).

3.3.1. Aireación con aire ambiente

La aireación ambiental se puede utilizar estratégicamente para controlar las temperaturas en el maíz almacenado una vez que se ha transferido a un silo o edificio de almacenamiento plano. Los envíos entrantes de maíz estadounidense generalmente serán más fríos que el aire ambiente en el puerto receptor o en el destino del país, especialmente en los trópicos y subtropicos. En lugar de calentar el maíz, es preferible mantenerlo lo más fresco posible porque el maíz más frío es mucho menos susceptible al deterioro por hongos y la infestación por plagas de insectos.

Las Tablas 1.1 y 6.2 indican el EMC del maíz que se puede lograr aireando con aire ambiente (o refrigerado) a varias temperaturas y humedades relativas. Tenga en cuenta que se puede lograr un EMC de 13.9% con aire a 20°C y 70% HR. Airear el maíz con aire de 70% HR o menos en el rango de temperatura de 20 o C a 35°C reducirá el contenido de humedad del grano a tan solo 10.1%. Como se indica en la Sección 1.4.2., la clave para una aireación ambiental exitosa es comprender las condiciones climáticas locales para determinar si, y en caso afirmativo, cuándo encender los ventiladores y durante cuántas horas operarlos. Consulte la Sección 6.3 sobre las

mejores prácticas para administrar el grano almacenado en lugares clave para las exportaciones de maíz de los Estados Unidos.

3.3.2. Aireación con aire frío

Los sistemas de aireación refrigerada utilizan aire acondicionado para enfriar el grano en silos o almacenes a temperaturas tan bajas como 10-15°C y humedad relativa de 55 a 75%. En estas condiciones, la contracción de la humedad se minimiza y el crecimiento de hongos y plagas de insectos se ralentiza o incluso se detiene, lo que preserva la calidad del grano, pero puede ser costoso en términos de consumo de energía eléctrica. Debido al efecto de enfriamiento evaporativo de la aireación refrigerada, incluso en condiciones climáticas tropicales, la condensación de la humedad puede ocurrir en la parte inferior de los techos de silos y almacenes que pueden gotear sobre la superficie del grano. La condensación debe mitigarse ventilando el espacio de cabeza utilizando ventiladores de escape en el techo del silo o en la pared del extremo del almacén (véase la sección 3.12.3). Los enfriadores de granos suelen ser unidades móviles que se pueden conectar a los conductos de ventiladores de aireación existentes de silos y almacenes (consulte la Sección 4.3.3).

3.3.3. Gestión del microclima del espacio de cabeza

La condensación de la humedad en la parte inferior de los techos de los silos y almacenes puede hacer que el agua gotee sobre la superficie del grano. Esta es una ocurrencia común que conduce a la esporulación de hongos, crecimiento de moho, brote de granos de grano y, finalmente, formación de costras en la superficie del grano. La condensación ocurre cuando el aire cálido y húmedo en el espacio de cabeza, que se acumula durante las altas temperaturas diurnas, se condensa en la parte inferior de los techos y las superficies internas cuando se alcanza la temperatura del punto de rocío después de la puesta del sol. Esta humedad condensada gotea de nuevo sobre la superficie del grano, aumentando el contenido de humedad de la capa superior de grano, aumentando así la incidencia de costras superficiales.

Además, la mayor HR del aire del espacio de cabeza durante las horas nocturnas hace que el contenido de humedad de la capa superior de grano se equilibre por encima de las condiciones de almacenamiento seguras. Por ejemplo, de acuerdo con la Tabla 1.1, el aire del espacio de cabeza a 30 ° C y 80% de HR se equilibra hacia el 15% de EMC en comparación con el 12,4% de EMC al 65% de HR. La condensación puede mitigarse ventilando el espacio de cabeza utilizando ventiladores de escape en el techo del silo o en la pared del extremo del almacén (consulte 4.3.4). El control del ventilador se puede conectar a un humidistato o a una unidad de monitoreo de espacio de cabeza para encenderse cuando se alcanza la temperatura del punto de rocío, generalmente poco después de la puesta del sol, cuando el aire cálido durante el día comienza a condensarse en la parte inferior de los techos de enfriamiento. Los extractores también se pueden encender con un temporizador para funcionar al atardecer durante un tiempo predeterminado para minimizar el tiempo de ejecución y el consumo de energía eléctrica.

3.4. Mitigar la presencia de insectos

Los Estados Unidos y la mayoría de los países importadores siguen el Acuerdo de la OMC sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) para prevenir o limitar otros daños dentro del territorio del Miembro derivados de la entrada, radicación o propagación de plagas. Por esta razón, la mayoría de los contratos de envío especifican la fumigación a bordo después de que el buque se carga, independientemente del nivel de grado indicado en el certificado oficial de inspección. En los Estados Unidos, la fumigación a bordo está regulada por el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos Título 46 Parte 147A – Regulaciones provisionales para la fumigación a bordo⁶. Especifica que, si un buque sale del puerto durante el período de exposición al fumigante, la persona a cargo del buque es responsable de garantizar la finalización de la fumigación, incluida la ventilación de las bodegas fumigadas mientras está en el mar. Por lo tanto, la detección de insectos vivos en el maíz estadounidense en los puertos de recepción es un evento raro. Cuando se detectan insectos vivos, es probable que la infestación haya ocurrido durante el proceso de descarga del puerto o a lo largo de la cadena de suministro en el país. Las mejores prácticas recomendadas para mitigar la presencia de insectos son:

3.4.1. Fumigación en el buque después de la llegada al puerto

Esto siempre debe ser realizado por un fumigador con licencia y de acuerdo con todas las leyes, regulaciones y mejores prácticas de la industria aplicables, como el *Estándar GAFTA para Fumigación y Manejo de Plagas*⁷ o el *Código de Práctica sobre Seguridad y Eficacia para Fumigación Marina*⁸. La fumigación con fosfina utilizando gránulos o tabletas de fosforo de aluminio o fosforo de magnesio es el método principal utilizado para la fumigación de granos a bordo. Es importante que los importadores tengan en cuenta que la fumigación a bordo llevada a cabo durante el tránsito debe completarse mucho antes de la llegada al puerto. Sin embargo, se deben tomar todas las precauciones necesarias para abrir de forma segura las escotillas para descargar el buque. Se deben tomar precauciones como asegurarse de que los niveles de gas fosfina en las bodegas de carga alcancen niveles seguros antes de descargar el grano. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) especifica 0.3 ppm como el límite máximo de concentración umbral al que los trabajadores podrían estar expuestos repetidamente sin efectos adversos. Además, tenga en cuenta que el fosforo de aluminio y magnesio son inflamables en el aire húmedo y podrían quemarse espontáneamente en el grano si no se gastó completamente y posteriormente se expone a la humedad. Para obtener más información, consulte las respectivas

⁶ https://www.govregs.com/regulations/title46_chapterI_part147A

⁷ https://www.gafta.com/write/MediaUploads/Trade%20Assurance/Draft_Gafta_Standard_for_Fumigation_and_Pest_Control.pdf

⁸ https://www.imfo.com/IMFO_Code_of_Practice.pdf

Hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS) para fosforo de aluminio y fosforo de magnesio.⁹¹⁰

3.4.2. Fumigación durante el almacenamiento

La fumigación en el almacenamiento podría ser necesaria porque las instalaciones de almacenamiento de granos y procesamiento de alimentos proporcionan un buen refugio para las plagas de insectos. Dependiendo del nivel de saneamiento y las prácticas en una instalación, la infestación de plagas de insectos podría ocurrir al recibir el grano y después de la transferencia a un silo o almacén. Los países tropicales y subtropicales tienen condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de plagas de insectos.

3.4.2.1. Fumigación en Silos:

Al igual que con la fumigación de embarcaciones, se debe emplear un fumigador debidamente capacitado y con licencia, ya sea un contratista externo o un empleado interno. La fumigación con fosfina utiliza con mayor frecuencia pellets o tabletas, pero el gas fosfina también se puede suministrar desde cilindros o generadores. Seguir las pautas sobre prácticas seguras de fumigación (como la *Norma GAFTA para Fumigación y Control de Plagas*¹⁰) para lograr los niveles de concentración de dosis durante un período de tiempo determinado (dosis × tiempo) y especialmente el sellado adecuado del silo son clave para lograr una fumigación exitosa y mitigar la acumulación de insectos resistentes a la fosfina. La resistencia a la fosfina es una preocupación real entre los administradores de granos almacenados, fumigadores y fabricantes de fosfuro de todo el mundo.

3.4.2.2. Almacenes de fumigación: Se aplican las mismas orientaciones y consejos que en las secciones anteriores.

Una vez que los insectos hayan sido mitigados, regrese al árbol de decisión en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

Mitigación contra el olor a humedad, agrio u objetable: cuando las muestras de maíz tomadas de un buque a su llegada al puerto o a lo largo de la cadena de suministro en el país exhiben un olor extranjero a humedad, agrio o comercialmente objetable, entonces el envío tiene al menos algo de maíz que ha comenzado a deteriorarse debido al contenido de humedad y la temperatura por encima de los niveles de almacenamiento seguros. A menudo, solo el grano de la superficie en una bodega se ve afectado porque la cubierta puede haberse abierto durante la ventilación del fumigante mientras estaba en el mar y un evento de lluvia puede haber sorprendido a la tripulación antes de que se cerraran las bodegas. Por lo tanto, primero se debe determinar la ubicación y el

⁹ <http://www.t3db.ca/system/msds/attachments/000/001/756/original/T3D1520.pdf?1413587740>

¹⁰ <http://www.logbookcreator.com/docs/book/sheets/Fumi-El-MSDS.pdf>

alcance del deterioro. Por ejemplo, si se produce deterioro y autocalentamiento en un punto caliente localizado en una parte de la carga, o si se ve afectada toda una bodega de barco. Si solo una parte de la carga se ve afectada, entonces esta parte debe descargarse en un almacén o lugar similar donde los cargadores frontales puedan romper los grupos de grano en mal estado dejándolos caer al suelo y recogiendo repetidamente para disipar el calor. Idealmente, el deterioro se ralentiza o se detiene. El maíz dañado por el moho debe mantenerse separado y analizarse para detectar micotoxinas. Dependiendo de los resultados, se puede considerar su utilización.

Tenga en cuenta que el maíz en la misma bodega que no sufre deterioro activo aún puede estar contaminado por los olores desagradables del maíz en deterioro. Por lo tanto, el maíz afectado por el olor también debe mantenerse separado, pero en un silo donde se pueda airear para eliminar los olores desagradables y evitar el riesgo de deterioro. Airear inmediatamente el maíz afectado por el olor es una de las soluciones más rápidas para disipar los efectos de la exposición del grano al deterioro y al autocalentamiento de un punto caliente. *Consulte las secciones 1.4.2 y 3.3 para obtener más información sobre las buenas prácticas de aireación.* Independientemente de la humedad relativa, los ventiladores de aireación deben funcionar durante la noche, cuando las temperaturas suelen ser más frescas e idealmente inferiores a 20°C. Haga funcionar los ventiladores a través de una serie de ciclos nocturnos hasta que el grano se enfríe a la temperatura ambiente nocturna promedio. Esto debería reducir drásticamente los olores desagradables y prevenir el riesgo de deterioro. La medida en que los ventiladores deben funcionar depende del olor residual y de si se ha producido un deterioro. Si los silos están equipados con cables de temperatura, se puede monitorear el movimiento del frente de enfriamiento para garantizar que el volumen se haya enfriado adecuadamente. Se puede usar un monitor de CO₂ retenido en el aire de escape o instalado en el espacio de cabeza del silo para detectar si la aireación ha detenido el deterioro. *Consulte la Sección 3.2 para obtener más información sobre las mejores prácticas de monitoreo de granos almacenados.*

Sistema de aireación vertical: La aireación del maíz con un sistema de aireación vertical podría ser la única opción en un edificio de almacenamiento de almacén sin conductos de aireación instalados permanentemente. Al igual que con los sistemas de aireación en silos, la aireación del maíz utilizando temperaturas nocturnas más frías debe implementarse inmediatamente después de que el maíz dañado por el olor haya sido descargado y transferido al almacenamiento. Es importante que el grano agrupado se haya roto y mezclado bien para evitar el calentamiento localizado y antes de instalar la aireación vertical. Esto asegurará que, en caso de deterioro, se detenga y haya suficiente movimiento de aire para enfriar el bulto. *Consulte la sección 4.3.5 para obtener más información y directrices sobre los sistemas de aireación vertical.*

3.5. Ozonización

El ozono introducido en el grano a granel en forma gaseosa es un medio eficaz para eliminar los olores desagradables, desactivar las esporas de moho y matar las plagas de insectos. El gas ozono es fabricado por un generador de ozono in situ a partir de abundante oxígeno disponible en el aire.

