

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estimación De Volumetría De Granos Y Semillas Almacenados

Por:

HUGO ORTIZ LUGO

MEMORIAS DE EXPERIENCIAS PROFESIONALES

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimación de Volumetría de Granos Y Semillas Almacenados

Por:

HUGO ORTIZ LUGO

MEMORIA DE EXPERIENCIAS PROFESIONALES

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Josué Israel García López
Asesor Principal

Dr. José Antonio Hernández Herrera
Coasesor

Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2021

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Hugo Ortiz Lugo

DEDICATORIAS

A mis padres Hilaria y Esteban por el apoyo brindado y darme la oportunidad de salir adelante, siempre me apoyaron aun con las carencias y con ello demostrar que se puede iniciar de cero y tener una vida mejor.

A mi hijo Hugo, para que nunca se dé por vencido, aunque las adversidades sean muchas, recuerda que siempre hay más de una forma de hacer las cosas y salir adelante.

A mi esposa Oly, gracias por darme ese hermoso hijo y por el apoyo para salir adelante como familia.

A mi compadre Jorge que, gracias a su insistencia, puedo ver culminada esta titulación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vencer las distintas adversidades encontradas en el camino de la vida.

A mi institución, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de prepararme para la vida productiva y formarme como Ingeniero Agrónomo.

A mi familia, mis padres Hilaria y Esteban, mis hermanos Adrián y Teodora que me apoyaron en la decisión de estudiar lo cual me ha permitido tener un trabajo estable y productivo.

A mi esposa Oly por su apoyo incondicional, su amor, cariño, respeto y estímulo de seguir adelante en los retos de la vida, sin su ayuda no podría haber logrado lo que hasta hoy tengo y he vivido; y sobre todo por darme a ese hijo que ilumina hasta el día más nublado.

A mi hijo Hugo por darme su amor y ser el motor para esforzarme y salir adelante, gracias por venir a ser parte de mi vida.

A mis compadres, Jorge y Maty por estar siempre pendientes como familia y por darme ese pequeño impulso por terminar esta titulación.

A mis cuñados, cuñadas, sobrinos y ahijados Lety, Oscar, Maxy, Armando, Rol, Max, Felix, Juan, Ale, Dany, Jorge, Gabo, Fer, Sofy, Juanito, Naty, Matius, Marifer, Petra, Antony, Said, Ari y Huguito por ser parte de esta extensa y hermosa familia.

En fin, a todos aquellos que se me pase mencionar y que de manera directa e indirecta apoyaron para que pudiera hacer y lograr algo en la vida.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| 1. DEDICATORIAS..... | i |
| 2. AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| 3. CONTENIDO..... | iii |
| 4. INDICE DE FIGURAS..... | iv |
| 5. INDICE DE CUADROS..... | v |
| 6. RESÚMEN..... | vi |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. JUSTIFICACIÓN..... | 2 |
| 3. OBJETIVO..... | 2 |
| 4. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS | 3 |
| 4.1. Mis inicios laborales | 3 |
| 4.2. Inspector de bodegas habilitadas..... | 4 |
| 5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ESTIMACIÓN DE GRANOS..... | 5 |
| 5.1. Certificación de peso y calidad..... | 5 |
| 5.2. Medición en graneles horizontales que no tocan las paredes | 6 |
| 5.3. Medición en graneles horizontales con pared | 7 |
| 5.4. Método de cubicación con referencias | 8 |
| 5.5. Ejemplo práctico de cubicación de una bodega | 13 |
| 5.6. Método de medición en intemperies..... | 16 |
| 5.7. Medición en silos..... | 17 |
| 5.8. Cálculo de granel en forma de cilindro. | 19 |
| 5.9. Cálculo de un cono superior positivo..... | 22 |
| 5.10. Cálculo de un cono negativo. | 25 |
| 5.11. Cálculo de la densidad o peso específico..... | 26 |
| 5.12. Análisis físico de calidad. | 30 |
| 6. CONCLUSIONES | 40 |
| 7. LITERATURA CITADA | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sección del granel en forma de prisma triangular. | 6 |
| Figura 2. Formación de figuras de medios conos en los extremos por la caída natural del grano | 6 |
| Figura 3. Tipo de granel de granos y su formula..... | 7 |
| Figura 4. Aspecto de un distanciómetro láser | 8 |
| Figura 5. Puntos de referencia establecidos dentro de la bodega..... | 9 |
| Figura 6. Fotografía de un depósito de granos..... | 10 |
| Figura 7. Grafica obtenida de las referencias de un almacén..... | 10 |
| Figura 8. Esquema de una bodega plana con granos almacenados. | 12 |
| Figura 9. Imagen y forma del granel de maíz dentro del almacén. | 15 |
| Figura 10. Grafica de la forma del granel de maíz dentro del almacén. | 15 |
| Figura 11. Imagen y forma de un granel de sorgo almacenado a intemperie | 17 |
| Figura 12. Esquema para la medición en silos..... | 18 |
| Figura 13. Esquema de un silo lleno y referencias a utilizar para el cálculo de volumetría..... | 19 |
| Figura 14. Esquema de los cuatro puntos a tomar de un granel de forma regular en un silo | 20 |
| Figura 15. Esquema de los ocho puntos a tomar en un granel de forma irregular de un silo.... | 20 |
| Figura 16. Esquema del cálculo del granel de un silo en forma de cilindro. | 21 |
| Figura 17. Ejemplo de datos a considerar para el cálculo de un granel de un silo en forma de cilindro. | 22 |
| Figura 18. Esquema del cálculo de altura de un cono superior positivo por el teorema de Pitágoras. | 23 |
| Figura 19. Ejemplo de datos a considerar para el cálculo de un granel de un cono superior positivo. | 24 |
| Figura 20. Esquema para el cálculo de un cono negativo. | 26 |
| Figura 21. Sonda de alveolos de 2.34 metros. | 27 |
| Figura 22. Muestreo de granel con sonda de alveolos. | 27 |
| Figura 23. Muestreo de granel con sonda de bala. | 28 |
| Figura 24. Determinación del peso específico con vaso hectolítrico. | 29 |
| Figura 25. Determinador de humedad que proporciona lectura del peso específico. | 29 |
| Figura 26. Muestreo de maíz para obtener la muestra primaria para análisis físico de calidad. | 31 |
| Figura 27. Mezclador Boerner para homogenización de muestras de grano..... | 31 |
| Figura 28. Secuencia analítica para el análisis físico de calidad de maíz..... | 32 |
| Figura 29. Daño del maíz quebrado..... | 34 |
| Figura 30. Ejemplo del maíz con daños por calor. | 34 |
| Figura 31. Granos de maíz con daños por germen café. | 35 |
| Figura 32. Semillas de maíz con daños por hongos de almacén. | 35 |
| Figura 33. Muestra de granos de maíz con pudrición..... | 36 |
| Figura 34. Muestra de maíz con daños por insectos de almacén..... | 36 |
| Figura 35. Granos de maíz inmaduro..... | 37 |
| Figura 36. Imágenes de maíz germinado..... | 37 |
| Figura 37. Granos de maíz con daños por roedores. | 38 |
| Figura 38. Granos de maíz manchados. | 38 |
| Figura 39. Imagen de maíz con daños por microorganismos. | 39 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Alturas en vacío del grano a las referencias, tomadas sobre los polínes 2, 4, 6 y 8 del lado derecho e izquierdo de la bodega y centro; así como promedios de alturas por polín. | 13 |
| Cuadro 2. Alturas de grano y promedios de altura de grano por polín. | 14 |
| Cuadro 3. Referencias de largo, ancho, altura promedio de grano, densidad y resultado de la cantidad de maíz existente en el almacén por el método de cubicación. | 14 |
| Cuadro 4. Reporte de parámetros de calidad de maíz blanco..... | 39 |

RESÚMEN

Las actividades profesionales desarrolladas durante 15 años en la empresa Almacenadora Mercader, han permitido identificar y realizar los procesos de almacenamiento de granos, con niveles de responsabilidad, desde certificador de peso y calidad de granos, inspector de bodegas habilitadas y actualmente como jefe operativo de zona. Las operaciones básicas en las bodegas de almacenamiento son la medición de la cantidad de granos resguardados, donde un reto es la estimación o cálculo de las existencias, usando métodos de cubicación en bodegas y en áreas abiertas sin protección, dependiendo del área donde se encuentra localizado el almacén de granos, se utiliza un procedimiento distinto para llevar el control de las existencias, usando los criterios técnicos que mejor se adapten a la necesidad presente. Finalmente, el método de cálculos de volumetría proporciona datos muy cercanos a la realidad para estimar la cantidad de grano existente dentro de un almacén, factible para su aplicación en operaciones comerciales, uso en auditorías, determinación de dosificación de plaguicidas, certeza para los apoyos financieros, herramienta en la certificación y/o verificación de peso y calidad de granos, entre otras aplicaciones.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las pérdidas de alimentos se han convertido en un tema prioritario en la agenda política y alimentaria (Xue y Liu, 2019). Uno de los factores de la pérdida de los alimentos es un deficiente almacenamiento de granos, donde las malas instalaciones, los cambios de temperatura y humedad, originan el desarrollo de hongos e insectos (Afzal *et al.*, 2017). Por lo tanto la conservación de los granos es una actividad complementaria dentro de las estrategias para lograr que los alimentos sean suficientes para la población como parte de la seguridad alimentaria (Fazzino, 2020).

En el presente trabajo se describen las actividades profesionales desarrolladas a partir del mes de mayo del 2006 hasta la fecha actual el 31 de agosto de 2021, he cumplido con las actividades en la empresa Almacenadora Mercader, S. A., que es una institución que brinda servicios integrales de logística, almacenaje, financiamiento y distribución de productos. Las funciones específicas desarrolladas en la empresa he desempeñado el puesto de certificador de peso y calidad de granos, inspector de bodegas habilitadas y jefe operativo de zona en las distintas regiones del país, principalmente Tamaulipas, Veracruz, Chihuahua, El Bajío y Ciudad de México. Dichas actividades han sido ampliamente satisfactorias, y me han ofrecido la oportunidad de tener un desarrollo personal y profesional.