La aplicación de ozono al grano se realiza mejor en un silo de tratamiento dedicado, en lugar de en un silo de almacenamiento o un gran almacén. Esto se debe a que el ozono necesita confinamiento para evitar la desintegración de las moléculas de ozono de nuevo en oxígeno y mantener concentraciones más altas de ozono (50 ppm y más) para garantizar una alta eficacia. El gas ozono se suministra mejor en el espacio de cabeza del silo para mantener 50 ppm y se utiliza un ventilador y un tubo de pequeña capacidad para recircular el gas ozono introducido en el espacio de cabeza en el plenum y empujado hacia arriba a través del volumen de grano. El ozono se introduce continuamente en el espacio de cabeza durante el período de ozonización para garantizar que se mantengan 50 ppm. Este proceso de tratamiento podría durar hasta 3 o más días. Después de que se complete la ozonización, el silo debe enfriarse a la temperatura nocturna promedio como se describió anteriormente.

Una vez que se haya mitigado el olor a humedad, agrio u objetable, regrese al árbol de decisiones en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

3.6. Mitigación contra el nivel de impurezas y grano quebrado superior al 4%

Cuando las muestras de maíz tomadas de un buque a la llegada al puerto tienen un nivel de impurezas y grano quebrado superior al 4%, el maíz continuará incurriendo en daños mecánicos durante la descarga del buque y la transferencia a camiones, transportadores, pozos de recepción y estructuras de almacenamiento. Cada paso de manejo da como resultado más impurezas y grano quebrado a medida que se transporta desde el buque oceánico hasta la terminal de importación y los destinos finales en el país. Por lo tanto, la cantidad de impurezas y grano quebrado reportada en el certificado de exportación generalmente será inferior a la que realmente se recibe en la fábrica de piensos de destino. Una vez recibido, se produce un daño adicional durante el transporte desde el pozo de recepción a través de varios elevadores de cangilones y transportadores de arrastre hasta el almacenamiento en un silo o almacén. Dado que el valor nutricional de impurezas y grano quebrado sigue siendo el mismo que el de los granos de maíz enteros, la estrategia operativa de una fábrica de piensos debe ser la mejor manera de incorporar impurezas y grano quebrado en el alimento terminado para maximizar la rentabilidad. Las mejores prácticas recomendadas se basan en reducir la cantidad de impurezas y grano quebrado a un nivel que (1) permita una mejor gestión del grano almacenado del grano restante a granel y la cantidad separada de impurezas y grano quebrado, y (2) incorpore económicamente la cantidad separada de impurezas y grano quebrado como ingrediente alimenticio en el alimento terminado.

3.6.1. Cribado

El cribado (limpieza) se lleva a cabo principalmente para eliminar el maíz roto y el material fino de los granos rotos y enteros más grandes. *Consulte la Sección 4.1 para obtener una revisión más detallada sobre las opciones de detección y equipo.* El cribado no pretende eliminar impurezas y grano quebrado y reducir el nivel a cero.

En cambio, al reducir la cantidad de impurezas y grano quebrado por debajo, por ejemplo, del 4% (grado 3 de EE. UU.), el volumen de grano restante permitirá una mejor administración del

almacenamiento. Específicamente, se mejorará la fluidez del granel de grano, los contornos bajo gotas de gravedad serán menos pronunciados y el flujo de aire a través del volumen de grano durante la aireación dará como resultado un enfriamiento más rápido. Esto tiene beneficios financieros con respecto a la gestión de operaciones, manejo y seguridad. Las impurezas y grano quebrado protegido deben almacenarse como un ingrediente de alimento separado en un almacén o en una pila en el piso de un edificio de almacenamiento plano o en un silo de tolva diseñado para ingredientes de alimentos. Luego se puede formular en raciones de alimento y mezclarse nuevamente en maíz antes de la molienda con martillo. *Consulte la Sección 3.9 para conocer el manejo de las proyecciones de impurezas y grano quebrado.*

Tenga en cuenta que las impurezas y grano quebrado puede contener niveles más altos de micotoxinas que los granos enteros porque el almidón expuesto del maíz roto es más susceptible al desarrollo de moho cuando se expone a una humedad relativa superior al 65-70%. Es aconsejable determinar los niveles y tipos de micotoxinas (*aflatoxinas, penicilio y fumosas*) que pueden estar presentes para determinar en qué proporción se puede mezclar antes de la molienda con martillo. Por ejemplo, el ganado de carne es más tolerante a niveles más altos de micotoxinas. *Consulte la Sección 3.8 para obtener más información sobre las pruebas de detección de micotoxinas.*

3.6.2. Scalping (Cribado)

El scalping se lleva a cabo principalmente para eliminar material extraño que no sean granos de grano que no pasarían a través de un tamaño de mallas elegido. En el caso del estándar de maíz de los Estados Unidos, se define como "toda la materia que no sea maíz que permanezca en la parte superior del tamiz de orificio redondo 12/64 de acuerdo con los procedimientos prescritos en las instrucciones del FGIS". *Consulte la Sección 4.1 para obtener una revisión más detallada sobre las opciones de scalping y equipo.* El tamaño de las mallas a elegir depende del objetivo del scalping. La mayoría de los procesos de scalping tienen como objetivo eliminar grandes objetos extraños que contaminarían el alimento terminado y dañar el equipo de manejo y molienda. *Consulte la Sección 3.10 para el manejo de scalpings impurezas y grano quebrado.*

Una vez que se hayan mitigado los niveles altos de impurezas y grano quebrado, regrese al árbol de decisión en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

3.7. Mitigación contra el nivel de daño total superior al 7%

Determinar los niveles de daño total mayores que los permitidos en el grado de maíz de los Estados Unidos comprado en el maíz de los Estados Unidos en los puertos de recepción es un evento raro. La razón principal por la que esto podría ocurrir durante el transporte oceánico se debe al daño del grano relacionado con el deterioro o el aumento de la infestación de insectos. Cuando las muestras de maíz tomadas de un buque a la llegada al puerto o a lo largo de la cadena de suministro en el país tienen un nivel total de daño del grano superior al 7%, se debe determinar el tipo de daño y las cantidades porcentuales. Los granos dañados según lo definido por los Estándares de Granos

de los Estados Unidos para el Maíz son "granos y trozos de granos de maíz que están muy dañados en el suelo, muy dañados por el clima, enfermos, heladas, gérmenes, dañados por el calor, perforados por insectos, dañados por moho, brotados o dañados materialmente de otra manera". La mayoría de estos tipos de daños se causan en el campo antes de la cosecha, y algunos también pueden causarse durante el manejo, secado y almacenamiento posteriores a la cosecha, como gérmenes, insectos perforados, moho dañados y daños por brotes. El daño por gérmenes, moho y brotes puede ocurrir cuando el maíz se echa a perder durante el almacenamiento, y el daño por insectos puede ocurrir cuando las plagas de insectos infestan el maíz durante el almacenamiento.

Los granos dañados por el calor son una subcategoría del total de "granos y trozos de granos de maíz dañados que están materialmente decolorados y dañados por el calor". Son causadas debido a temperaturas de secado excesivamente altas durante el secado artificial destinadas a reducir el contenido de humedad de la cosecha a alrededor del 15% de contenido de humedad, que es el contenido de humedad de almacenamiento seguro recomendado en la región de cultivo de maíz de los Estados Unidos. Las cantidades relativas de cada tipo de daño varían de una temporada a otra. En algunos años, cuando el contenido de humedad de la cosecha es alto en la región de cultivo de maíz de los Estados Unidos, los granos dañados por el calor podrían ser más comunes porque más maíz de los Estados Unidos tuvo que secarse con secadores de alta temperatura. Las principales preocupaciones con estos tipos de daño son el nivel reducido de nutrientes del maíz, principalmente en forma de almidón dañado (energía), y el potencial de contaminación por micotoxinas. Ambas preocupaciones reducen el valor nutricional de los piensos elaborados a partir de dicho maíz. Las mejores prácticas recomendadas son:

3.7.1. Granos dañados por el calor

Para el maíz con la cantidad máxima de granos dañados por el calor que permite el grado estadounidense para el maíz (por ejemplo, 0.2% en # 2, 0.5% en # 3, 1.0% en # 4) en el total de granos dañados, el maíz puede almacenarse y procesarse sin tratamiento especial. Lo más probable es que los granos dañados por el calor se distribuyan uniformemente en el granel de grano. Los estudios han demostrado que los granos dañados por el calor se pueden utilizar con éxito en la alimentación del ganado de carne, vacas lecheras y aves de corral con un impacto mínimo en los niveles de energía.

3.7.2. Granos dañados distintos de los dañados por el calor

Para el maíz con la cantidad máxima de granos dañados que no sean granos dañados por el calor que permite el grado de maíz de los Estados Unidos (por ejemplo, 5.0% en # 2, 7.0 # en # 3, 10.0% en # 4), los granos dañados por moho son la principal preocupación debido al nivel potencial de contaminación por micotoxinas. Esto es especialmente cierto si el daño por moho aumenta debido a problemas de deterioro del maíz durante el transporte marítimo. Consulte la Sección 3.8 para mitigar las micotoxinas en el maíz. Dependiendo de los tipos y niveles determinados, se debe buscar orientación de nutricionistas o veterinarios calificados en cuanto a las cantidades recomendadas para mezclar con maíz de buena calidad antes de la molienda de martillo para

raciones de alimento designadas para ciertas especies, como las dietas de grandes rumiantes (por ejemplo, ganado de carne).

Una vez que se hayan mitigado los altos niveles de daño total, regrese al árbol de decisiones en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

3.8. Mitigación de las micotoxinas

Todo el maíz estadounidense se analiza en la exportación para detectar aflatoxinas, la micotoxina más común en el maíz. El maíz que contiene más de 20 partes por billón no se puede cargar. Por lo tanto, la detección de aflatoxinas en el maíz estadounidense en los puertos de recepción por encima de este nivel es un evento raro. Cuando se detectan aflatoxinas u otras micotoxinas por encima de los niveles permitidos, es probable que se hayan desarrollado como resultado de problemas de deterioro del maíz durante el transporte oceánico.

La identificación y cuantificación de micotoxinas y otros contaminantes siempre debe ser realizada por personal calificado y de acuerdo con todas las leyes, regulaciones y mejores prácticas industriales aplicables, como la *Norma General del Codex Alimentarius de las Naciones Unidas para Contaminantes y Toxinas en Alimentos y Piensos del Codex Alimentarius de la OMS*¹¹¹².

La aflatoxina es una toxina química producida por los hongos de almacenamiento *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Estos mohos crecen bien y producen aflatoxinas a temperaturas superiores a 20°C y condiciones de humedad relativa entre 85-99%. La mitigación de las micotoxinas siempre debe ser realizada por personal calificado y de acuerdo con todas las leyes, regulaciones y mejores prácticas aplicables de la industria, como el *Código de Prácticas del Codex Alimentarius para la Reducción de Aflatoxina B1 en Materias Primas y Piensos Suplementarios para Animales Productores de Leche*. El maíz con ¹³ niveles más altos de aflatoxinas se puede mezclar con maíz de buena calidad con bajo contenido de humedad antes de la molienda con martillo para lograr raciones de alimento por debajo de los límites máximos recomendados para una especie animal (*Tabla 3.1 a, b, c*). El maíz con niveles más altos de aflatoxinas debe mantenerse segregado y solo para almacenamiento a corto plazo (menos de un mes).

Las impurezas y grano quebrado son más susceptible a la colonización por moho y, por lo tanto, podría tener niveles más altos de micotoxinas en comparación con los granos enteros de maíz. La detección de impurezas y grano quebrado es una estrategia práctica para reducir los niveles de aflatoxinas en una carga de maíz. Las impurezas y grano quebrado eliminado deben mantenerse segregado y puede mezclarse con maíz de buena calidad con bajo contenido de humedad antes de la molienda con martillo para lograr raciones de alimento por debajo de los límites máximos

¹¹ <http://www.fao.org/fao-Quién-códicealimentarius/es/>

¹² www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf

¹³ www.fao.org/input/download/standards/331/CXP_045e.pdf

recomendados para una especie animal (*Tabla 3.1 a, b, c*). Además, el maíz con un nivel más alto de aflatoxinas puede dirigirse a especies de ganado más tolerantes, como el ganado de carne (*Tabla 3.1 a, b, c*).

Una vez que se hayan mitigado los niveles de micotoxinas, regrese al árbol de decisión en la Sección 2 y continúe con el siguiente paso.

3.9. Gestión de las proyecciones de impurezas y grano quebrado

Cuando se examina el maíz para reducir la cantidad de impurezas y grano quebrado en un lote de maíz, primero se deben analizar muestras de los exámenes para determinar el contenido de humedad y micotoxinas, específicamente aflatoxinas (*ver Sección 3.8*). Incluso si un envío de maíz fue certificado inicialmente como libre de micotoxinas, los mohos se desarrollan más fácilmente en el maíz roto, los finos y el polvo de granos, y por lo tanto pueden concentrarse en las pruebas de impurezas y grano quebrado. Las cribas de impurezas y grano quebrado pueden ser más bajas en contenido de humedad que los granos de maíz enteros en el mismo lote. Sin embargo, deben almacenarse por separado de manera similar a otros ingredientes de piensos similares a harinas en una bahía de un almacén, en una pila en el piso de un edificio de almacenamiento plano o en un silo de tolva separado diseñado para ingredientes de alimentos. Si las micotoxinas no exceden los niveles regulatorios u orientativos en el país de destino, las mejores prácticas recomendadas para manejar las pruebas de detección de **impurezas y grano quebrado** son:

3.9.1. Volver a agregar impurezas y grano quebrado en futuros envíos de maíz

impurezas y grano quebrado se puede volver a agregar en una proporción deseada al maíz entero a granel antes del envío en el caso de que la instalación venda maíz básico. Esta estrategia permite la distribución uniforme de **impurezas y grano quebrado** en un envío y se puede utilizar para entregar maíz económicamente a los niveles de **impurezas y grano quebrado** contratados. Consulte la Sección 4.4 sobre las consideraciones de beneficios y ahorro de costos de esta estrategia.

3.9.2. Volver a añadir impurezas y grano quebrado al maíz destinado a la transformación

impurezas y grano quebrado, una vez probado para micotoxinas, se puede agregar nuevamente y formular en raciones de alimento antes de la molienda de martillos. Esta estrategia puede ayudar a garantizar la fabricación de una formulación de alimento consistente y maximiza la eficiencia de molienda. También reduce y limita los riesgos inherentes asociados con la "alimentación por lotes" del almacenamiento, particularmente cuando **impurezas y grano quebrado** no se distribuye uniformemente en la estructura de almacenamiento. Consulte la Sección 4.4 sobre las consideraciones de beneficios y ahorro de costos de esta estrategia.

3.10. Manejo de scalpings (Separación de gruesos) FM (Materia Extraña)

Cuando el maíz se cuela como parte del proceso de selección para reducir la cantidad de FM en un lote de maíz, los scalpings deben verificarse para determinar si consisten principalmente en material vegetal como tallos de maíz y mazorcas de maíz, paja o vainas de soja, o material extraño verdaderamente no vegetal como piedras, bolas de barro, etc. El material vegetal tiene valor nutricional (principalmente fibra) y se puede utilizar en raciones de alimento, especialmente para rumiantes. Las mejores prácticas recomendadas son:

3.10.1. Descarte de residuos de scalpings (Separación de gruesos)

Los residuos derivados del scalpings (Separación de gruesos) deben desecharse como basura cuando consisten principalmente en material extraño que no sea vegetal.

3.10.2. Utilización de residuos derivados de scalpings (Separación de gruesos)

Los residuos derivados de scalpings (Cribado / Limpieza de grano) se pueden utilizar como ingrediente alimenticio cuando consisten principalmente en tallos y mazorcas de maíz, paja, vainas y forraje seco para plantas. Lo mejor es examinar visualmente la calidad de los scalpings para determinar si han sufrido un deterioro severo y son adecuados para su uso. Es aconsejable priorizar el uso de scalpings en la alimentación de rumiantes, ya que las vacas de carne y lecheras son más tolerantes a niveles más altos de fibra. *Consulte la Sección 4.4 sobre las consideraciones de beneficios y ahorro de costos de esta estrategia.*

3.11. Utilización de cribados (scalpings) BCFM en la molienda de piensos

Las pruebas de detección de **impurezas y grano quebrado** que han sido probadas para detectar micotoxinas y scalpings a base de plantas se pueden utilizar en raciones de alimento. **impurezas y grano quebrado** tiene el mismo valor nutricional que los granos de maíz enteros, al igual que los scalpings que están libres de material extraño no vegetal y consisten principalmente en mazorcas / tallos de maíz y vainas de frijoles. La práctica de cribado y scalping mejora la calidad de almacenamiento del maíz a granel y asegura que estos materiales se puedan agregar uniformemente a las raciones de alimento antes de la molienda con martillo. Las mejores prácticas recomendadas se describen en *las secciones 3.9 y 3.10.*

3.12. Reducción del impacto de impurezas y grano quebrado en el almacenamiento

3.12.1. Extracción de muestras para mejorar el flujo de aire en estructuras de almacenamiento aireado

La extracción de muestras es la práctica de eliminar **impurezas y grano quebrado** que se han acumulado debajo de una línea de pico en un silo o edificio de almacenamiento plano. Las

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

partículas de mayor y menor tamaño contenidas en el maíz se segregan mientras caen en la estructura de almacenamiento durante la operación de llenado. Las partículas más pequeñas, como el maíz roto y los finos, se acumulan dentro de la línea del pico, por ejemplo, en el centro de un silo. Las partículas más grandes, como los granos enteros grandes y los materiales vegetales (tallos de maíz, vainas de soja) fluyen en la superficie del grano lejos de la línea del pico. Esta línea de pico se compacta con partículas más pequeñas, por lo que se reduce la porosidad y se obstaculiza el flujo de aire. Menos flujo de aire durante la aireación durante el almacenamiento puede resultar en una mayor susceptibilidad al crecimiento de hongos, autocalentamiento y deterioro. Por lo tanto, la extracción de muestras tiene varios beneficios importantes para mantener la calidad del grano almacenado: (1) un flujo de aire más uniforme durante la aireación da como resultado menos tiempo de enfriamiento y uso de energía eléctrica, (2) un entorno menos propicio para que se desarrollen plagas de insectos y hongos, y (3) utilización rentable de grano sin corazón, que generalmente contiene altos niveles de BC y cribas finas como ingrediente alimenticio almacenado por separado.

3.12.2. Ciclos de extracción de muestras simples frente a múltiples

En silos grandes (> radio de 15 m) y con granos que contienen altos niveles de **impurezas y grano quebrado** (>7%) es aconsejable que el grano en el centro (línea de pico) se desnude (extraiga) repetidamente a medida que se llena un silo. (Fig. 3.15) Esto asegura que la mayor parte del BC acumulado y los finos en la línea de boquilla se extraigan antes de que el silo esté completamente lleno. Una regla práctica a seguir es centralizar la masa de grano hasta que aproximadamente 1/3 a 1/2 del diámetro del silo se convierta en un cono invertido de la superficie (Fig. 3.16).

3.12.3. Utilización alternativa del material de grano sin corazón

El material de grano sin corazón tiene un valor nutricional similar al de impurezas y **grano quebrado** y al maíz integral. Como tal, debe considerarse un ingrediente alimenticio similar a una comida. Las prácticas de extracción de muestras y cribado mejoran la capacidad de almacenamiento y el manejo del grano almacenado a granel. El material con núcleo y el **impurezas y grano quebrado** cribado deben almacenarse en una bahía de almacén separada para su utilización, tal como se describe en la Sección 3.9.

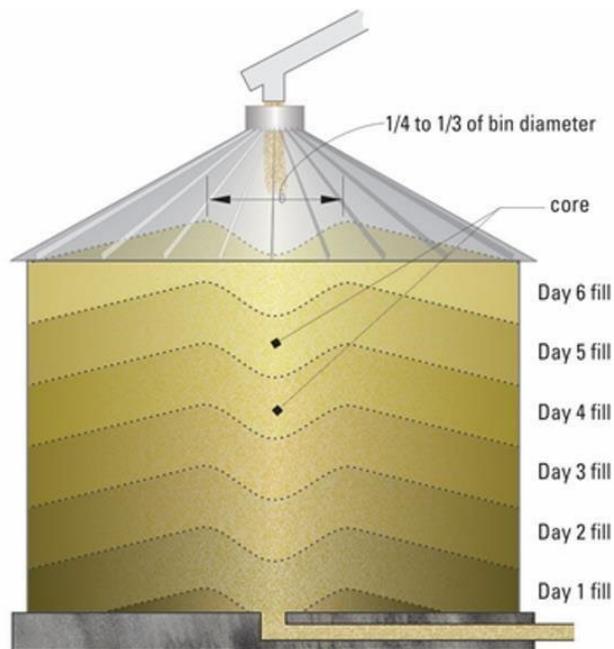


Figura 3.10. Una ilustración de múltiples ciclos de extracción de muestras para silos de gran diámetro para eliminar la alta acumulación de maíz roto y la porción fina de material extraño (Fuente: MWPS-13, Universidad Estatal de Iowa).

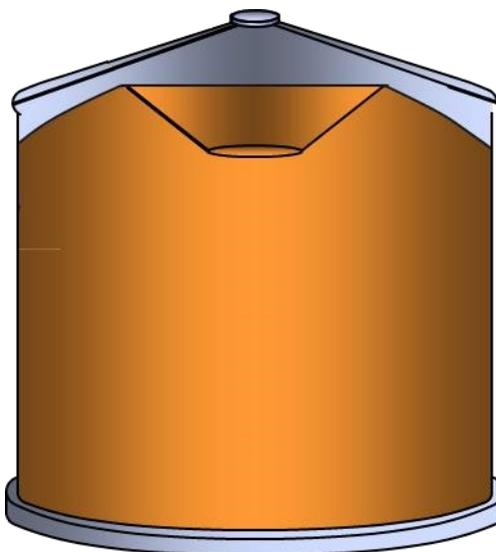


Figura 3.11. Una ilustración de un contenedor con núcleo después de que los finos y el maíz roto se hayan sacado del centro, lo que permite un flujo de aire más uniforme durante la aireación (la figura es cortesía del Dr. Sam McNeill, Universidad de Kentucky).

4. Preparación de instalaciones para un mejor manejo del maíz estadounidense

La clave para mantener la calidad del maíz importado durante la manipulación y el almacenamiento es la combinación de las mejores prácticas y un buen equipo. *Un buen equipo es fundamental para minimizar el daño y las mejores prácticas de gestión de operaciones son fundamentales para preservar el grano.* El enfoque de esta sección está en las opciones de equipo disponibles para modificar y preparar las instalaciones para mejorar el manejo y almacenamiento del maíz estadounidense, y en determinar el valor de realizar inversiones para mejorar y adoptar mejores prácticas operativas. Un desafío clave para mantener la calidad del grano almacenado es mitigar los efectos negativos del maíz roto, material extraño, finos y polvo. Por lo tanto, primero deben definirse dos conceptos.

Scalping - Si bien scalping (cribado) y limpieza (screening) a veces se usan como sinónimos; son dos funciones distintas y opuestas. El scalping es la eliminación de material "más grande que" y la limpieza es eliminar material "más pequeño que" el grano que se está manipulando.

En el scalping, la cantidad que se elimina en este proceso depende del tamaño de las aberturas de la malla sobre las que fluye el material. Cuanto mayor sea el tamaño de la abertura, más material permanecerá y fluirá a través del grano. Por lo general, este material consiste en tallos, mazorcas, bolas de barro y materiales no granulados considerados material extraño (FM), pero también pueden contener materiales que no son de naturaleza orgánica. Estos pueden incluir artículos como rocas, piedras, cubos de ascensores (tanto enteros como piezas), maderas, pernos grandes, paletas transportadoras de cadena, latas, botellas de agua, teléfonos celulares, billeteras, herramientas, martillos, materiales de revestimiento, etc.

Limpieza (cribado): es el proceso de eliminar los finos de la corriente de grano, y en el caso del maíz, esto incluye tanto BC como FM, material que es "más pequeño que" todo el grano. El porcentaje de finos que se eliminan varía mucho, dependiendo principalmente de la apertura específica de la malla, la profundidad del flujo sobre la malla y el porcentaje de finos en el flujo de grano antes de la limpieza. El material que se elimina consiste principalmente en polvo fino, maíz roto y otro material orgánico. La mayor variable con respecto al "tamaño de partícula" del material que se elimina es el tamaño de las aberturas de la malla. La apertura de la malla y el tipo de malla se pueden variar para lograr el efecto de limpieza deseado. A continuación, se presentan varios tipos de maquinaria que se pueden utilizar para lograr los resultados deseados para la instalación.