En esta memoria se abordarán principalmente las instrucciones para los trabajos de estimación de volumetría de granos y semillas almacenados, estos conocimientos tienen aplicación en operaciones comerciales, tienen aplicación en las auditorías, en la determinación de dosificación de plaguicidas, acompañan a los apoyos financieros, ayudan a la certificación y/o verificación de peso y calidad de grano, entre otras aplicaciones.

2. JUSTIFICACIÓN

En el transcurso de mi experiencia profesional a nivel nacional, he trabajado en el manejo de almacenamiento de granos de diferentes maneras, por lo que, dependiendo de la región geográfica, se debe considerar las diferentes condiciones de almacenamiento; como ejemplo podemos mencionar el almacenamiento de grano de sorgo en Tamaulipas, café en Veracruz, maíz en Chihuahua, trigo en El Bajío y frijol en Ciudad de México, por aludir algunos de cada región. Así también, las condiciones de los almacenes de los granos y semillas tienen variaciones, pero principalmente podemos encontrar bodegas planas, silos y patios a intemperie.

Todas estas características de los granos y las instalaciones son importantes para la toma de decisiones en el almacenamiento y conservación de los productos agrícolas.

3. OBJETIVO

Enunciar las actividades y procesos en la estimación de volumetría de granos y semillas almacenados en almacenes generales de depósito.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

4.1. Mis inicios laborales

La empresa Almacenadora Mercader como parte de su operación, inició en el mes de mayo del 2006, la implementación de un programa de certificación de peso y calidad para 250 mil toneladas de maíz amarillo en la región noreste de México para el cliente CPI Ingredientes, por ello fue necesario la incorporación y contratación de personal preferentemente recién egresados a quienes se proporcionó un curso de capacitación en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, como parte del proceso de selección y posteriormente se dio la contratación del personal elegido.

Mis actividades profesionales iniciaron como certificador de peso y calidad en las bodegas pertenecientes al Grupo Acopiador AVIGRAN del Noreste, de la zona de Matamoros del estado de Tamaulipas, donde me correspondió certificar el acopio y embarque de aproximadamente 12,000 toneladas de maíz amarillo nacional.

Las actividades durante el acopio del grano consistían en:

- Verificar que el encargado de báscula realizara correctamente el pesaje sin sesgo hacia el productor o a la bodega.
- Revisar que el personal encargado realizara el muestreo de forma adecuada siguiendo los procedimientos establecidos.
- Garantizar que el personal que realizaba el análisis físico de calidad lo ejecutara correctamente sin algún tipo de sesgo, recibiendo el producto con un porcentaje de humedad menor al 14 %, con contenidos mayores de humedad se penalizaba al productor y humedad por debajo de este parámetro se compensaba en un numero pactado de 1.16 kilos por décima de grado de humedad por tonelada.
- Realizar un reporte de peso y calidad diario para identificar el avance para la programación de los pagos por concepto del acopio de grano de los productores.

Para el caso del embarque de los granos, el trabajo consistía en:

- Monitorear la temperatura, el porcentaje de humedad y la presencia de insectos que se pudieran convertir en plaga dentro de los almacenes que contenían el grano.
- Comprobar que se realizara correctamente el pesaje.
- Inspeccionar los muestreos.
- Coincidir que se realizara el análisis físico de calidad de los granos de forma correcta.
- Colocar sellos foliados en tolvas ferrocarrileras, camiones y cajas de tráiler para evitar algún tipo de sustracción o robo del grano.
- Realizar un reporte de peso y calidad diario para identificar el avance de embarque.

4.2. Inspector de bodegas habilitadas

En el año 2007 como parte del crecimiento de Almacenadora Mercader, fui promovido como inspector de bodegas habilitadas, con actividades de supervisión de bodegas acopiadoras de granos y semillas en la zona Norte y Noreste que incluía los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Durango y Chihuahua.

El trabajo consistía en realizar estimación de inventarios por medio de la cubicación de graneles que se encontraban en los almacenes, tales como silos metálicos, de concreto, bodegas planas de dos y cuatro aguas, además de patios a intemperie; así como realizar muestreos y realizar análisis físico de calidad de los granos.

Almacenadora Mercader es un Almacén General de Depósito, entidad dedicada al almacenamiento de bienes o mercancías bajo su custodia, amparados por certificados de depósito, entre sus funciones están la de otorgar financiamiento tomando como garantía los bienes bajo su custodia (Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2016). Generalmente estos almacenes otorgan títulos de crédito por medio de la representación de certificados de depósito, los cuales son pignorados ante instituciones de crédito como bancos y fondos de crédito, por lo que es necesario tener

la certeza de que existe el grano en cantidad y calidad, ya que el grano se queda en garantía como respaldo de la recuperación del crédito otorgado.

Con el paso del tiempo el grano almacenado es susceptible de infestación de insectos, que se pueden convertir en una plaga, por lo que es necesario realizar un cálculo de volumetría de los granos almacenados para definir la estrategia y determinar la dosis del producto a utilizar para controlar o prevenir el daño por insectos, ya que si se aplica una dosis menor a la recomendada no se cumple con el efecto de eliminar la plaga.

En los contratos de compraventa de grano es necesario que el comprador tenga la certeza de que existe la cantidad de grano pactada, por ello con el cálculo de volumetría se puede estimar la cantidad de grano existente en un almacén.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ESTIMACIÓN DE GRANOS

5.1. Certificación de peso y calidad.

De acuerdo con la definición de Olegario Llamazares García-Lomas (2018), en el diccionario de comercio internacional, menciona que el certificado de peso es un documento en el que se autentica el peso de un embarque. El documento lo expide el oferente o en su caso un representante o bien un organismo oficial establecido entre las partes involucradas en una compraventa. En el documento se hace constar el peso neto y bruto de la mercancía o bien el volumen de toda la expedición y cualquier otro dato que pueda servir de prueba en lo que se refiere a las cantidades o pesos que tendrían las mercancías en el momento de la expedición.

Otra definición del certificado de calidad de producto es un documento que solicitan las partes involucradas en una compraventa para tener la seguridad de que los productos que adquieren gozan de unas garantías mínimas de calidad (Olegario Llamazares García-Lomas, 2018). Se trata de un documento informativo que cumplen los documentos comerciales que tiene que presentar el cliente. Su contenido, por regla general, estipula que la mercancía o el servicio que se presta reúne las condiciones de calidad estipuladas en un contrato. Con ello la certificación de peso y calidad es el

servicio que hace constar el peso y las condiciones mínimas de calidad pactadas entre empresas o particulares en un contrato de servicios de compraventa.

5.2. Medición en graneles horizontales que no tocan las paredes

Cuando el grano ingresado en un almacén no toca las paredes horizontales, el volumen de los granos toma una forma de prisma triangular, como se muestra en la figura 1, donde vista de frente el resultado es un triángulo. Para obtener el volumen de la figura se multiplica el área del triángulo por el largo, donde debe establecerse el límite del largo en línea recta hasta donde empiezan las figuras de los medios conos.



Figura 1. Sección del granel en forma de prisma triangular.

Las dos secciones de los extremos del granel son circulares, debido a la conformación normal de la caída de los granos, que tienden a formar un cono; en este caso, se considera una mitad del cono en cada extremo.

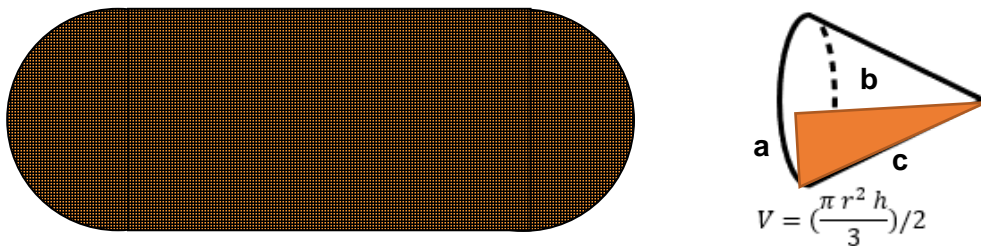


Figura 2. Formación de figuras de medios conos en los extremos por la caída natural del grano

Para calcular del volumen de los granos de las secciones de los extremos en forma de medios conos, se considera que el radio (r) es la mitad del ancho y la altura se puede calcular con el teorema de Pitágoras con los datos del radio (a) e hipotenusa (c) que es la medida resultante de donde termina la sección del prisma triangular hasta donde llegaron los últimos granos por caída natural con lo que tendríamos $a^2 = c^2 - b^2$

La sumatoria del volumen de la sección del triángulo, más los volúmenes de las dos secciones de los medios conos, proporcionan el volumen total de los granos dentro del almacén, multiplicado por el peso específico del grano, el resultado es la cantidad de grano existente.

5.3. Medición en graneles horizontales con pared

Los granos almacenados en graneles horizontales con pared presentan cierta altura sobre las paredes de la bodega usadas como límites, la figura hecha es un prisma triangular y los extremos también forman dos medios conos, además de estas tres figuras, se debe considerar por separado el paralelepípedo formado entre el piso y las cuatro paredes, cuyo volumen se obtiene al multiplicar largo x ancho x alto.

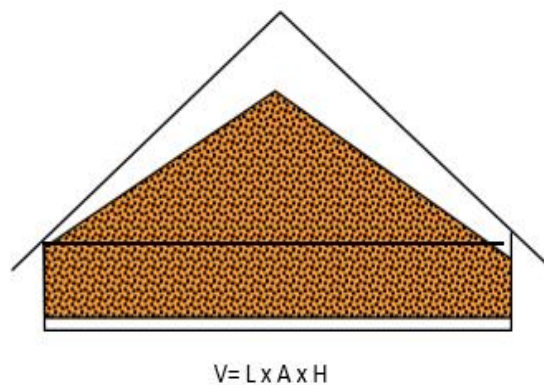


Figura 3. Tipo de granel de granos y su formula

Por lo tanto, el volumen total del granel se obtendrá por el volumen que resulta del prisma triangular, los dos conos laterales y el paralelepípedo; multiplicado por el peso específico de los granos, el resultado es la cantidad de grano existente dentro del almacén.