4.1. Opciones de equipo para limpiar el maíz

4.1.1. Limpiadores por gravedad

Un limpiador por gravedad consiste en un recinto (de diferentes tipos), típicamente con una entrada para la corriente de grano sin limpiar y dos salidas, una para el grano limpio y otra para los finos y la porción BC (Fig. 4.1). El grano fluye sobre un conjunto de malla dentro del recinto. El área total de superficie de la malla y las aberturas de la malla determinan la capacidad, mientras que las

tasas reales de eliminación dependen principalmente del nivel de finos en el flujo de grano sin limpiar. La mayoría de los limpiadores por gravedad se pueden comprar con una "opción de derivación" que permite al operador ajustar la cantidad de maíz que puede "evitar" las secciones de las mallas. Al ajustar esta válvula, el operador puede variar la cantidad de grano que evita las mallas de 0 a 100 % (bypass completo). Si bien esta válvula generalmente se ofrece como un "ajuste manual", se puede automatizar. De cualquier manera, tanto el grano limpio como el grano desviado se recombinan en la descarga inferior del limpiador. Los finos del proceso de limpieza se acumulan debajo de las mallas y se descargan en la parte inferior del limpiador a través de un pico separado. Los limpiadores por gravedad tienen un diseño simple y no requieren energía para funcionar. El material de la malla y las secciones de la malla se pueden cambiar fácilmente para cumplir con las condiciones actuales y las necesidades del cliente. Requieren poco mantenimiento. Debido a la simplicidad del diseño, son efectivos, eficientes y comparativamente económicos. Hay numerosos fabricantes, con diseños ligeramente diferentes, pero los principios operativos y el funcionamiento del equipo son básicamente idénticos. Las unidades más comunes tienen forma de diamante. Las capacidades van desde 25 TPH (toneladas métricas por hora) hasta 1.500 TPH.



Figura 4.1. Vistas externas e internas de limpiadores por gravedad típicos con mallas reemplazables de diferentes tamaños.

4.1.2 Limpiadores motorizados (con o sin scalper incorporado)

Estas unidades operan con los mismos principios de eliminación de finos y separación de partículas, pero como su nombre indica son alimentadas. Estas unidades se ofrecen en configuraciones de una y varias cubiertas (Fig. 4.2). Pueden separar FM de BC en maíz. Hay opciones de malla casi infinitas y puede operar a capacidades superiores a 1,500 TPH. Las unidades generalmente tienen una entrada común, pero requieren múltiples salidas para cada separación de tamaño de partícula que el usuario final desee.

Algunas unidades tienen la capacidad de separar y limpiar en un solo recinto, en una sola pasada, pero pueden requerir aspiración y control de polvo. Debido a la complejidad de estas unidades, pueden ser costosas de comprar y operar, requieren mantenimiento de rutina y requieren una estructura considerable para soportar su tamaño físico. Si una unidad no tiene un scalper incorporado, se recomienda encarecidamente que se instale una unidad scalper separada aguas arriba para proporcionar protección a los componentes internos cuando se instala una unidad de "sólo malla". Al igual que las unidades de gravedad, se pueden instalar secciones de malla que permiten limpiar diferentes tipos de granos. Si bien estas unidades permiten que la instalación sea mucho más flexible en sus capacidades de limpieza, generalmente viene con una inversión significativa. Las instalaciones típicas serían en instalaciones terminales y de exportación, instalaciones de limpieza de grado alimenticio y grado semilla, o cualquier instalación donde el usuario final desee un control extremadamente estrecho de **impurezas y grano quebrado** y finos.



Figura 4.2. Vistas externas e internas de limpiadores eléctricos típicos con múltiples cubiertas y mallas reemplazables de diferentes tamaños.

4.1.3 Limpiador y criba estilo rotativo o tambor

Como su nombre indica, estas unidades son tambores redondos que están cubiertos con material para cribado y en algunos casos pueden separar y cribar en una sola pasada (Fig. 4.3). Estas unidades pueden ser fijas o móviles con capacidades que suelen ser inferiores a 50 TPH. Sin embargo, se pueden configurar varias unidades en una configuración paralela para aumentar la capacidad. Estas unidades se pueden mover fácilmente, con equipos que generalmente se encuentran en la mayoría de las instalaciones de manejo de granos, por lo que la inversión se puede

distribuir en múltiples instalaciones. Pueden ser alimentados por electricidad fija, generadores portátiles, tractores agrícolas o cualquier equipo con una unidad de toma de fuerza (PTO). Debido a su diseño, estas no suelen ser unidades "en línea", sino que requieren equipos separados (adaptados a su capacidad) para alimentar el producto y quitarlo después de la limpieza. Requieren poca o ninguna estructura y se pueden colocar en prácticamente cualquier lugar dentro del sistema de manejo de granos. Por lo general, tienen una sola entrada y múltiples salidas (grano limpio, finos y gruesos). Debido a su diseño simple pero efectivo, son rentables, requieren poco mantenimiento, pero requieren que los operadores estén continuamente presentes mientras están en operación para monitorear.



Figura 4.3. Limpiador giratorio estilo tambor que permite cribado y separación.

4.1.4 Dispositivos de cribado y scalping en línea

Las modificaciones personalizadas son únicas para cada instalación y sistemas de manejo de materiales. Los conceptos de scalping y limpieza son similares, y la intención es eliminar finos y gruesos modificando el equipo existente. La diferencia significativa es que cada unidad instalada debe diseñarse e instalarse con un concepto de punto de uso único. Y si bien estos conceptos se pueden duplicar, cada diseño debe adaptarse a la capacidad del sistema de manejo de materiales existente.

Las rejillas de foso son un excelente ejemplo de scalping que tiene lugar en el edificio receptor (Fig. 4.4). Las rejillas que soportan los vehículos de reparto y su contenido actúan como la primera línea de defensa para evitar que el material no deseado entre en la corriente de grano (**scalping**). Una abertura de rejilla práctica ampliamente aceptada es de 6.35 cm (2 1/2 pulgadas) como máximo para ayudar a prevenir la introducción de materiales no deseados como rocas, piedras, metal y otros materiales indeseables.



Figura 4.4. Rejilla de pozo de recepción típica diseñada como primera línea de defensa para evitar que el material no deseado ingrese a la corriente de grano.

Además de las rejillas fijas, se podría considerar la aplicación de grandes secciones de material de malla (con aberturas más pequeñas) sobre las rejillas fijas para formar otra "capa" de scalping en el pozo receptor.

Conceptos similares pueden extenderse a otros puntos en el sistema de manejo de granos para proteger ese equipo y eliminar materiales no deseados que ingresan inherentemente a la corriente de granos durante las operaciones de limpieza, mantenimiento y/u otros artículos relacionados con el equipo.

Si las rejillas se instalan debajo de la descarga de cualquier equipo, se debe proporcionar acceso para que el operador limpie las rejillas. Desde el punto de vista del diseño, se debe considerar proporcionar un área de superficie adecuada para mantener el flujo, eliminar el material deseado y, sin embargo, no causar una restricción que pueda obstaculizar el rendimiento del sistema.

Los dispositivos de cribado personalizados requieren una revisión exhaustiva del sistema de manejo de materiales y, por lo general, implican la modificación de los equipos de caño y transporte existentes. Por lo general, no requieren la adición de ninguna estructura para la instalación, pero la mayoría requieren algún tipo de pico adicional para eliminar los finos que se recaudan en este proceso. Algunos ejemplos serían:

1. Quitar el fondo sólido (canal) de un transportador de tornillo (rastra) y reemplazar el fondo con material de malla. A medida que el transportador de tornillo empuja el grano hacia adelante sobre el material de la malla, los finos se caen, se recogen en una tolva directamente debajo y los finos se arrojan a algún tipo de recipiente de almacenamiento. La eficiencia de este proceso se ve afectada por muchos factores, incluida la velocidad del

tornillo (RPM), la longitud del material de la malla y el tamaño de la apertura de la malla. Para que este tipo de dispositivo personalizado sea más efectivo, debe instalarse más cerca del almacenamiento final (edificio, silo, tanque).

2. Quitar el fondo sólido (bandeja) de un transportador de cadena de fondo plano y reemplazar el fondo con material de malla. Esta modificación actuará de manera similar al transportador de tornillo. Sin embargo, como la bandeja sólida proporciona soporte para la cadena, se debe considerar adicionalmente el soporte de la cadena y los accesorios. Esto evitará el desgaste prematuro del material de la malla y protegerá la cadena y los accesorios. La efectividad de este tipo de la "limpieza" depende de la velocidad de la cadena, la longitud del material de la malla, el tamaño de la abertura y la profundidad del grano dentro del transportador.

4.2 Opciones de equipo para reducir la rotura del maíz durante la manipulación

4.2.1 Pozo receptor de granos

En las instalaciones que descargan grano para almacenarlo en silos de acero u hormigón, se prefieren múltiples pozos receptores de grano para operaciones de alto rendimiento. Las siguientes son pautas para garantizar que los pozos receptores de granos estén diseñados para un alto rendimiento (Fig. 4.5):

- Asegúrese de que los pozos de recepción tengan un tamaño lo suficientemente grande como para manejar adecuadamente las cargas de camiones más grandes sin derramar grano durante la descarga.
- Asegúrese de que los camiones puedan avanzar hacia el pozo de recepción asignado desde la báscula de pesaje y avanzar sin necesidad de retroceder (conducir a través del pozo de recepción).
- Asegúrese de que los camiones, y en muchos casos los camiones y remolques, puedan elevarse y dejarse descargar durante la operación de elevación. Los camiones volquete que utilizan sus cilindros hidráulicos incorporados para volcar los lechos de grano ralentizan la capacidad de descarga y, si fallan en el proceso, pueden poner en peligro al personal de operaciones y a los conductores de camiones.
- Asegúrese de que los transportadores debajo del pozo receptor tengan la capacidad adecuada para sacar el grano del pozo para evitar derrames durante la descarga.
- Si bien muchos lugares todavía usan polipastos para descargar camiones de grano, una instalación moderna debe diseñarse para manejar remolques con fondo de tolva.
- Asegúrese de que los pozos de recepción estén cubiertos con rejillas de acero de alta resistencia para permitir que los camiones pasen y también evitar que las personas, los animales grandes y/o las mascotas se caigan sin impedir el paso del grano.
- Asegúrese de que el área del pozo receptor esté rodeada por una estructura techada para que las operaciones de descarga puedan llevarse a cabo cuando llueve.

- Asegúrese de que los pozos receptores se puedan limpiar y cubrir fácilmente cuando no estén en uso para evitar que los materiales que no son de grano y otros contaminantes caigan o sean arrastrados.
- Asegúrese de que haya supresión y recolección de polvo instalada en cada pozo de recepción, idealmente utilizando un sistema integrado de recolección de polvo en el punto de uso.
- Asegúrese de que los pozos de recepción estén contruidos en un área bien drenada, o instale bombas de sumidero debajo para evitar que el agua entre en los transportadores para llevar.



Figura 4.5. Pozo de recepción de camiones de carga, con rejilla de alta resistencia y sistema de supresión y control de polvo. Tenga en cuenta las herramientas de limpieza, incluidas las escobas, palas y los barajados, que cuelgan de la pared para facilitar el acceso a la limpieza del área del pozo receptor después de que se hayan descargado los camiones.

4.2.2 Minimizar o eliminar la manipulación adicional

Cualquier esfuerzo para reducir y/o eliminar actividades adicionales de manejo de granos es muy recomendable. A través del examen de las prácticas y procedimientos existentes, los gerentes de operaciones pueden identificar oportunidades para ayudar a reducir las pérdidas y los daños debidos a un manejo innecesario. Un ejemplo sería la instalación de un limpiador para cribar el maíz durante la transferencia al almacenamiento en lugar de cribar el maíz durante la extracción de muestras o durante la descarga al final del almacenamiento.

4.2.3 Disminución de las velocidades de transporte

La disminución de las velocidades de las cadenas de los transportadores de arrastre puede reducir la rotura y la generación de finos. Al revisar el diseño y la operación, puede haber la oportunidad de disminuir la velocidad de la cadena y, por lo tanto, aumentar la profundidad de grano en el

transportador. Esto puede ayudar a reducir la rotura y la generación de finos resultantes mientras se transfiere el maíz.

4.2.4 Cajas de cojines

Las cajas de cojines generalmente se instalan al final de un bajante, justo antes de que el grano se deje caer en el silo de almacenamiento o almacén. Operan según el principio de establecer una sección central de grano dentro del pico, que forma un "cojín" de grano (Fig. 4.6). A medida que el flujo de grano aumenta y el grano entra en contacto con el "cojín", la velocidad se reduce al entrar en contacto con el grano en lugar de que el grano entre en contacto con una superficie metálica. A medida que aumenta el flujo, los flujos de grano adicionales alrededor del cojín se ralentizan debido a la fricción grano sobre grano. Esto reduce el daño debido a la alta velocidad y el impacto resultante en el metal. Se debe proporcionar acceso para limpiar ocasionalmente la sección del cojín. La limpieza automática del cojín central entre el flujo de diferentes granos (maíz versus soja) es posible a través de un deflector ajustable en la parte inferior del pico.



Figura 4.6. Ejemplo de una caja de cojín que reduce la velocidad del grano a medida que el flujo de grano entra en contacto con el "cojín" como resultado del grano en contacto con el grano en lugar de las superficies metálicas.

4.2.5 Retardadores de flujo en línea

Estos dispositivos se instalan en bajantes, normalmente entre la pata del elevador del cangilón y el distribuidor y/o el punto de caída en el silo de almacenamiento (Fig. 4.7). Su propósito principal es disminuir la velocidad del grano similar a una caja de cojines. La principal diferencia es la ubicación. Los retardadores de flujo deben instalarse aproximadamente cada 10 m a lo largo de la sección inclinada del pico. Algunos estudios han demostrado que estos dispositivos en realidad pueden aumentar la generación de **impurezas y grano quebrado**, pero se necesitan más estudios. *Se requiere acceso del personal, y se debe proporcionar, para eliminar los materiales que podrían*

alojarse y, finalmente, restringir el flujo. Dada su ubicación, esto es un desafío. Sin él, se requerirá la eliminación del chorro con la ayuda de una grúa u otro equipo especializado que sea costoso de alquilar o contratar, y puede resultar en un tiempo de inactividad significativo.



Figura 4.7. Ejemplo de un retardador de flujo instalado en un pico descendente por gravedad que reduce la velocidad del grano a medida que el flujo de grano se expande en el volumen del retardador.

4.2.6 Esparcidores de granos por gravedad y motorizados

Tanto la gravedad (Fig. 4.8) como los esparcidores de granos motorizados realizan una función principal durante el llenado de un silo. Dispersan (extienden) el maíz roto y los finos de manera más uniforme en toda la masa de grano, y reducen la separación de partículas que conduce a la acumulación de BC y finos en una línea de pico. Las capacidades varían de 10 a 1000 TPH, y se pueden instalar en silos con diámetros de 6 a 45 metros. Los esparcidores por gravedad y motorizados están diseñados para operar a un caudal de grano específico. A medida que cambia el caudal, se deben realizar ajustes para lograr los resultados deseados. De lo contrario, puede anular cualquier ventaja que el operador espera lograr. Los grandes esparcidores de gravedad tienen una serie de caños a lo largo de las rampas que les dan una apariencia de araña. Los esparcidores pueden ayudar a eliminar la necesidad de núcleo. Si bien algunos fabricantes sugieren que pueden reducir la generación de finos, la experiencia indica que esto es marginal en el mejor de los casos y no está bien documentado.



Figura 4.8. Ejemplo de un esparcidor de cono de gravedad (izquierda) y un esparcidor de múltiples rampas giratorio impulsado por gravedad (derecha) que dispersa el grano en el silo. Esto evita la acumulación de maíz roto y finos en el núcleo, y evita el pico de la masa de grano.

4.2.7 Escaleras de grano (o Reductor de velocidad de caída)

Las escaleras de granos, comúnmente llamadas escaleras de frijoles, generalmente se encuentran en instalaciones de semillas y de grado alimenticio donde los "granos rotos" equivalen a un producto de bajo valor, a menudo inutilizable (Fig. 4.9). Se instalan entre el bajante y el piso para que el grano fluya suavemente hacia el silo en lugar de dejarlo caer. La velocidad reducida del grano por el flujo de "ida y vuelta" esencialmente elimina la rotura. Si bien la mayoría de las unidades comerciales están diseñadas para baja capacidad (5-50 TPH), el concepto se puede ampliar con ejemplos conocidos de 250 TPH o más con un diseño adecuado.

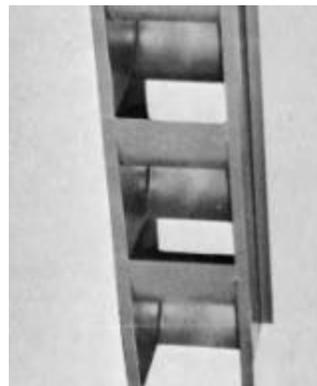


Figura 4.9. Sección inferior de una escalera de grano utilizada para bajar suavemente el grano desde el bajante hacia el silo. Esto evita dejar caer el grano y causar rotura adicional de granos y segregación de partículas más grandes frente a partículas más pequeñas.

4.2.8 Materiales de revestimiento del pico y del transportador

Al utilizar materiales de revestimiento más suaves en áreas de alto impacto, los operadores pueden reducir la rotura adicional que es inherente a los sistemas de manipulación. El acero, la cerámica y otros materiales duros y duraderos se instalan por diseño para reducir el desgaste de la tubería metálica original y la carcasa del transportador o distribuidor (Fig. 4.10). Mediante el uso de materiales más suaves (generalmente similares al caucho y de hasta 2,5 cm de espesor) para amortiguar el impacto, se puede reducir la rotura adicional de manera efectiva. Si bien estos materiales "más blandos" son buenos para las ubicaciones de impacto, no se recomiendan en aplicaciones "deslizantes" porque disminuyen los caudales debido a una mayor fricción y aumentan el mantenimiento debido al reemplazo frecuente.



Figura 4.10. Ejemplos de material de revestimiento instalado dentro de bajantes para reducir la rotura adicional de maíz y el desgaste de las superficies metálicas internas.

4.2.9 Vasos elevadores de cangilones ventilados para mejorar el manejo

La ventilación de las copas elevadoras de cangilones (cubos) puede mejorar tanto la carga de material (absorción en el maletero) como la descarga (en la cabeza) del producto (Fig. 4.11). Al permitir que el aire se desplace más fácilmente al recoger el grano, se aumentará el llenado de la taza. La descarga de las tazas mejorará durante el vaciado, lo que reduce la posibilidad de "backlegging (retroceso de grano)" y, por lo tanto, mantiene la capacidad de transporte. El backlegging (retroceso de grano) se produce cuando el grano de la sección del cabezal de descarga regresa dentro de la carcasa del elevador de cangilones hacia abajo hasta la sección inferior del maletero. La causa principal del backlegging (retroceso de grano) son las velocidades excesivamente altas de la correa (banda) que no permiten que el grano salga de los cubos cuando se mueven a través de la polea de la cabeza. La cantidad de grano que regresa de la sección de la cabeza afecta la capacidad de transporte y puede conducir a una generación excesiva de maíz roto y finos.

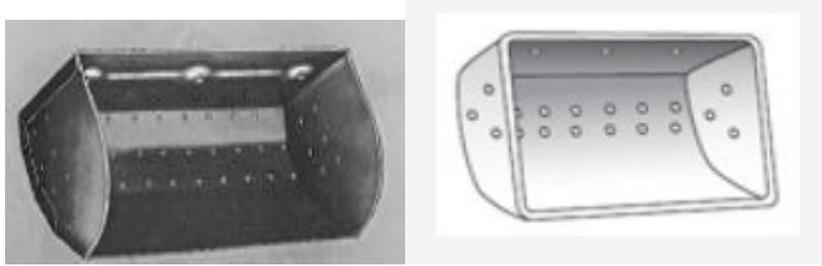


Figura 4.11. Vasos de elevador de cangilones ventilados para mejorar la absorción y descarga del producto en un elevador de cangilones.

4.2.10 Sustitución de transportadores de tornillo y cadena por transportadores de banda

Tanto los transportadores de tornillo como los de cadena son una alternativa de menor costo y se usan ampliamente cuando se requieren múltiples puntos de descarga. Se recomienda el uso de transportadores de banda para reducir la generación de **impurezas y grano quebrado**, que es inherente a los transportadores de tornillo y cadena. Los vuelos de tornillo desgastados, las paletas, los revestimientos, las cadenas, las ruedas dentadas y el arrastre de productos pueden conducir a la generación no deseada de **impurezas y grano quebrado**.

4.2.11 Modificación de ubicaciones de alto impacto existentes

El reemplazo o modificación de los extremos de bajante ("puntos muertos") y otras ubicaciones de alto impacto, debe ser de alta prioridad para reducir la generación no deseada de **impurezas y grano quebrado**. Algunos ejemplos son las descargas de piernas, chorros y cualquier lugar donde se produzca un cambio de dirección abrupto en un sistema de manipulación. El diseño y la modificación reales varían mucho y dependen de la sonda existente, etc., pero cada oportunidad debe explorarse en un intento de reducir la contracción adicional del manejo y la generación de **impurezas y grano quebrado**.

4.3 Opciones de equipo para preservar la calidad del grano almacenado

4.3.1 Estructuras de almacenamiento de granos

Almacenes de fondo plano o en V: Las estructuras de almacén con pisos planos o fondos en forma de V se pueden usar para almacenar de manera segura maíz y otros granos. Los almacenes de fondo plano son los sistemas de almacenamiento más flexibles porque pueden manejar tanto materias primas a granel como productos terminados embolsados (Fig. 4.12). Los almacenes se pueden dividir con paredes fijas o mamparos móviles para almacenar varios productos básicos o ingredientes de piensos al mismo tiempo. Los almacenes con fondos en forma de V aumentan sustancialmente el volumen de almacenamiento bajo el mismo techo, pero solo son factibles en áreas con niveles freáticos bajos. Uno de los inconvenientes de las estructuras de almacén es la

instalación de sistemas de aireación para acondicionar el grano almacenado si no se instaló un sistema de aireación cuando se construyó la estructura por primera vez. Los sistemas de aireación sobre el piso se pueden colocar, pero son un desafío para los cargadores frontales para maniobrar durante las operaciones de llenado y recuperación. Además, monitorear las temperaturas del grano usando cables y controlar las condiciones de espacio de cabeza entre la superficie del grano y el techo del almacén puede ser un desafío. El llenado y la recuperación de granos de las estructuras de los almacenes requiere más mano de obra y el uso de cargadores frontales porque rara vez se instalan sistemas de transporte en el piso o sobre el piso para aprovechar el flujo por gravedad durante la descarga.



Figura 4.12. Almacén de almacenamiento de fondo plano que muestra un mamparo de hormigón para dividir la capacidad de retención de granos e ingredientes de piensos.

Silos de acero: Los silos de acero de pared plana corrugados o soldados son las estructuras de almacenamiento más rentables (USD por tonelada métrica) y más comunes utilizadas en la granja, en instalaciones de granos a granel y en instalaciones de procesamiento de granos y fábricas de piensos en todo el mundo (Fig. 4.13). Están fácilmente equipados con sistemas de transporte de granos operados por PLC y sistemas automatizados de monitoreo de granos, lo que hace que su operación y gestión sean menos desafiantes en comparación con los almacenes. Si el espacio no es un problema, se prefiere instalar silos de mayor diámetro en lugar de silos más altos por dos razones. Los silos de mayor diámetro causan menos presión estática para que los ventiladores empujen o extraigan aire a través de una masa de grano de tamaño equivalente durante la aireación. Los silos de mayor diámetro también dan como resultado relaciones de superficie a volumen más pequeñas, lo que mantiene el grano más fresco, especialmente cuando el acero galvanizado es nuevo o los silos de acero más antiguos están pintados de blanco para reflejar la radiación solar.

Esto es especialmente beneficioso en climas tropicales donde la carga solar y la temperatura ambiente son bastante altas durante el día. Los silos de acero más altos y de menor diámetro con mayores relaciones superficie/volumen absorben cargas térmicas comparativamente mayores. Esto hace que enfriar el grano o mantener el grano fresco en tales silos sea un desafío mayor en los trópicos.



Figura 4.13. Silos de acero corrugado y atornillado que sostienen maíz a granel en una fábrica de piensos.

Silos de hormigón: Los silos de hormigón son estructuras de almacenamiento de grano de forma cilíndrica similares a los silos de acero (Fig. 4.14). También pueden equiparse fácilmente con sistemas de transporte operados por PLC y sistemas automatizados de monitoreo de granos. Por lo general, son estructuras más altas y de menor diámetro que los silos de acero. El concreto es un excelente material aislante, y cuando los silos de concreto se vierten como una estructura integrada con intersticios entre cuatro silos cilíndricos, el grano se puede mantener a temperaturas más frías mucho mejor que en los silos de acero. Sin embargo, los silos de hormigón suelen ser entre un 10 y un 15% más caros de construir que los silos de acero, que es menor que en años anteriores dados los recientes aumentos en los precios mundiales del acero.