5.4. Método de cubicación con referencias

Para realizar el método de cubicación con referencias es necesario disponer de un equipo denominado distanciómetro láser, ya que las referencias que se registran de los polines y tijerales se encuentran en la parte del techo del almacén, y tratar de medirlas con una cinta o flexómetro es bastante difícil.

Actualmente existen muchas marcas y modelos de distanciómetros láser que son relativamente fáciles de conseguir en tiendas especializadas, pero también en establecimientos como Home Depot o en negocios virtuales como Amazon o Mercado Libre, con precios que oscilan de los \$500 MN hasta los \$6,000 MN.



Figura 4. Aspecto de un distanciómetro láser

El método de cubicación con referencias se obtiene de manera indirecta, por lo que es necesario establecer puntos previos en el depósito de los granos para que sirvan de ubicación dentro del almacén, donde se realizará la estimación de volumetría del grano contenido tales como:

- Largo en metros.
- Ancho en metros.
- Altura al centro en metros (helicoidal, gusano, artesa, andador).
- Altura de pared en metros.
- Altura de polines en metros.
- Número de tijerales.



Figura 5. Puntos de referencia establecidos dentro de la bodega

Para este procedimiento es necesario realizar una cuadrícula dentro del almacén, donde como en un plano proporcionará la altura del piso al polín en el tijeral, donde se obtendrá N número de referencias (p1, t1... p23, t1), es importante mencionar que el punto se mide en la intersección del polín y el tijeral.

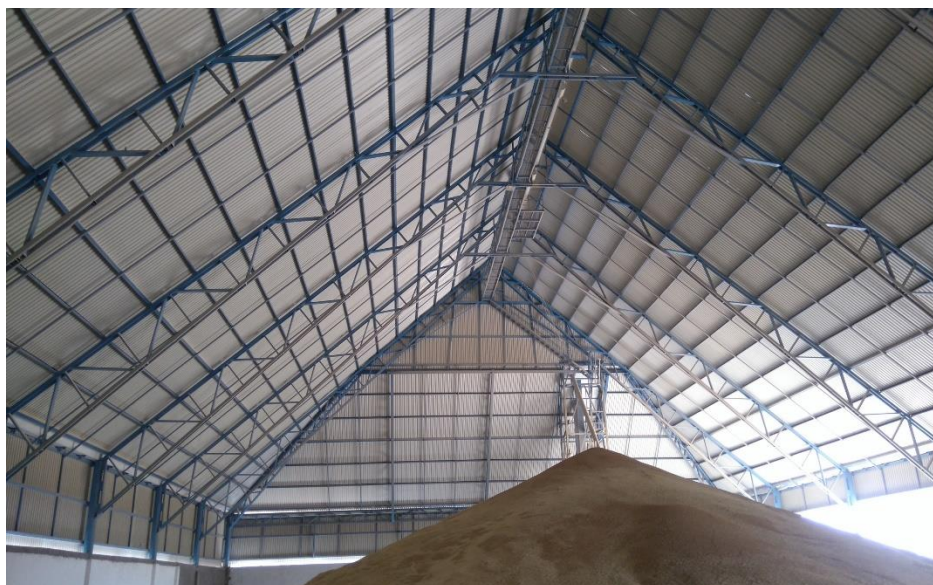


Figura 6. Fotografía de un depósito de granos

Una vez establecidos todos los puntos de referencia dentro del almacén se obtiene una gráfica como la figura 7 que a continuación se muestra, donde los extremos son las paredes y se va ascendiendo por las aguas laterales, hasta que se llega a la parte superior donde se encuentra la artesa o gusano y es por donde se ingresa el grano a la bodega.

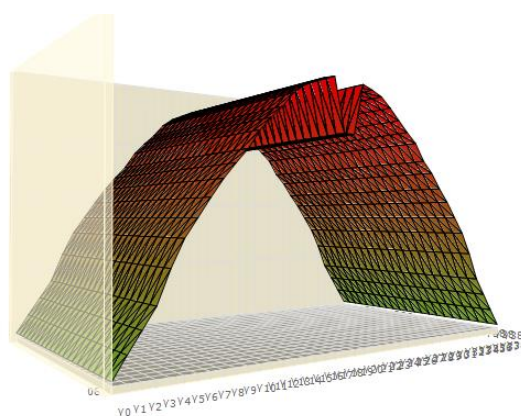


Figura 7. Grafica obtenida de las referencias de un almacén

Con las referencias mínimas obtenidas para realizar la cubicación de los granos que se encuentran almacenados, es necesario que los puntos tomados sean equidistantes y en una cantidad practica y representativa.

El método de cubicación consiste en obtener las medidas de altura que existen entre el grano y el techo, donde previamente tenemos la referencias de altura de vacío entre el piso a la intersección del polín con el tijeral; realizando una resta del espacio vacío a la referencia tenemos la altura de grano; una vez obtenidas todas las alturas de grano en los distintos puntos considerados, se realiza un promedio general, el cual proporcionará la altura promedio general del grano; multiplicada por las dimensiones del granel de largo y ancho, obtenemos el volumen físico en metros cúbicos; finalmente el volumen multiplicado por el peso específico de los granos brinda como resultado la cantidad existente de grano.

Es importante señalar que el método de cubicación tiene un rango de error que varía entre el $\pm 3\%$ al $\pm 5\%$ dependiendo de una serie de factores como son:

- Tipo de granos almacenados.
- Diseño o tipo de almacén.
- Compactación de los granos.
- Tiempo de almacenamiento.
- Concentración de impurezas.
- Cercanía con vías de transporte (Carreteras, autopistas, vías férreas).

En el caso de los silos derivado de la altura que poseen, el grano ingresado tiende a un mayor acomodo, como ejemplo tenemos que en los silos de 5,000 toneladas con altura promedio de 20.00 metros, el espacio intergranatario es más reducido creando el fenómeno de compactación; además de que con el paso de los días el grano tiende a tener un reacomodo de forma natural, reduciendo el espacio entre granos, en caso de que el almacén se encuentre cercano a vías de transporte, las vibraciones hacen que exista mayor reacomodo de los granos. De forma similar ocurre en las bodegas con altura promedio de 8 a 10 metros donde la compactación es un poco menor.

La compactación está en función de distintos factores como es el tipo de grano que tiene una gran influencia en la compactación, ya que por ejemplo el sorgo tiene

menor espacio entre granos que el maíz, por lo tanto, los granos pequeños tienen mayor factor de compactación. Además, la concentración de impurezas también juega un papel determinante, debido a que generalmente son partículas de tierra, piedras y grano molido, por lo que en la parte donde se concentran existe menor espacio entre partículas dando una mayor variación en la estimación de volumetría.

La existencia de variación de la cubicación contra el saldo documental en libros de registro puede mostrar un dato distinto, eso no significa que exista un faltante o excedente de grano; ya que la estimación de volumetría es en base a medidas y cálculos que pueden generar un informe bastante aproximado de la existencia de un grano; para tener una certeza real de la cantidad de grano es necesario realizar un pesaje de la totalidad del volumen del grano.

En la figura 8, se muestra la gráfica tridimensional que generan los puntos tomados por el método de cubicación de una bodega de almacenamiento de granos.

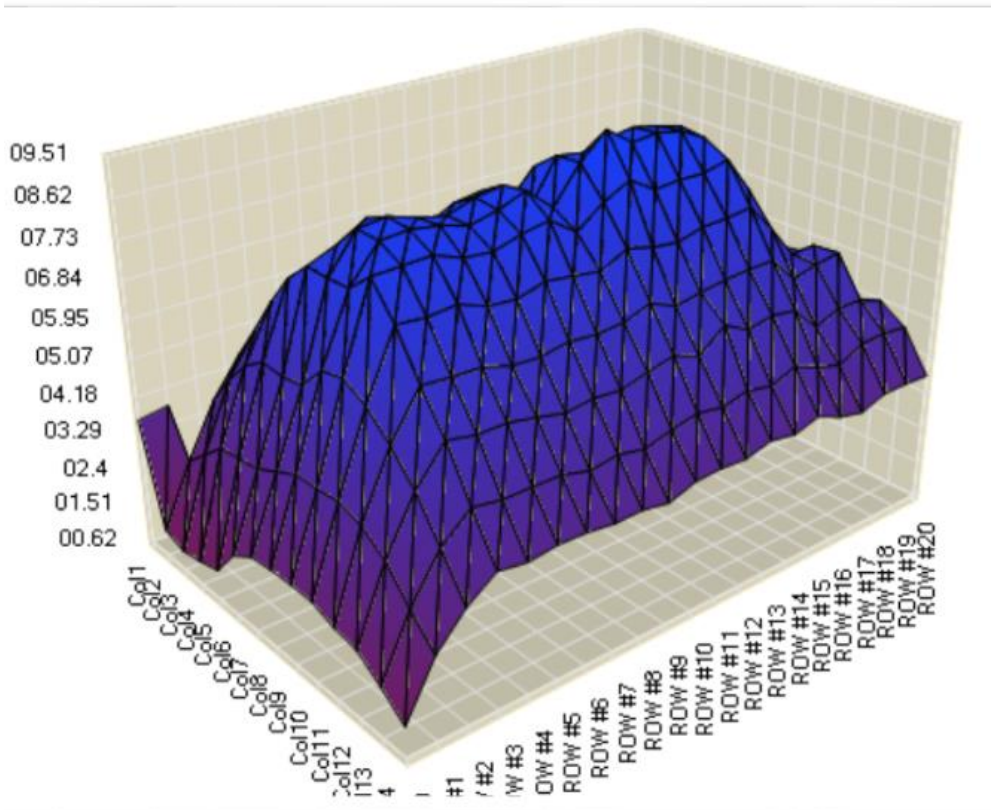


Figura 8. Esquema de una bodega plana con granos almacenados.

5.5. Ejemplo práctico de cubicación de una bodega

A continuación, se describe un ejemplo práctico de la cubicación de una bodega de almacenamiento de grano de maíz blanco, donde se registraron las medidas en los puntos de los polínes 2, 4, 6, 8, centro (artesa), 8, 6, 4, 2; esto debido a que la bodega era equidistante, por tener una forma de dos aguas, en el cuadro 1, se pueden observar las medidas de las alturas en vacío del grano a las referencias con las alturas a los polínes; así como el promedio de alturas de vacío por polín.