Figura 4.14. Silos de concreto que contienen maíz a granel en un lugar de agregación de granos.

4.3.2 Sistemas de aireación portátiles (verticales)

Los sistemas de aireación portátiles suelen consistir en una serie de ventiladores axiales de paletas pequeños (~1/12 - 1/2 HP), conectados a una pieza perforada de tubo (metal o plástico) que se inserta en la superficie de la masa de grano después del llenado de la estructura (Fig. 4.15). Dependiendo de la calidad del grano y la cantidad de **impurezas y grano quebrado**, estos pueden ser efectivos para el enfriamiento localizado, incluida la detención del autocalentamiento del grano debido al deterioro del moho. La profundidad a la que se pueden insertar en la masa de grano varía, lo que limita su rendimiento. Estos deben combinarse con la ventilación del espacio de cabeza para evitar la acumulación de humedad, temperatura y potencial de condensación.

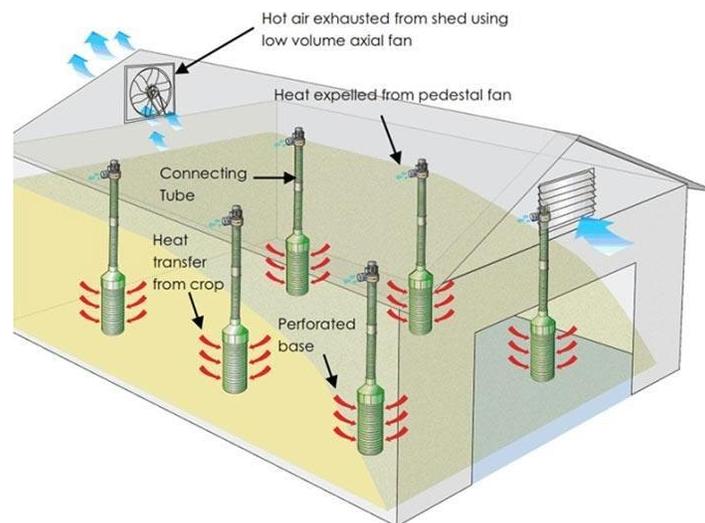


Figura 4.15. Sistema de aireación vertical para edificios de almacenamiento de fondo plano que permite enfriar y mantener la calidad del grano almacenado. Se puede mover a su lugar antes del llenado y retirar durante la descarga para una máxima utilización del espacio.

4.3.3 Enfriadores de granos

Los enfriadores de granos se pueden usar cuando las temperaturas del grano deben reducirse por debajo de las posibles con el aire ambiente, por ejemplo, en los trópicos y subtrópicos, así como durante el verano en climas templados (Fig. 4.16). Al reducir la temperatura del grano, el gerente de operaciones puede reducir la actividad de insectos y moho, y así reducir el daño a los granos. Estas unidades son costosas de poseer y operar (debido a los altos costos de la compañía eléctrica) y, por lo tanto, son más aplicables para preservar el valor de uso final de granos como el arroz molido y las palomitas de maíz, y en granos orgánicos para evitar el desarrollo de insectos sin medios químicos. La capacidad de aire acondicionado de una unidad se dimensiona en función de las condiciones climáticas prevalecientes, el caudal de aire necesario y la temperatura y el tiempo de enfriamiento específicos.



Figura 4.16. Sistema de aireación de grano refrigerado conectado al conducto de aireación de un individuo o conjunto de silos de acero. La unidad móvil se puede mover de un silo a otro, así como a lo largo de un almacén y conectarse a Conductos de aireación para enfriar y mantener la calidad del grano almacenado independientemente de las condiciones climáticas ambientales.

4.3.4 Ventilación del techo y del espacio de cabeza

La ventilación del espacio de cabeza es necesaria para eliminar el exceso de humedad que puede haberse acumulado debido a la aireación de la corriente ascendente y para evitar la acumulación de calor en el espacio de aire sobre la superficie del grano en un silo o almacén. Existen numerosos tipos, incluidos ventiladores eléctricos, respiraderos de caja, respiraderos de cresta, turbinas eólicas, ventiladores de pared final (Fig. 4.17) y más. Una ventilación insuficiente puede provocar problemas de condensación y formación de costras superficiales, lo que podría reducir la eficacia de los sistemas de aireación existentes. Consulte la Sección 3.3. 3 sobre la gestión del microclima del espacio de cabeza.



Figura 4.17. Alto flujo de aire, ventilador de escape de baja potencia eléctrica que ventila el aire del espacio de cabeza de un edificio de almacenamiento plano.

4.3.5 Sistemas de aireación semipermanente

Los sistemas de aireación se pueden instalar en el piso plano de un almacén antes de que se llene y se retiren durante la descarga para mejorar la recuperación. Una vez que se completa la recuperación, los conductos se pueden reinstalar, conectar a los ventiladores externos y el sistema está listo para su reutilización. Los conductos se construyen comúnmente a partir de tuberías perforadas de metal o plástico (estilo drenaje), que varían en diámetro de 0.5 a 1 metro (Fig. 4.18). Los ventiladores suelen ser axiales de paletas, pero también pueden ser ventiladores centrífugos más silenciosos y caros. Los conductos se pueden instalar para funcionar en paralelo o perpendicular al proceso de recuperación de granos.



Figura 4.18. Sistema de aireación semipermanente que muestra conductos perforados en el piso de media ronda para airear el grano en un edificio de almacenamiento plano antes de que se llene

4.3.6 Sistema de extracción de muestras y recuperación para edificios de almacenamiento plano

La extracción de muestras es una herramienta esencial e importante para la gestión de la calidad del grano, especialmente con grandes estructuras de almacenamiento. Debido a los costos, la mayoría de las estructuras de almacenamiento planas no tienen la capacidad de extraer finos de los múltiples contornos a lo largo de la línea central de la masa de grano. Un concepto de diseño es instalar un tubo o estructura correctamente diseñado directamente debajo y paralelo a la línea central. Dentro de ese tubo, se puede instalar un pequeño transportador de cadena desplazado hacia un lado para permitir el acceso del personal. A través del tubo, se pueden instalar caños y compuertas que pueden operarse para permitir que el grano de los contornos fluya hacia el transportador. El espaciado depende de la distancia entre los puntos de caída del transportador aéreo. Con este tipo de sistema, el operador puede abrir puertas, extraer (perforar) los finos y luego transportarlas al exterior para su posterior transferencia. Una vez que se realiza la extracción de muestras, los conos invertidos podrían rellenarse con grano limpio para recuperar la capacidad de almacenamiento de la estructura. Además, este sistema se puede utilizar para recuperar el grano del almacén por flujo por gravedad.

4.3.7 Sistema de aireación añadido a 4.3.5

En concepto, el operador podría agregar células de aireación o vainas al sistema de extracción de muestras y recuperación de la combinación anterior. Al conectar las cápsulas sobre el piso al conducto central e instalar ventiladores de tamaño suficiente en el conducto central fuera del marco del edificio, el operador podría tener un sistema de extracción de muestras, aireación y recuperación instalado permanentemente. A diferencia de la mayoría de los sistemas de aireación "en el piso", el impacto en la operación es mínimo porque se requiere poco en la forma de

configurar tubos, vainas y ventiladores, y potencialmente desmontar el sistema si el almacén se va a utilizar para algo más que el almacenamiento de granos a granel.

Si bien este es un "concepto solamente" para edificios de almacenamiento plano, los sistemas de diseño similar se han utilizado con éxito durante más de 30 años en los Estados Unidos en estructuras de almacenamiento temporal grandes (hasta 45,000 toneladas métricas) y silos de almacenamiento de acero de 12,500 toneladas métricas. Este sistema tiene un alto costo inicial, pero a largo plazo el operador verá beneficios debido a la reducción de los costos de manejo, menores costos de mano de obra y problemas de calidad de grano muy reducidos.

4.4 Determinación del valor de la pérdida de manipulación, la reducción de peso y los gastos de servicios públicos

4.4.1 Mejora de la aireación del grano = reducción de los costes de los servicios públicos

Eliminar o reducir la cantidad de **impurezas y grano quebrado**, finos y polvo limpiando el grano y perforando la masa de grano reducirá el tiempo total de aireación. Esto, a su vez, tendrá un impacto en la reducción de los costos de los servicios eléctricos. Los costos para operar los ventiladores se pueden determinar si se conoce lo siguiente:

- potencia nominal de los motores del ventilador (kW)
- Carga de amperaje cuando se alimentan los motores del ventilador
- horas de tiempo de funcionamiento del ventilador
- Costos de servicios eléctricos por kWh

Costo operativo del ventilador = Motor del ventilador [kW] x Carga de amperaje [%] x Tiempo de funcionamiento [h] x Costo de electricidad [USD / kWh]

A continuación, se muestra un ejemplo de una hoja de cálculo utilizada para calcular los costos en los EE.UU. que se puede adaptar fácilmente para cualquier moneda.

Cuadro 4.1. Costos eléctricos estimados (USD) para operar el número total de ventiladores de aireación en función de la potencia del motor del ventilador eléctrico (1 HP = 0.746 kW), carga de amperaje total (100%), horas de funcionamiento del ventilador y costo promedio de energía eléctrica por hora (USD / kWh).

	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene
Ventilador (HP)	100	100	100	100	100
Ventilador (Horas)	150	250	75	300	175
Costo por hora (Kw prom)	\$ 0.12	\$ 0.20	\$ 0.30	\$ 0.12	\$ 0.12
Costo Electrico Estimado	\$ 1,350	\$ 3,750	\$ 1,688	\$ 2,700	\$ 1,575

4.4.2 Mejora de la conservación del grano = reducción de la contracción debido al deterioro

En general, por cada 3% del daño total del grano, la pérdida de peso del grano es de aproximadamente 0.5% (0.005). Por lo tanto, la pérdida por contracción debido al daño por deterioro se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Deterioro Pérdida por contracción} = \text{Cantidad de grano (mt)} \times 0.05\% \times (\text{daño total final} [\%] - \text{daño total inicial} [\%]) / (3\%)$$

Por ejemplo, 75000 tm de maíz deteriorándose de 2.9% a 12% de daño, en total experimentarían la siguiente pérdida por encogimiento:

$$\text{Deterioro Pérdida por contracción} = \frac{75000 \times 0.05\% \times (12 - 2.9)}{3}$$

$$\text{Deterioro Pérdida por contracción} = 1138 \text{ mt}$$

Cuadro 4.2. Costo (USD) por bushel estadounidense y tonelada métrica en función del aumento en el nivel de daño (%) y la pérdida de peso asociada y el valor de la mercancía (USD).

Por cada 3 % de desintegración, la pérdida de peso es igual a ~1/2 del 1 %		
Deterioro de la calidad por contracción		
	Bushels	Tons
Bushels	3,000,000	75,000
Nivel de daño original	2.9	2.9
Nivel de daño final	12	12
% de aumento del daño	9.1	9.1
Cambio de base	3.03	3.03
Pérdida de peso	45,500	1,138
Valor del producto	\$ 4.13	\$ 165.00
Costo proyectado de deterioro	\$ 187,687.50	\$ 187,687.50
Costo por bushel o por tonelada	\$ 0.06	\$ 2.50

4.4.3 Manejo mejorado del grano = Reducción de la contracción debido a la manipulación

La manipulación se define como la pérdida de peso acumulada asociada con el movimiento normal del grano a través de un sistema de manipulación de grano convencional. La cantidad real varía mucho y depende de múltiples factores, incluida la antigüedad del equipo, el nivel o la falta de mantenimiento del equipo, el tipo de equipo, los sistemas de recolección de polvo, el número de puntos de impacto y las alturas de caída en silos y almacenes. Se evidencian ejemplos extremos cuando hay fugas excesivas, derrames, altos valores de **impurezas y grano quebrado** y otros problemas de limpieza que ocurren en una instalación. La siguiente tabla es un ejemplo de cómo

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

una empresa estadounidense que opera numerosos tipos de instalaciones, desde pequeñas instalaciones locales de agregación de granos hasta grandes terminales de exportación, algunas con equipos más nuevos y otras con equipos más antiguos, rastrearía la manipulación en todas las instalaciones. La situación variará en cada instalación y para cada empresa. Sin embargo, evaluar y calcular la reducción del manejo es importante para determinar el valor de la cantidad de grano perdido y compararlo con la rapidez con que las inversiones en actualizaciones de equipos y mejores prácticas operativas pagarán.

La pérdida por contracción debida a múltiples operaciones de manipulación se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Manejo de pérdidas por contracción} = (\text{recibos de granos} + \text{envíos de granos} + \text{transferencias de granos}) \times 0.05\% \text{ (o } 0.0005) / 2$$

Para calcular la pérdida por contracción de manejo, en este ejemplo, en enero, el operador recibió 5000 tm de maíz en almacenamiento, y durante el mes, transfirió 5000 tm del almacenamiento al procesamiento, terminando el mes con 5000 tm "manejadas". Sobre esta base se calcula la pérdida por contracción asociada:

$$\text{Manejo de la pérdida por contracción} = \frac{(5000\text{mt} + 5000\text{mt}) \times 0.0005}{2}$$

$$\text{Manejo de pérdida por contracción} = 2.5\text{mt}$$

o 0.5% de la cantidad total de grano manipulado.

Cuadro 4.3. Pérdidas atribuidas a la manipulación mecánica del grano

Pérdidas normales atribuidas a derrames, limpieza de equipos, etc.				
<u>Contracción por manipulación mecánica:</u>				
		Ene	Feb	Mar
Recibos en instalaciones	Toneladas recibidas	5,000.0	5,000.0	5,000.0
Envíos a otras instalaciones	Toneladas embarcadas	-	1,000.0	-
Transferencia para proceso (uso)	Toneladas procesadas	5,000.0	5,000.0	3,000.0
	Toneladas Manejadas	5,000.0	5,500.0	4,000.0
	Contracción mecánica	2.5	2.8	2.0
Cálculo = Rec + barco + transferencias / 2 *.0005		Toneladas		

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

4.4.4 impurezas y grano quebrado y su valor equivalente

Similar al contenido de humedad, el valor de **impurezas y grano quebrado** se puede determinar en función de (1) el valor del producto, (2) el porcentaje de **impurezas y grano quebrado** contenido en el maíz importado y (3) el porcentaje de aumento de **impurezas y grano quebrado** durante la manipulación, que se estima en 1-2 puntos porcentuales durante cada operación de manipulación sucesiva, especialmente cuando el contenido de humedad del grano es inferior al 13,5%.

Valor de **impurezas y grano quebrado**= Cantidad de grano (mt) x (cantidad inicial de **impurezas y grano quebrado** + aumento en la cantidad de **impurezas y grano quebrado** durante la manipulación) x Valor de grano (\$/tm)

Por ejemplo, 25000 tm de maíz comprado por \$ 165 por tonelada en un contrato El contenido de **impurezas y grano quebrado** del 4% aumenta en **impurezas y grano quebrado** en un 1% durante la recepción y transferencia al almacenamiento. Esto da como resultado el siguiente valor estimado de **impurezas y grano quebrado**:

$$\begin{aligned} \text{Valor de } \mathbf{impurezas \text{ y } grano \text{ quebrado}} &= 25000 \text{ tm} \times (4\% + 1\%) \times \$165/\text{tm} \\ &= \$206250, \text{ o } \$8.25 \text{ por TM comprada} \end{aligned}$$

Es importante recordar que el valor nutricional de **impurezas y grano quebrado** es comparable al maíz entero en términos de producción de alimentos para animales.

4.5 Beneficios y ahorros de costos para actualizaciones de equipos y sistemas de manejo mejorados

La siguiente tabla es una hoja de cálculo de Excel diseñada para ayudar a los gerentes de operaciones al considerar varias alternativas prácticas de inversión de capital. Se puede utilizar para comparar los diversos beneficios basados en un valor estimado en relación con su factor de impacto (bajo, medio o alto) y su relación con cuatro clases principales de inversión. El valor de impacto estimado se basa en la experiencia de operaciones dentro del contexto de EE. UU. y puede ser modificado por el usuario final en la versión en línea de la hoja de cálculo. El propósito es proporcionar a los propietarios y operadores de instalaciones una lista de opciones prácticas para determinar el valor de realizar inversiones en la mejora y adopción de prácticas operativas mejoradas. Las cuatro clases de inversión son:

1. Calidad del grano/Preservación de beneficios
2. Oportunidades de agregar ganancias
3. Ganancias de eficiencia operativa y reducción de gastos
4. Seguridad de los empleados, calidad de vida y consideraciones ambientales

Para ilustrar el propósito previsto de la tabla a continuación, se hace una comparación para evaluar dos opciones de proyectos distintas. La opción "Pre-Limpieza" incluye la instalación de equipos, como un sistema de limpieza antes del almacenamiento, lo que permite al gerente de operaciones limpiar todo o una cierta cantidad de maíz entrante a un nivel deseado. Esta opción se compara con "solo extracción de núcleos", que implica la instalación de equipos para extraer muestras de los contornos para eliminar los finos de la masa de grano después de llenar un silo de almacenamiento o almacén. Como los costos reales del proyecto dependen de la situación local, esta es una comparación de beneficios solamente. Para que el usuario final determine el ROI, se deben tener en cuenta los costos del proyecto y otras variables. Los factores de impacto correspondientes al valor operacional fueron elegidos como 1 = bajo, 3 = medio y 5 = alto. A la derecha de esta columna hay una columna etiquetada "ver sección" que lleva al usuario, a través de un hipervínculo, a la sección respectiva de este manual para revisar las opciones de equipo con más detalle a través de un hipervínculo.

En este ejemplo (Tabla 4.4), al instalar un sistema de limpieza previa, el valor de impacto es alto (5) en comparación con el medio (3) para la extracción de muestras solo basado en la premisa de que la "reducción del deterioro se contrae" durante el almacenamiento es mayor cuando **impurezas y grano quebrado** se reduce con la limpieza de la malla antes del almacenamiento. La razón es que, al limpiar antes del almacenamiento, el gerente de operaciones no tiene que encontrar el tiempo, el espacio de almacenamiento y la mano de obra necesarios para la extracción de muestras después de llenar silos o almacenes. Además, al limpiar "todos los granos" que van al almacenamiento en lugar de extraer solo las líneas de pico, el operador tiene un control mucho mejor sobre la calidad del grano. Cuando se suman todas las opciones de valor y beneficios, una inversión en limpieza previa supera una inversión en extracción de muestras solo por una puntuación de casi dos (116) a uno (63). Basado en años de experiencia en operaciones, la limpieza antes del almacenamiento ha demostrado una y otra vez ser mucho más efectiva en la gestión de la calidad del grano almacenado y en la obtención de eficiencia operativa teniendo en cuenta el espacio, la mano de obra, los servicios públicos y las interrupciones del proceso.

Cuadro 4.4. Ejemplo de evaluación y comparación de los diversos beneficios de tres alternativas prácticas de inversión de capital basadas en un valor estimado en relación con su factor de impacto (bajo, medio o alto) y su relación con cuatro clases principales de inversión.

Estrategia de inversión y análisis costo-beneficio	Sección	Pre limpieza	Sólo núcleo	Núcleo con aireación
Valor / beneficios / ahorros en costos	Enlace a sección	Valor L=1, M=3, H=5	Valor L=1, M=3, H=5	Valor L=1, M=3, H=5
Calidad del grano / mantenimiento de ganancias				
Reducción de mermas por deterioro	4.4.3	5	3	3
Reducción de mermas debido a manipulación adicional	4.3.3	5	3	3
Reducción de mermas por aireación	4.3.4	5	3	5
Reducción de los requisitos de aireación	4.3.1	5	3	5
Impacto FILO / FIFO ... flujo de producto desde el almacenamiento			5	5
Potencial reducido / incidencia de infestación de insectos	4.5.7	5	3	3
Reducción del nivel de carga de micotoxinas en el inventario de granos integrales	4.5.9	5	3	3
Oportunidades de aumento de ganancias				
Oportunidad de comprar granos de alta calidad con descuento en el mercado	4.5.5	5	1	1
Oportunidad de capturar finos en nuevas oportunidades comerciales		5	3	3
Oportunidad de manejar niveles de humedad más altos	4.3.4	5	1	3
Almacenamiento estable más prolongado = menor exposición al mercado		5	1	3
Espacio de almacenamiento adicional para granos integrales		5	3	1
Oportunidad de mantener el contenido de humedad mediante mermas		5	1	3
Instalar secadora de granos para controlar la humedad y reducir los requisitos de aireación		3	3	5
Eficiencias operativas y reducciones de gastos				
Reducción de los costos de mano de obra / beneficios		5	1	3
Reducción de los costos de servicios públicos		5	3	5
Control operativo de la mezcla de granos para procesar		5	3	1
Costos de fumigación reducidos		5	3	3
Capacidad mejorada para mitigar puntos críticos		3	3	3
Impacto FILO / FIFO ... flujo de producto desde Almacenamiento		1	3	3
Reducción de los costos de mantenimiento de los equipos móviles		1	3	
Reducción de las horas de aireación para controlar los puntos calientes		5	1	3
Reducción del uso de ácido propiónico		5	3	3
Seguridad de los empleados. Calidad de vida. Consideraciones ambientales				
Mejor control de las micotoxinas cuando están presentes	4.5.9	5	1	1
Reducción/eliminación de la entrada a espacios confinados	4.5.8	5	1	1
Ambiente de trabajo más seguro para los empleados; polvo, humos, etc.	4.5.8	5	1	1
Captura de partículas finas y polvo / Separación de los espacios		3	1	1
Valoración total del proyecto		116	63	74

4.6 Análisis de oportunidades para comprar maíz de mayor nivel de BCFM

Los compradores de maíz estadounidense generalmente desean comprar maíz con niveles más bajos de BCFM, lo cual es comprensible. Sin embargo, la oportunidad de comprar maíz con niveles más altos de BCFM existe y debe explorarse en términos de costos y beneficios. Por ejemplo, al contratar un grado más bajo con un valor BCFM más alto, como el grado 4 de EE. UU. (5% de BCFM máximo) en lugar del grado 3 de EE. UU. (máximo de BCFM del 4%), el comprador podría aprovechar el ahorro de costos en el precio de compra. *Este maíz BCFM ligeramente más alto tiene esencialmente el mismo valor nutritivo en términos de alimento animal que el maíz con un BCFM un punto porcentual más bajo. A pesar de que este nivel más alto de BCFM puede crear algunos desafíos operativos y de calidad, los gerentes de operaciones experimentados con acceso al equipo adecuado pueden mitigar estos desafíos y aumentar el resultado final de su empresa.*

La inversión principal necesaria, si el equipo aún no está disponible en la instalación, es un sistema de limpieza previa. El valor de invertir en un sistema de este tipo se documentó en la Sección 4.5. Los beneficios específicos se presentan con más detalle a continuación.

4.6.1 Ahorros en la compra de maíz estadounidense con niveles más altos de BCFM

Se puede calcular el ahorro promedio por tonelada métrica al comprar el Grado 4 de los Estados Unidos en lugar del Grado 3 de los Estados Unidos. Sin embargo, como los precios y los términos contractuales existen solo entre el vendedor y el comprador, el ahorro potencial de costos solo se puede calcular en el momento de la compra. Sin embargo, a modo de ejemplo, si hubiera un descuento de 1,95 USD/t basado únicamente en **impurezas y grano quebrado**, y se aplicara a una compra de 50000 toneladas métricas, el comprador podría obtener un ahorro de 97500 USD por el punto porcentual adicional de **impurezas y grano quebrado**. Como se muestra en las secciones 4.4.4 y 4.4.5, estos ahorros potenciales pueden analizarse para diferentes períodos de un año de comercialización, durante varios años de comercialización y para diferentes lugares de origen de los Estados Unidos.

4.6.2 Aireación optimizada del grano y uso de energía

La limpieza del maíz para reducir el nivel de **impurezas y grano quebrado** en una cantidad específica antes de transferirlo a silos y almacenes da como resultado un flujo de aire mucho mejor a través de la masa de grano. La investigación y la experiencia pasada han demostrado que una reducción en un punto porcentual de **impurezas y grano quebrado** puede mejorar el flujo de aire. El movimiento de un frente de aireación con el fin de enfriar el grano o mantener temperaturas uniformes es directamente proporcional al caudal de aire. Por lo tanto, la mejora en la tasa de flujo de aire reducirá la cantidad de tiempo de funcionamiento del ventilador y los costos asociados de la compañía eléctrica en la misma cantidad relativa. Un beneficio adicional de los tiempos de ejecución más cortos del ventilador es la oportunidad para que el usuario final aproveche períodos más cortos de temperaturas ambiente favorables, especialmente en los trópicos y subtrópicos. (Ver sección 4.4.1 para determinar el valor de la aireación mejorada.)