La bodega se encontraba estructurada por 10 tijerales, por lo que con el criterio tomado de polines seleccionados se tomaron un total de 90 puntos.

Cuadro 1. Alturas en vacío del grano a las referencias, tomadas sobre los polínes 2, 4, 6 y 8 del lado derecho e izquierdo de la bodega y centro; así como promedios de alturas por polín.

| BODEGA PLANA 1 MAIZ BLANCO | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| POLIN | Polin 2 | Polin 4 | Polin 6 | Polin 8 | Centro | Polin 8 | Polin 6 | Polin 4 | Polin 2 |
| REFERENCIA (m) | 7.19 | 7.77 | 8.15 | 8.41 | 7.44 | 8.41 | 8.15 | 7.77 | 7.19 |
| A | 3.95 | 3.73 | 3.42 | 2.83 | 1.55 | 2.30 | 2.17 | 3.17 | 3.35 |
| L | 3.40 | 3.22 | 2.65 | 2.23 | 0.78 | 1.93 | 2.57 | 3.01 | 3.24 |
| T | 3.08 | 3.24 | 2.74 | 2.01 | 0.49 | 1.78 | 2.37 | 2.81 | 3.00 |
| U | 3.39 | 3.24 | 2.82 | 2.14 | 1.00 | 2.12 | 2.18 | 3.07 | 3.11 |
| R | 3.05 | 3.02 | 2.64 | 1.80 | 0.85 | 1.71 | 2.06 | 2.41 | 2.16 |
| A | 2.59 | 2.43 | 2.39 | 1.77 | 0.65 | 1.48 | 2.00 | 2.37 | 2.38 |
| S | 2.67 | 2.49 | 2.36 | 1.87 | 0.70 | 1.59 | 1.88 | 2.33 | 2.03 |
| O | 2.55 | 2.44 | 2.35 | 1.85 | 0.77 | 1.48 | 1.80 | 2.60 | 2.42 |
| D | 2.00 | 2.49 | 2.02 | 1.60 | 0.66 | 1.30 | 1.47 | 1.83 | 2.10 |
| E | 2.55 | 2.46 | 2.12 | 1.28 | 0.62 | 1.43 | 1.99 | 2.44 | 2.32 |
| PROMEDIO ALTURA DE VACIO (m) | 2.923 | 2.876 | 2.551 | 1.938 | 0.807 | 1.712 | 2.049 | 2.604 | 2.611 |

En el cuadro 2, se observan las alturas de grano de maíz blanco, resultado de las restas de alturas en vacío a las referencias; así como los promedios de altura de grano por polín.

Cuadro 2. Alturas de grano y promedios de altura de grano por polín.

| BODEGA PLANA 1 MAÍZ BLANCO | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| POLIN | Polín 2 | Polín 4 | Polín 6 | Polín 8 | Centro | Polín 8 | Polín 6 | Polín 4 | Polín 2 |
| REFERENCIA (m) | 7.19 | 7.77 | 8.15 | 8.41 | 7.44 | 8.41 | 8.15 | 7.77 | 7.19 |
| ALTURAS DE GRANO | 3.24 | 4.04 | 4.73 | 5.58 | 5.89 | 6.11 | 5.98 | 4.60 | 3.84 |
| | 3.79 | 4.55 | 5.50 | 6.18 | 6.66 | 6.48 | 5.58 | 4.76 | 3.95 |
| | 4.11 | 4.53 | 5.41 | 6.40 | 6.95 | 6.63 | 5.78 | 4.96 | 4.19 |
| | 3.80 | 4.53 | 5.33 | 6.27 | 6.44 | 6.29 | 5.97 | 4.70 | 4.08 |
| | 4.14 | 4.75 | 5.51 | 6.61 | 6.59 | 6.70 | 6.09 | 5.36 | 5.03 |
| | 4.60 | 5.34 | 5.76 | 6.64 | 6.79 | 6.93 | 6.15 | 5.40 | 4.81 |
| | 4.52 | 5.28 | 5.79 | 6.54 | 6.74 | 6.82 | 6.27 | 5.44 | 5.16 |
| | 4.64 | 5.33 | 5.80 | 6.56 | 6.67 | 6.93 | 6.35 | 5.17 | 4.77 |
| | 5.19 | 5.28 | 6.13 | 6.81 | 6.78 | 7.11 | 6.68 | 5.94 | 5.09 |
| | 4.64 | 5.31 | 6.03 | 7.13 | 6.82 | 6.98 | 6.16 | 5.33 | 4.87 |
| PROMEDIO ALTURA DE GRANO (m) | 4.267 | 4.894 | 5.599 | 6.472 | 6.633 | 6.698 | 6.101 | 5.166 | 4.579 |

En el cuadro 3, se muestra las referencias de largo, ancho, altura promedio de grano, densidad del grano y el resultado de la cantidad de maíz blanco existente en el almacén.

Cuadro 3. Referencias de largo, ancho, altura promedio de grano, densidad y resultado de la cantidad de maíz existente en el almacén por el método de cubicación.

| | |
|-------------------------|------------------|
| ANCHO (m) | 20.36 |
| LARGO (m) | 50.38 |
| ALTURA PROM (m) | 5.601 |
| DENSIDAD (kg/Hl) | 0.76 |
| VOLUMEN (Ton) | 4,366.315 |

En la figura 9, se puede observar la forma del granel de maíz dentro del almacén; así también al graficar los puntos de las alturas de grano como se muestra en la figura 10, se puede apreciar que, al realizar una comparación, estas son similares y acordes a la forma del granel.



Figura 9. Imagen y forma del granel de maíz dentro del almacén.

Bodega Plana Maíz Blanco

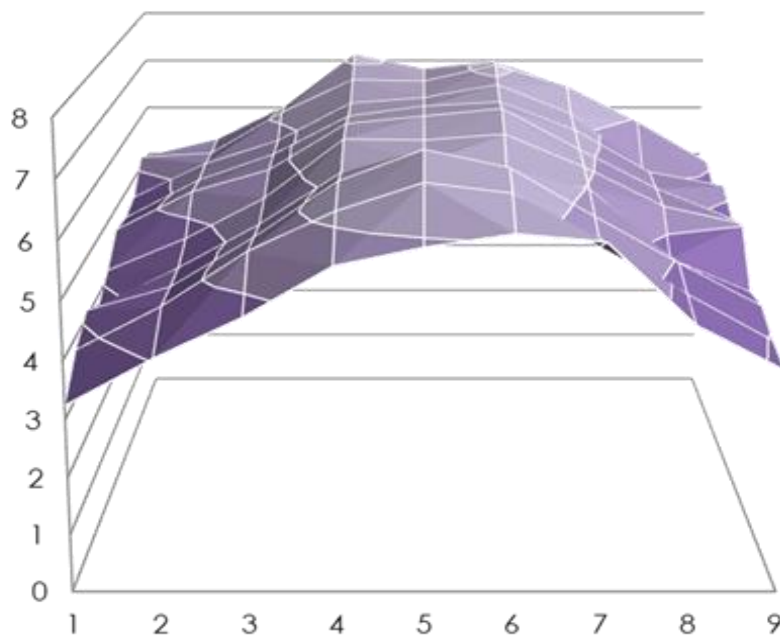


Figura 10. Grafica de la forma del granel de maíz dentro del almacén.

5.6. Método de medición en intemperies

El almacenamiento a intemperie es utilizado con poca frecuencia, derivado del alto riesgo que tienen los granos de afectarse y generar pérdidas de calidad y un mayor deterioro al no estar protegido de las condiciones climáticas; así también están expuestos a agentes externos como aves, roedores y en general plagas que se alimentan del grano.

Una característica de los almacenamientos a intemperie, los cuales se utilizan fundamentalmente en la zona norte del país, es que se establecen en zonas de poca precipitación y baja humedad a lo largo del año, donde para disminuir el riesgo de afectaciones, se utilizan lonas o plásticos que le brindan protección al grano.

La cubicación de intemperies difiere con el método de cubicación con referencias, en que no existe un techo donde se pueda tomar una medida de vacío y en muchas ocasiones tampoco se tiene paredes para delimitar las dimensiones del granel; por ello generalmente se utilizan varillas metálicas que son insertadas en el grano hasta tocar el piso, una vez que tocan la base del piso se extraen para medir la altura del grano. El número de puntos depende de las dimensiones del granel por lo que se utiliza el criterio de:

- Graneles con dimensiones de largo y/o anchos menores a 10 metros o bien de 10 a 20 metros se registran las medidas de altura de granel cada metro.
- Graneles con dimensiones de largo y/o ancho de 21 a 30 metros se miden la altura de granel cada 2 metros.
- Graneles con dimensiones de largo y/o ancho de más de 31 metros se determina la altura de granel cada 3 metros.

El largo y el ancho de un granel a intemperie se toma hasta dónde llega la parte en reposo de la caída del grano, si existen variaciones de largo y ancho por la forma en que se acomoda el granel, se toman promedios de largo y ancho.



Figura 11. Imagen y forma de un granel de sorgo almacenado a intemperie

5.7. Medición en silos

Para la estimación de la volumetría de los silos es necesario conocer las referencias como la altura del cilindro, la altura del cono superior o techo del silo, la altura total del silo que es resultado de la sumatoria de la altura del cilindro y la altura del cono superior, el radio, el diámetro y/o el perímetro.

h = Altura del cilindro: Es la referencia más importante; es la altura de la base del piso a la intersección con el cono superior o techo, en la parte inferior debe tomarse sobre el plano donde reposa el grano por dentro del silo.

h_1 = Altura del cono superior o techo del silo: Es la altura que inicia donde termina la altura del cilindro hasta la parte más alta del silo, en caso de no lograr medirlo se puede calcular mediante el uso del teorema de Pitágoras.

h_t = Altura total del silo: Es la suma de la altura del cilindro y la altura del cono superior o techo.

d = Diámetro: Es la medida en línea recta que divide al silo en dos partes iguales. Cuando se dificulta medir el diámetro, se puede calcular midiendo el perímetro utilizando la fórmula $d = p/\pi$

r = Radio: Se obtiene dividiendo el diámetro entre dos.

p = Perímetro del silo: Es la medida de la circunferencia del silo.

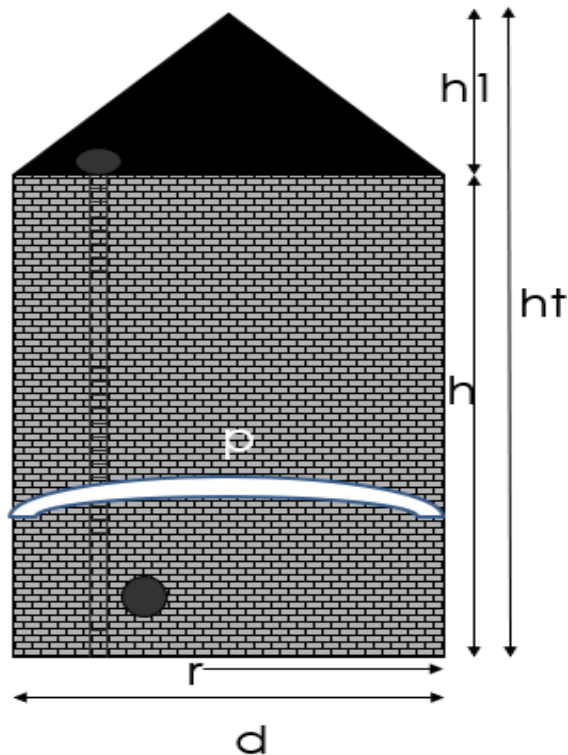


Figura 12. Esquema para la medición en silos

Para el caso de silos que ya contienen grano en su interior, es necesario considerar la altura libre de grano y la generatriz del cono que es la medida de la caída natural del grano que forma el cono, donde es necesario en caso de no tener todas las medidas de referencia que con el teorema de Pitágoras se calcule la altura de la representación del cono.

h_x = Altura libre de grano: Distancia desde la parte superior donde se une el cilindro y el cono superior o techo, hasta la superficie del granel, medido sobre el interior de la pared. Se obtienen varias mediciones sobre el perímetro del cilindro, para considerar un promedio.

c = Generatriz del cono: Junto con el radio y la altura del cono, forma un ángulo rectángulo, y en este caso es la hipotenusa; mediante el teorema de Pitágoras puede calcularse la altura del cono.

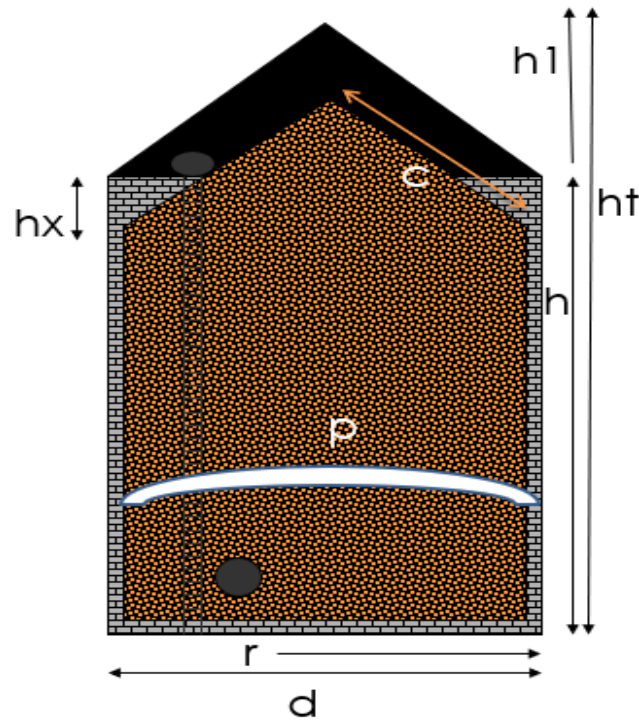


Figura 13. Esquema de un silo lleno y referencias a utilizar para el cálculo de volumetría

5.8. Cálculo de granel en forma de cilindro.

Para calcular el volumen de un silo, se puede iniciar con el cálculo del volumen del cilindro; donde si el reposo del granel en el perímetro del cilindro es regular se pueden tomar cuatro puntos de vacío como mínimo, como se muestra en la figura 14.

Posteriormente se promedian los puntos para tener una altura de vacío general, que se resta a la referencia de altura del cilindro para obtener la altura de grano; utilizando la fórmula para cálculo de un cilindro ($V = \pi r^2 h$) se obtiene el volumen del grano y multiplicado por el peso específico se obtiene la cantidad de grano existente.

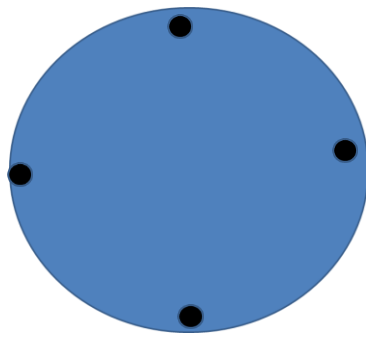


Figura 14. Esquema de los cuatro puntos a tomar de un granel de forma regular en un silo

En caso de que la forma del granel sea considerablemente irregular es necesario duplicar el número de puntos como se observa en la figura 15.

Una vez tomados los puntos, se promedian para obtener la altura de vacío, donde posteriormente restando a la altura de referencia del cilindro da como resultado la altura de grano.

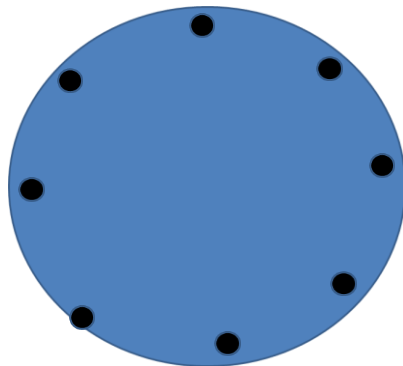


Figura 15. Esquema de los ocho puntos a tomar en un granel de forma irregular de un silo

En ocasiones por la conformación del granel en forma completamente irregular es necesario tomar más número de puntos por lo que se pueden tomar como referencia y guía cada uno de los tijerales que sostienen el cono superior o techo del silo.

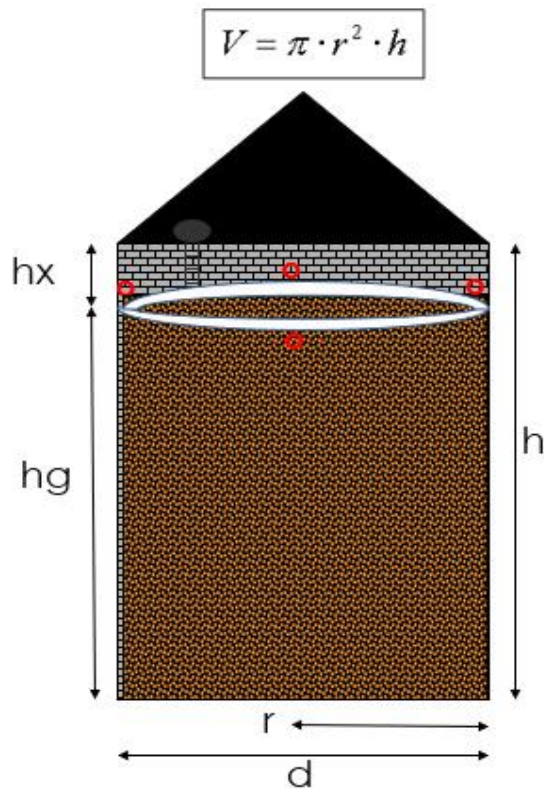


Figura 16. Esquema del cálculo del granel de un silo en forma de cilindro.

En el ejemplo siguiente se realizó el cálculo de volumetría de un silo con capacidad de 10,000 Toneladas de maíz, donde derivado de las dimensiones se procedió a realizar la toma de 8 puntos de vacío, obteniendo un promedio de alturas de vacío de 1.27 metros, restando a la altura del cilindro de 30.12 metros da la altura de grano de 28.85 metros, conociendo el diámetro de 23.66 metros obtenemos el radio que es de 11.83 metros, y conociendo el peso específico del maíz que es de $0.758 \text{ Ton}/\text{m}^3$, tenemos los datos para realizar el cálculo de volumetría donde tenemos:

$$V = (\pi r^2 h) P.E$$

$$V = (3.1416)(11.83)^2(28.85)(0.758)$$

$$V = 9,614.07 \text{ Ton de maiz}$$

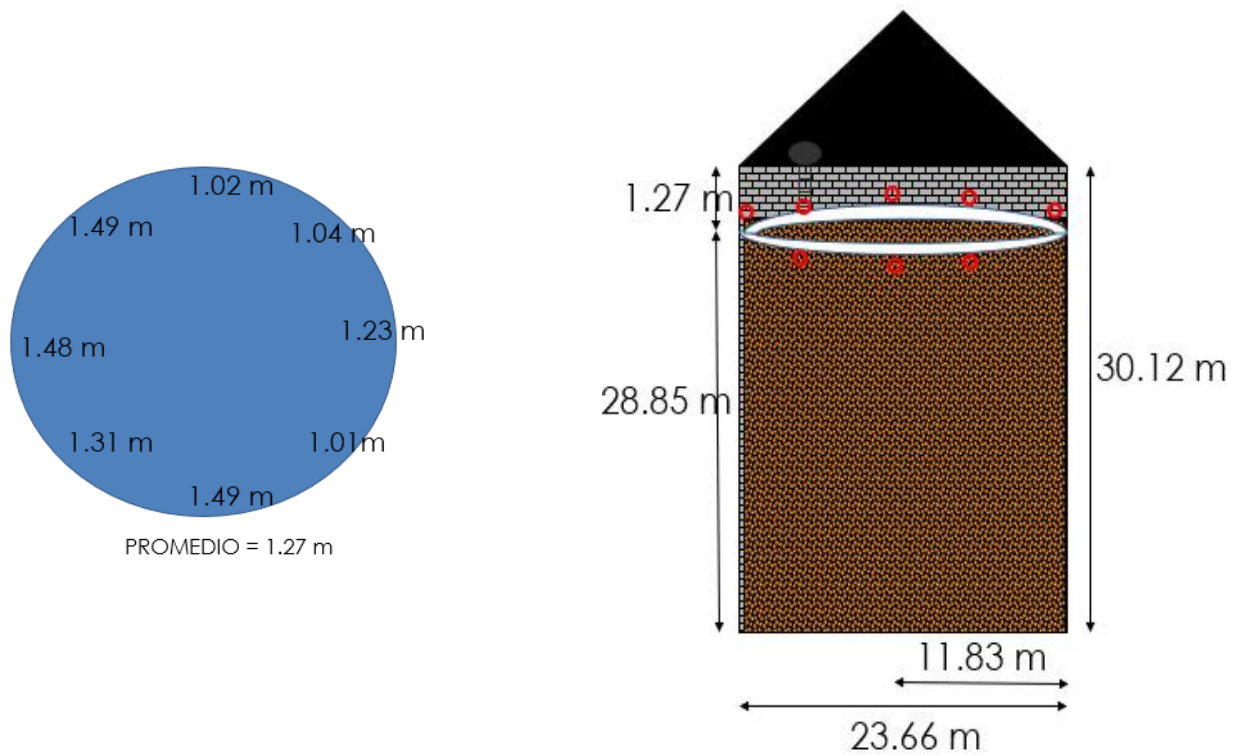


Figura 17. Ejemplo de datos a considerar para el cálculo de un granel de un silo en forma de cilindro.