4.6.3 Supresión de plagas de insectos y menores gastos de fumigación

La limpieza del maíz para reducir el nivel de **impurezas y grano quebrado** en una cantidad específica antes de transferirlo a silos y almacenes también reduce los riesgos de infestación por plagas comunes de insectos de maíz después de la cosecha. Las plagas de insectos generalmente prosperan cuando el maíz consiste en mayores cantidades de **impurezas y grano quebrado**. Si como resultado de la reducción de la cantidad de **impurezas y grano quebrado** se puede eliminar un ciclo de fumigación o se puede evitar la aplicación de un protector químico, se puede incurrir en ahorros sustanciales de costos. Las estimaciones de la aplicación de un protector de granos y la fumigación de granos oscilan entre \$ 2 / t - \$ 6 / t.

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

4.6.4 Mejora de la manipulación y reducción de los riesgos para los trabajadores

En general, el maíz con niveles más altos de **impurezas y grano quebrado** tiene características de flujo más pobres y tiende a obstruir los pozos de descarga durante la descarga, es más probable, especialmente cuando las líneas de pico no estaban cubiertas y algunos granos se echaron a perder. Por lo tanto, limpiar el maíz para reducir el nivel de **impurezas y grano quebrado** en una cantidad específica antes de transferirlo a silos y almacenes también reducirá el riesgo para los trabajadores que a menudo son enviados a un silo después de que el grano dejó de fluir para desalojar los pozos obstruidos. *¡Esta es una situación extremadamente peligrosa a la que un empleado nunca debería estar expuesto! Hay otros medios para resolver una situación de pozo sin flujo y tapado que están fuera del propósito de este manual. Se deben consultar expertos calificados y documentos de orientación, ¡y se deben seguir todas las leyes y regulaciones aplicables!*

Evitar la obstrucción de los pozos de descarga también reducirá el tiempo de inactividad durante la descarga y dará como resultado un ahorro de costos. Además, enviar a los empleados a situaciones de trabajo peligrosas que podrían resultar en lesiones graves debido al atrapamiento en el grano o incluso la muerte debido a la absorción en el grano puede resultar en fines sustanciales y costos de litigio.

4.6.5 Reducción y mitigación de micotoxinas

La limpieza del maíz para reducir el nivel de **impurezas y grano quebrado** en una cantidad específica antes de transferirlo a silos y almacenes brinda la oportunidad de reducir y mitigar las micotoxinas. Consulte las secciones 3.5.1, 3.7., 3.8. y 3.10 para conocer las mejores prácticas y opciones para capturar valor de flujos de **impurezas y grano quebrado** segregados con niveles elevados de micotoxinas.

5 Referencias y lecturas recomendadas

- 1 Anon. (1995) Normas generales del Codex Alimentarius para contaminantes y toxinas en alimentos y piensos de las Naciones Unidas, la FAO y la OMS; www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf
- 2 Anon. (1996) USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>
- 3 (1997) Codex Alimentarius Code of Practice for the Reduction of Aflatoxin B1 in materias primas y piensos suplementarios para animales productores de leche; www.fao.org/input/download/standards/331/CXP_045e.pdf
- 4 Anon. (1999) Material Safety Data Sheets (MSDS) for aluminum phosphide; <http://www.t3db.ca/system/msds/attachments/000/001/756/original/T3D1520.pdf?1413587740>
- 5 Anon. (2000). Hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS) para fosforo de magnesio; <http://www.logbookcreator.com/docs/book/sheets/Fumi-Cel-MSDS.pdf>
- 6 (2010) Código de prácticas sobre seguridad y eficacia para la fumigación marina; https://www.imfo.com/IMFO_Code_of_Practice.pdf
- 7 Anon. (2016) U.S. Code of Federal Regulations Title 46 Part 147A – Interim Regulations for Shipboard Fumigation; https://www.govregs.com/regulations/title46_chapterI_part147A
- 8 (2018) Norma GAFTA para Fumigación y Control de Plagas; https://www.gafta.com/write/MediaUploads/Trade%20Assurance/Draft_Gafta_Standard_for_Fumigation_and_Pest_Control.pdf
- 9 (2020) Kits de prueba de aflatoxinas verificados por rendimiento de FGIS - Efectivo el 28/04/2020; <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FGISApprovedMycotoxinRapidTestKits.pdf>
- 10 Hicks, D.R. y Cloud, H.A. (1991) Cálculo de la contracción del peso del grano en el maíz debido al secado mecánico, Universidad de Minnesota; <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-61.html>
- 11 Maier, D.E. (2016) Monitoring CO2 in Stored Grain, World Grain, julio de 2016; <https://www.world-grain.com/articles/10238-monitoring-co2-in-stored-grain>
- 12 Maier, D.E. y Cook, S.A.L. (2016) Fumigating Stored Grain in Sealed Silos, World Grain, octubre de 2016; <https://www.world-grain.com/articles/10251-grain-operationsfumigating-stored-grain-in-sealed-silos>
- 13 Maier, D.E. y Plumier, B. (2017) Minimizing Shrink Loss during Grain Storage, World Grain, abril de 2017; <https://www.world-grain.com/articles/10271-grain-ops-minimizingshrink-loss-during-grain-storage>
- 14 Maier, D.E. (2017) Mantenimiento de la calidad del grano en climas tropicales, World Grain, diciembre de 2017; <https://www.world-grain.com/articles/9113-grain-ops-maintaining-grainquality-in-tropical-climates>

- 15 Maier, D.E. (2018) Managing Stored Grain Long Term, World Grain, diciembre de 2018; <https://www.world-grain.com/articles/11331-grain-operations-managing-stored-grain-longterm>
- 16 Maier, D.E. (2019) Grain Elevator of the Future - Autonomous Grain Receiving, Sampling, and Grading, World Grain, junio de 2019; <https://www.world-grain.com/articles/12433-grainops-grain-elevator-of-the-future>
- 17 Maier, D.E. (2019) Grain Elevator of the Future – Wireless Monitoring in Managing Stored Grain Quality, World Grain, diciembre de 2019; <https://www.world-grain.com/articles/13065-grain-operations-grain-elevator-of-the-future>
- 18 Maier, D.E. (2020) Almacenamiento de maíz importado de los Estados Unidos, World Grain, junio de 2020; [https://www.world-grain.com/articles/13793-grain-operations-storing-imported-corn-from los Estados Unidos](https://www.world-grain.com/articles/13793-grain-operations-storing-imported-corn-from-los-estados-unidos)
- 19 Marlow, R.A. (2011) Early Spoilage Detection, World Grain, abril de 2011; <https://www.world-grain.com/articles/10162-early-spoilage-detection>
- 20 Marlow, R.A. (2009) Cálculo de la contracción, World Grain, julio de 2009; <https://www.world-grain.com/articles/10156-calculating-shrink>
- 21 Reed, C. (2002) USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wp-content/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-ClimatesEnglish.pdf>
- 22 Reed, C. (2002) USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wp-content/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-ClimatesEnglish.pdf>

2002 USGC Handbook on U.S. Corn Storage in Tropical Climates; <https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Corn-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

¹ 2002 USGC Handbook on U.S. Grain Sorghum Storage in Tropical Climates;

<https://grains.org/wpcontent/uploads/2018/10/Sorghum-Storage-in-Tropical-Climates-English.pdf>

² 1996 USDA-GIPSA-FGIS U.S. Standard for Corn; <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>

6 Apéndices

6.1 Grados estadounidenses para maíz

GRADOS DE MAÍZ DE EE. UU. Y SUS REQUISITOS

Grado	Peso específico mínimo por bushel (libras)	Límites Máximos de		
		Granos dañados		Maíz quebrado y material extraño (%)
		Dañado por calor (%)	Total (%)	
U.S. No. 1	56	0.1	3	2
U.S. No. 2	54	0.2	5	3
U.S. No. 3	52	0.5	7	4
U.S. No. 4	49	1	10	5
U.S. No. 5	46	3	15	7

El grado de muestra de EE. UU. es maíz que: (a) no cumple con los requisitos de los grados U.S. No. 1, 2, 3, 4 o 5; o (b) contiene piedras con un peso promedio mayor a 0.1% del peso de la muestra, dos o más partes de vidrio, tres o más semillas crotalarias (*Crotalaria spp.*), dos o más semillas de ricino (*Ricinus communis L.*), cuatro o más partículas de sustancia(s) desconocida(s) y extraña(s) o sustancias dañinas o tóxicas comúnmente reconocidas, ocho o más cardos (*Xanthium spp.*), o semillas similares solas o en combinación, o suciedad animal mayor a 0.2% en 1,000 g; o (c) tiene un olor extraño a hongo, agrio o comercialmente objetable; o (d) se calienta o de otra forma es de bastante baja calidad.

Fuente: Code of Federal Regulations, Title 7, Part 810, Subpart D, United States Standards for Corn

6.2 Glosario de equipos

Equipo	Sección de referencia (figura)	Teclado de búsqueda de catálogo
Muestreo y monitoreo		
Muestreadores de flujo de granos en línea por gravedad	3.1.1. (Fig. 3.1)	Muestreador, probeta
Sonda de granos neumática telescópica	3.1.1. (Fig. 3.2)	Muestreador, probeta
Sonda de granos manual	3.1.1. (Fig. 3.4a)	Muestreador
Plataforma de escalera móvil	3.1.1. (Fig. 3.4b)	Muestreador
Cuchara de mano	3.1.1. (Fig. 3.5)	Muestreador
Medidor de humedad portátil	3.1.1; 3.2.1. (Fig. 3.6a)	laboratorio
Medidor de humedad de sobremesa	3.1.1; 3.2.1. (Fig. 3.6b)	laboratorio
Sensores de humedad/HR en cables	3.2.2. (Fig. 3.9)	Sistema de temperatura de granos
Sensores de temperatura en cables	3.2.3. (Fig. 3.9)	Sistema de temperatura de granos
Sensores de humedad/HR/temperatura (dispositivos de IoT portátiles)	3.2.4. (Fig. 3.10)	Monitor de gestión de granos /software
Sensores de CO montados en el techo (dispositivo de IoT)	3.2.4. (Fig. 10)	Monitor de gestión de granos /software
Sensores de CO portátiles	3.2.5. (Fig. 11)	Monitor de gestión de granos /software
Manejo de granos		
Cargador de pila de granos móvil	3.1.2. (Fig. 3.7)	Transportadores
Transportador de cinta (Banda)	3.1.2. (Fig. 3.8)	Transportadores
Limpiadores por gravedad	4.1.1. (Fig. 4.1)	Equipo de limpieza
Limpiadores motorizados	4.1.2. (Fig. 4.2)	Equipo de limpieza
Limpiador rotativo /Scalper	4.1.3. (Fig. 4.3)	Equipo de limpieza
Caja reductora de impacto	4.2.4. (Fig. 4.6)	Transporte y manipulación de materiales
Retardadores de flujo en línea	4.2.5. (Fig. 4.7)	Transporte y manipulación de materiales
Distribuidores de granos por gravedad y motorizados	4.2.6. (Fig. 4.8)	Transporte y manipulación de materiales
Escaleras para granos	4.2.7. (Fig. 4.9)	Transporte y manipulación de materiales
Elevador de cangilones con ventilación	4.2.9. (Fig. 4.11)	Elevador de cangilones
Acondicionamiento de granos		
Generador de ozono	3.1.6. (Fig. 3.8)	Ozonización
Sistemas de aireación portátiles (verticales)	4.3.2. (Fig. 15)*	Aireación y refrigeración
Sistemas de aireación semipermanente	4.3.7. (Fig. 18)	Aireación y refrigeración
Enfriador de granos	4.3.3. (Fig. 16)	Enfriamiento
Ventilación de techos y espacios vacíos	4.3.4. (Fig. 17)	Aireación, escape (ventilación)
Estructuras de almacenamiento		
Almacenes planos	4.3.1. (Fig. 4.12)	Almacenes planos
Silos metálicos	4.3.1. (Fig. 4.13)	Almacenamiento Silos metálicos
Silos de concreto	4.3.1. (Fig. 4.14)	Almacenamiento Silos de concreto

Catálogo en línea para muestreo y monitoreo de granos, manejo de granos, condición de granos y estructura de almacenamiento

<https://www.equipmentcatalog.com/>

<https://Seedburo.com/pages/catalog>

<http://www.feedandgrain.com/product>

<http://sosland.gcnpublishing.com/arabs/>

<https://millingandgrain.com/>

<https://victam.com/network>

<https://www.grainfeedequipment.com>

<http://martinlishman.com/>