5.9. Cálculo de un cono superior positivo.

Durante el llenado de un silo, con la caída natural del grano, tiende a generarse un cono superior positivo el cual se calcula con la formula $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

Para el cálculo del volumen de un cono es necesario conocer su altura, si contamos con las medidas de referencia, se registra la altura de vacío desde la punta del cono del grano a la parte más alta del cono superior o techo del silo, la altura en vacío se resta a la altura total del silo, la cual nos proporciona la altura del grano del cono más la altura del cilindro, la cual llamaremos altura total de grano; con ello si restamos a la altura total del grano la altura del cilindro, obtenemos la altura de grano del cono superior.

En caso de que por algún motivo no se pueda registrar la medida de la altura de grano del cono superior se puede realizar el cálculo por medio del teorema de Pitágoras

donde “El cuadrado de la hipotenusa de un triángulo rectángulo es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados o catetos”.

Si un triángulo tiene lados de longitud (a, b, c), con los lados (a, b) formando un ángulo de 90 grados (ángulo recto), tenemos que $a^2 + b^2 = c^2$.

Por ejemplo, un triángulo con los lados a = 3, b = 4, c = 5 puede estar en pulgadas, pies o metros. Donde el área que se calcula es la de un triángulo rectángulo porque $a^2 + b^2 = 3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 25 = c^2$ y $\sqrt{25} = 5 = c$.

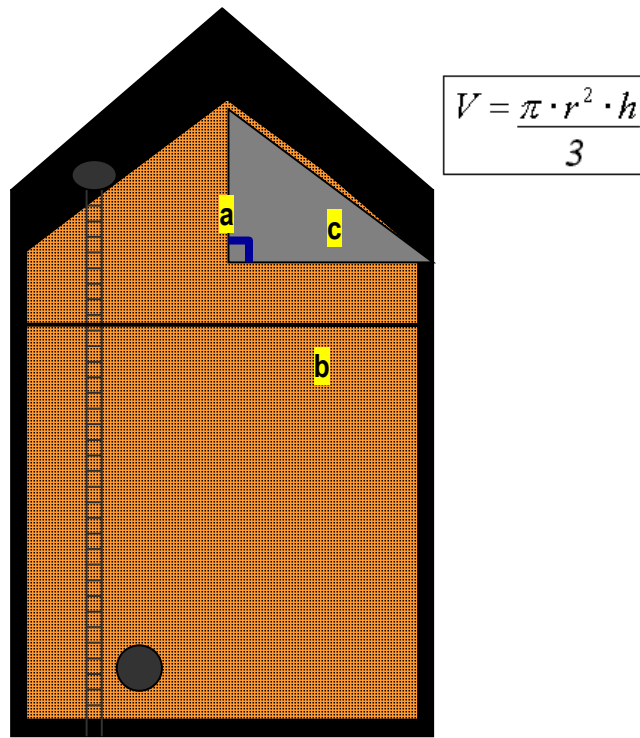


Figura 18. Esquema del cálculo de altura de un cono superior positivo por el teorema de Pitágoras.

Siguiendo con los datos del ejemplo anterior, para el cálculo de un granel en forma de cilindro y ejemplificando el cálculo de un cono superior, se registra la altura desde la punta del cono del grano hasta la parte más alta del cono superior o techo del silo, la cual tiene una altura de vacío de 3.21 metros, conociendo la altura total del silo que es de 36.29 metros y restando la altura en vacío de 3.21 metros, nos da la altura del grano del cilindro más la altura de grano del cono de 33.08 metros; por lo tanto si restamos la altura del cilindro de 28.85 metros, tenemos que la altura del grano en forma de cono es de 4.23 metros.

Realizando los cálculos tenemos lo siguiente:

Altura en vacío = 3.21 m

Altura total del grano = 36.29 m – 3.21 m = 33.08 m

Altura del cono = 33.08 m – 28.85 m = 4.23 m

$$V = \left(\frac{\pi r^2 h}{3}\right) (\text{P. E.})$$

$$V = \left(\frac{(3.1416) (11.83)^2 (4.23)}{3}\right) (0.758)$$

$$V = 469.86 \text{ Toneladas de maiz}$$

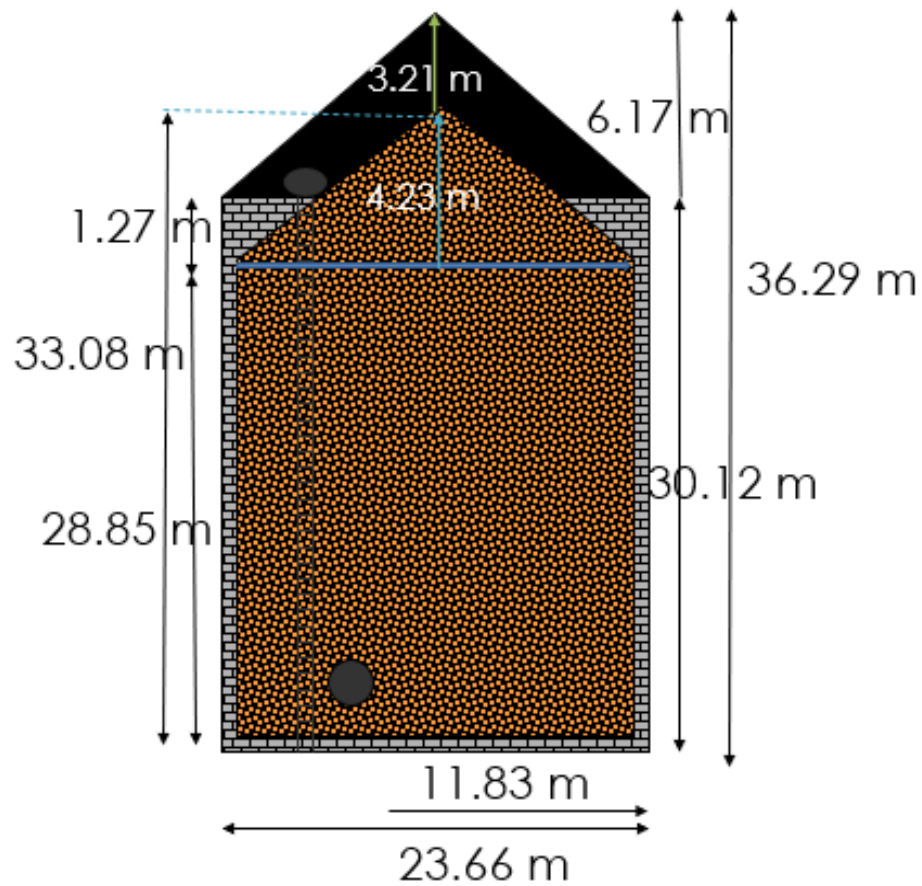


Figura 19. Ejemplo de datos a considerar para el cálculo de un granel de un cono superior positivo.

5.10. Cálculo de un cono negativo.

El cálculo de un cono negativo es prácticamente igual a la estimación de un cono superior positivo; la única medida diferente es la de c , que corresponde también a la generatriz de un cono invertido, formado por el espacio vacío de cuando se retira grano por la parte inferior del silo. Para obtener el volumen es similar al cálculo que se realiza para un cono positivo, ya que puede calcularse el volumen del cilindro y del cono. Una vez que se tiene el volumen del cilindro como si estuviera lleno, se le resta el volumen del cono.

Dando continuidad con los datos del ejemplo anterior tenemos que la altura del cilindro es de 30.12 metros, la altura promedio de vacío del perímetro del silo es de 1.27 metros, por lo que con el resultado del cálculo del ejemplo anterior obtuvimos un volumen de 9,614.07 Toneladas de maíz. La altura del vacío desde la punta del cono negativo hasta la punta del cono superior o techo es de 11.39 metros, por lo que al restar a la altura total del silo de 36.29 metros la altura en vacío nos da 24.90 metros de altura de grano desde la punta del cono negativo al piso o base del grano del cilindro, con ello, si previamente sabíamos que la altura del grano del cilindro sobre el perímetro es de 28.85 metros menos los 24.90 metros nos da la altura del cono negativo que es de 3.95 metros.

Para el cálculo del volumen tenemos que:

$$\text{Altura total del silo menos altura de vacío} = 36.29 - 11.39 = 24.90 \text{ m}$$

$$\text{Altura del cono} = 28.85 - 24.90 = 3.95 \text{ m}$$

$$V = \left(\frac{\pi r^2 h}{3}\right) (\text{P. E.})$$

$$V = \left(\frac{(3.1416) (11.83)^2 (3.95)}{3}\right) (0.758)$$

$$V = -438.76 \text{ Ton de maiz}$$

Para conocer el volumen del grano de maíz existente en el silo solo se resta el volumen del cono de -438.76 Toneladas de maíz, al volumen del cilindro que es de 9,614.07 Toneladas de maíz, por lo que el volumen existente es de 9,175.31 Toneladas de maíz.

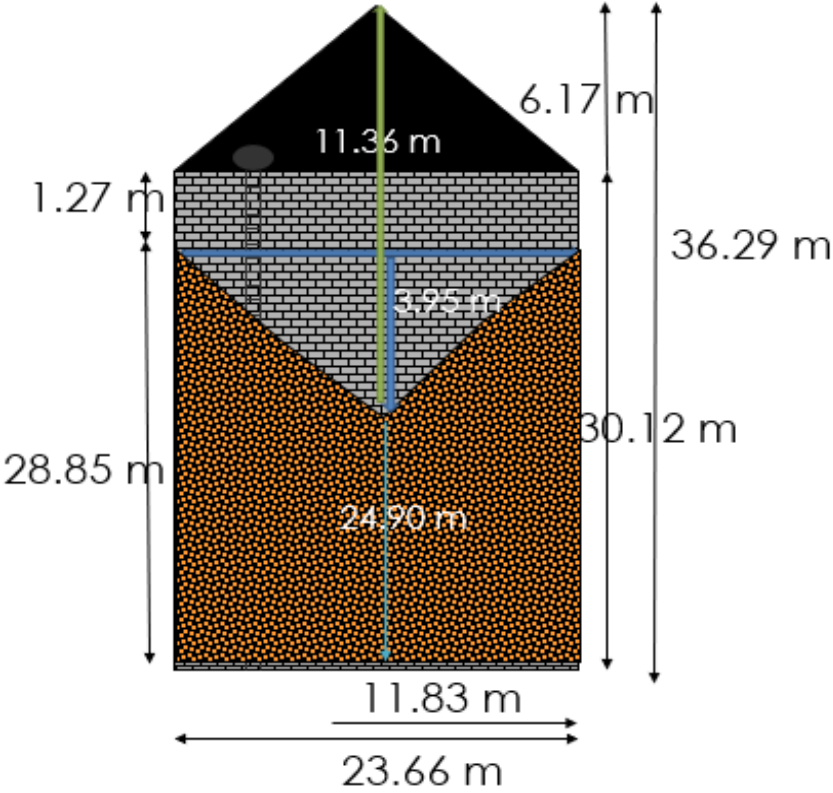


Figura 20. Esquema para el cálculo de un cono negativo.

5.11. Cálculo de la densidad o peso específico.

La porción de los granos utilizados para calcular el peso específico debe ser obtenido mediante métodos de muestreo y manejo de muestras especificados en las normas oficiales como en la Norma Mexicana NMX-Y-111-SCFI-2010 Alimentos para animales – Muestreo de alimentos balanceados e ingredientes mayores; dependiendo de la altura de grano se puede realizar con un equipo denominado sonda de alvéolos con medidas que generalmente van de 1.83 a 2.34 metros como la que se muestra en la figura 21.



Figura 21. Sonda de alveolos de 2.34 metros.



Figura 22. Muestreo de granel con sonda de alveolos.

Para el muestreo de silos y bodegas lo más recomendable es utilizar sondas de bala para muestreos en graneles, con cinco extensiones de un metro, las cuales se van sumergiendo hasta alcanzar los 5 metros si la compactación lo permite, como se muestra en la figura 23, esto para tener una mejor relación de la calidad del grano muestreado.



Figura 23. Muestreo de granel con sonda de bala.

Una vez obtenida la muestra representativa se procede a realizar el cálculo del peso específico con el vaso de la balanza de peso hectolítrico como se observa en la figura 24.

El procedimiento consiste en:

- El recipiente debe ser llenado excesivamente desde una altura aproximada de 7-10 cm o bien utilizando la tolva de llenado.
- Retirar el exceso de grano para que el límite superior rasado sea perfecto en todo el recipiente.
- Obtener el peso del grano usando la báscula romana del equipo para determinación de peso específico o bien se puede pesar el grano en una balanza granataria o de precisión.
- En la actualidad los equipos para determinación de humedad ya calculan directamente el peso específico como se muestra en la figura 25.



Figura 24. Determinación del peso específico con vaso hectolítrico.



Figura 25. Determinador de humedad que proporciona lectura del peso específico.

La densidad o peso específico de los granos se puede expresar de varias formas, por ejemplo, la cantidad de cebada que ocupa 1 litro tiene un peso de 640 gramos, que es equivalente a 640 kg/m^3 ; equivalente a 0.640 kg/litro ; equivalente a 64kg/hl ; equivalente a 0.640 Ton/m^3 ; lo más común es expresar el peso específico en kg/hl .

5.12. Análisis físico de calidad.

El análisis físico de calidad es el proceso mediante el cual se separan, cuantifican y determinan los porcentajes de humedad, daños, defectos, impurezas, peso hectolítrico y cualquier otro elemento que afecte la calidad y el valor comercial del grano.

Para cada tipo de grano, existe una particularidad propia para su análisis; sin embargo, los aspectos generales que se analizan en una muestra son:

- Análisis sensorial (organoléptico).
- Peso hectolítrico.
- Temperatura.
- Porcentaje de humedad.
- Porcentaje de impurezas y materia extraña.
- Porcentaje de granos dañados.
- Porcentaje de granos quebrados.
- Porcentaje de granos con defectos.
- Insectos vivos.

Para el análisis de calidad de granos, se requiere un equipo especializado para tal función como es:

- Sonda de alveolos o bala.
- Mezclador Boerner.
- Juego de zarandas.
- Determinador de humedad.
- Balanza para peso específico.
- Báscula granataria o de precisión.

Siguiendo la secuencia analítica, se toma la muestra primaria del grano dentro del almacén con una sonda para muestreo como se muestra en la figura 26.



Figura 26. Muestreo de maíz para obtener la muestra primaria para análisis físico de calidad.

Se homogeniza y divide la muestra en un mezclador Boerner para obtener la muestra representativa de 2 a 3 kilogramos, con la que se realizará el análisis físico de calidad.



Figura 27. Mezclador Boerner para homogenización de muestras de grano.

Una vez obtenida la muestra representativa, esta se homogeniza y divide para obtener la muestra de trabajo, a la cual se realizará el análisis físico de calidad, de acuerdo con la secuencia analítica.

La secuencia analítica se describe en la norma de cada grano según sea el caso, como ejemplo en la figura 28, se describe la secuencia analítica del maíz.

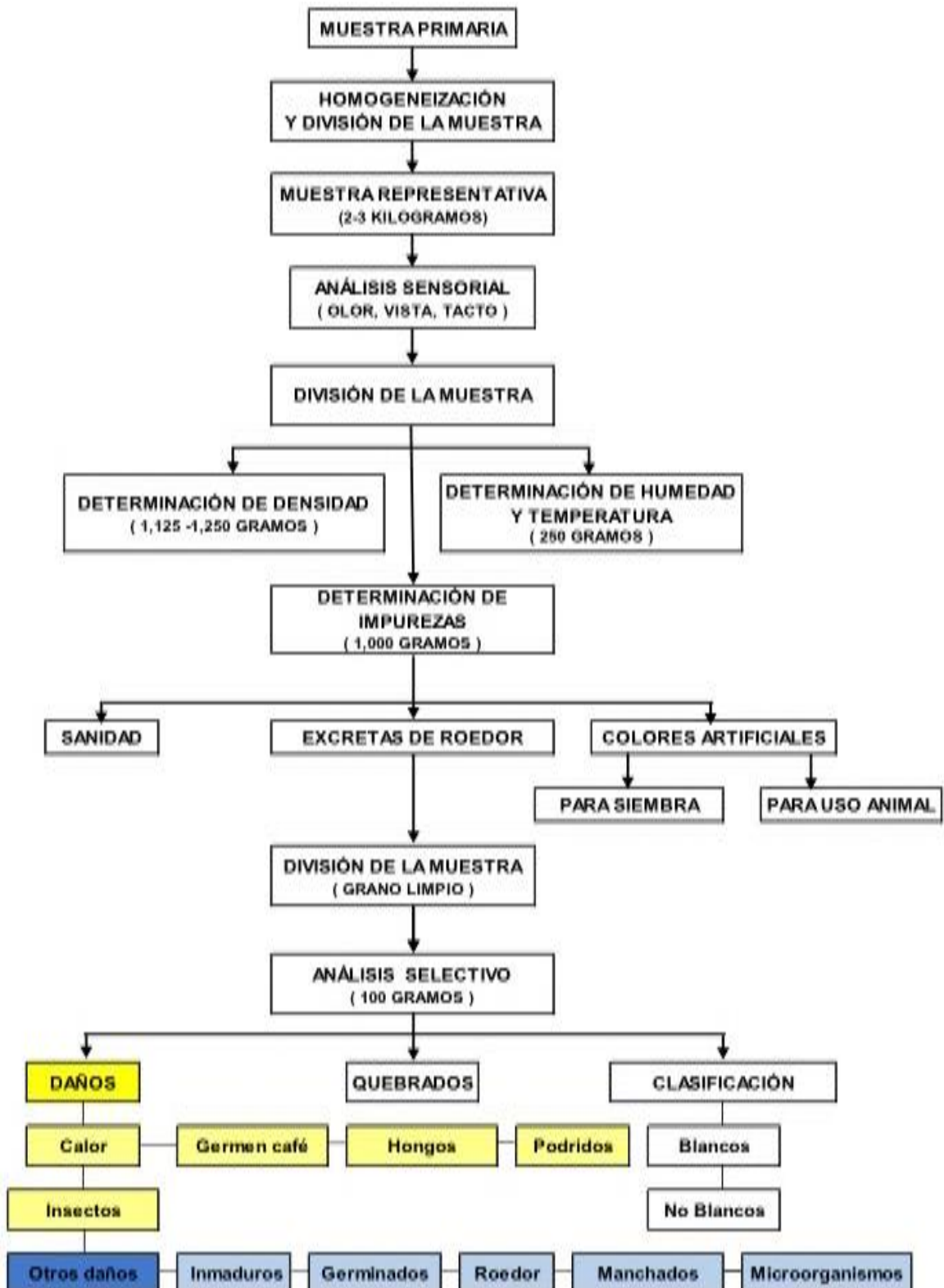


Figura 28. Secuencia analítica para el análisis físico de calidad de maíz.

El método de prueba provee las especificaciones analíticas para cada grano y se describen en su respectiva norma; para el caso del maíz blanco, donde la norma que se aplica es la NMX-FF-034-SCFI-2020, donde tenemos las siguientes especificaciones.

Olor: En una criba de orificios circulares de 4.38 mm de diámetro colocada sobre una charola de fondo se vierte un kilogramo obtenido de la muestra representativa, se determina el olor agitando el grano para que desprenda su aroma, los olores generalmente pueden ser a humedad, rancidez, moho, fermentación, fumigante, insecticida y cualquier otro olor objetable. El olor adecuado debe ser característico al grano de maíz sano, seco y limpio.

Impurezas: Se determina en un kilogramo de muestra utilizando la charola de fondo y la criba de orificios redondos de 4.38 mm de diámetro. Las impurezas y el material extraño es todo el material que se deposita en la charola de fondo y todo el material que no sea maíz como cañuelas, olotes, hojarasca, etc. y que permanece sobre la criba de 4.38 mm, que puedan separarse manualmente.

Infestación: Se observa la charola de fondo y el maíz se considera infestado cuando presenta 1 o más insectos considerados como plaga propios del maíz almacenado.

Humedad: Se determina utilizando 250 gramos de maíz sin separar la impureza y grano quebrado, se pueden utilizar los equipos de medidores de humedad o determinadores análogos de las marcas comerciales Motomco o Steinlite; o bien determinadores digitales como por ejemplo los de la marca Dickey-John, donde ya no es necesario pesar la muestra.

Peso específico o Hectolítrico: Se determina en 1,125 a 1,250 gramos de maíz sin separar las impurezas, utilizando la balanza de peso específico.

Granos quebrados: Son porciones o partes de granos, que contienen un tamaño menor al 50% del cuerpo del grano entero.



Figura 29. Daño del maíz quebrado.

Daños: Para propósitos de inspección y clasificación, un grano se considera dañado cuando la semilla entera o sus partes han sufrido alteraciones físicas o químicas externas o internas, como resultado de las acciones de calor, hongos, insectos, roedores u otros agentes nocivos. La muestra limpia libre de impurezas se divide hasta obtener 100 gramos, los cuales se analizan para determinar los siguientes daños:

Daños por calor: Granos de maíz y sus partes que por efectos de calentamiento presenten una coloración café o negruzca diferente a la coloración original del maíz.



Figura 30. Ejemplo del maíz con daños por calor.

Germen café: Granos afectados por efectos de calentamiento, presentan en la parte del germen una coloración café que claramente difiere de la coloración cremosa que es característica del embrión.



Figura 31. Granos de maíz con daños por germen café.

Daños por hongo de almacén: Granos y sus partes que presenten aspecto algodonoso con coloraciones verdosas, azulosas o blanquecinas provocadas por el desarrollo de hongos principalmente pertenecientes a los géneros *Aspergillus* spp y *Penicillium* spp.



Figura 32. Semillas de maíz con daños por hongos de almacén.

Granos podridos: Granos que presentan daños ocasionados por hongos de campo. Dicha afectación generalmente se caracteriza por una coloración negruzca, café, blanco calizo, morado, rosa, parda, anaranjada o amarillenta y su apariencia suele ser generalmente bofa o seca.



Figura 33. Muestra de granos de maíz con pudrición

Granos dañados por insectos: Granos de maíz y sus partes que presenten perforaciones o galerías ocasionados principalmente por insectos coleópteros como los gorgojos o lepidópteros como las palomillas. Los orificios realizados por insectos de almacén son pequeños y redondos en comparación con los hechos por los insectos de campo, los cuales son grandes e irregulares.



Figura 34. Muestra de maíz con daños por insectos de almacén.

Granos inmaduros: Granos que no alcanzaron su madurez fisiológica en la planta por lo que su volumen y tamaño se ve reducido comparado con el grano normal. Se identifican por un tamaño pequeño y aspecto seco o coloquialmente como chupado. Deben diferenciarse claramente de los granos que crecen en la punta de la mazorca que sí están maduros, pero son pequeños por la posición donde se desarrollan.

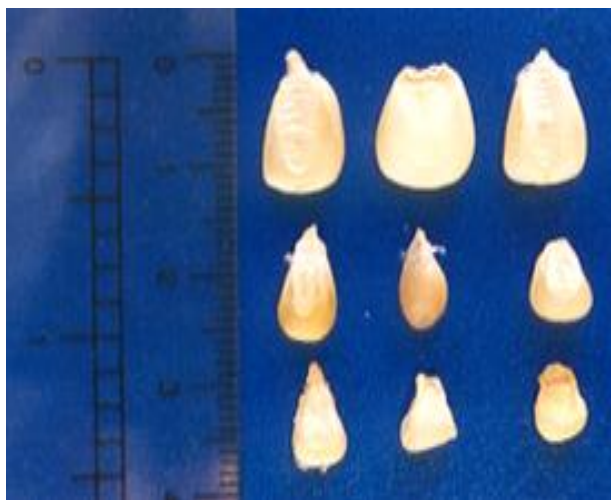


Figura 35. Granos de maíz inmaduro.

Granos germinados: Granos que debido a cualquiera de las fases de la germinación presentan la cutícula del embrión abierta, o que muestran a simple vista, radícula o vestigios de la nueva plántula.



Figura 36. Imágenes de maíz germinado.

Granos dañados por roedor: Granos y sus partes que presentan en su estructura los efectos de las dentelladas o mordeduras de roedores. Generalmente los daños más notorios son en la parte donde se localiza el embrión.



Figura 37. Granos de maíz con daños por roedores.

Granos manchados: Granos que presentan manchas contrastantes externas que ocupan como mínimo una tercera parte de la superficie del grano, como consecuencia de factores climatológicos en campo o por humedecimiento parcial en almacén.



Figura 38. Granos de maíz manchados.

Granos dañados por microorganismos: Granos que por efecto de microorganismos presentan arrugamiento en la cutícula, con coloraciones oscuras en el endospermo pudiendo presentarse estas características tanto en granos bien desarrollados como en grano inmaduro.



Figura 39. Imagen de maíz con daños por microorganismos.

El análisis de calidad física del grano se debe registrar en un archivo de reporte como es en un formato de Excel, así también se debe registrar en un formato impreso que se guardará con la muestra testigo en almacén por alguna controversia futura.

Cuadro 4. Reporte de parámetros de calidad de maíz blanco.

| PARÁMETROS DE CALIDAD | PORCENTAJE DEL PARÁMETRO |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Humedad | 14.0% |
| Impurezas | 2.0% |
| Densidad | 720 g/l |
| Sanidad | Libre de plaga viva |
| Daños | |
| Daño por calor | 0.5% |
| Germen café | 1.5% |
| Daño por hongo (de almacén) | 2.0% |
| Granos podridos (hongos de campo) | 2.0% |
| Granos inmaduros | 2.0% |
| Daño por insectos (de almacén) | 1.0% |
| Daño por roedor | 1.0% |
| Daño por heladas | 1.0% |
| Granos germinados | 2.0% |
| Total de Daños | 7.0 |
| Granos quebrados | 2.0% |
| Maíz amarillo | 2.0% |
| Maíz pinto | 0.5% |
| Aflatoxinas | 20 ppb |
| Acidez grasa | 40 mg KOH/100 g |

6. CONCLUSIONES

El manejo y conservación de los granos y semillas es primordialmente estratégico para la alimentación de la población de México y a nivel mundial, por lo que capacitar a las personas que intervienen en la cadena productiva es esencial para evitar deméritos que se traduzcan en pérdidas económicas y de alimentos repercutiendo en la economía.

En los 15 años trabajando en conservación y manejo de granos, he aprendido que un grano limpio, fresco y seco se puede conservar por tiempo relativamente razonable dentro de los parámetros de calidad, también utilizando el grano con el método de primeras entradas, primeras salidas se puede tener un mejor control de la conservación del grano.

Así también he sido testigo y participante activo de la evolución que han tenido los métodos de supervisión e inspección de granos, por el método de volumetría dentro de Almacenadora Mercader; partiendo en un principio con el cálculo de formas y figuras, hasta el desarrollo de métodos y utilización de tecnologías para saber en tiempo real la cantidad de grano existente dentro de los almacenes con los que trabajamos.

Existe un porcentaje de error en los cálculos de volumetría, proveniente principalmente de la compactación de los diferentes granos almacenados, por lo que considero importante se pueda realizar un estudio que de un valor más aproximado de la compactación resultante de los diferentes factores que intervienen, como es el tipo de grano, tiempo de almacenamiento, concentración de impurezas, cercanías con vías de transporte, entre otros.

En conclusión, el método de cálculos de volumetría proporciona datos muy cercanos a la realidad para estimar la cantidad de grano existente dentro de un almacén, factible para su aplicación en operaciones comerciales, uso en auditorías, determinación de dosificación de plaguicidas, certeza para los apoyos financieros, herramienta en la certificación y/o verificación de peso y calidad de grano, entre otras aplicaciones.

7. LITERATURA CITADA

- Afzal, I., Bakhtavar, M. A., Ishfaq, M., Sagheer, M., & Baributsa, D. (2017).** Maintaining dryness during storage contributes to higher maize seed quality. *Journal of Stored Products Research*. <http://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.04.001>
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2016.** <https://www.gob.mx/cnbv/acciones-y-programas/almacenes-generales-de-deposito-24376>
- Fazzino, D. (2020).** Global Food Security. In *International Encyclopedia of Human Geography*. <http://doi.org/10.1016/b978-0-08-102295-5.10384-1>
- Olegario Llamazares García-Lomas (2018).** Diccionario de comercio internacional. 1era edición. Madrid, España. 262 páginas.
- Xue, L., & Liu, G. (2019).** Introduction to global food losses and food waste. In *Saving Food: Production, Supply Chain, Food Waste and Food Consumption*. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-815357-4.00001-8>