



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL  
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL, EN LA EMPRESA  
INFINITO**

**Ludwing Ernesto Kroell Barrios**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL  
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL, EN LA EMPRESA  
INFINITO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**LUDWING ERNESTO KROELL BARRIOS**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejia
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL, EN LA EMPRESA INFINITO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 4 de agosto del 2008.

---

Ludwing Ernesto Kroell Barrios



Guatemala, 19 de febrero de 2009  
REF.EPS.DOC.373.02.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **LUDWING ERNESTO KROELL BARRIOS** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **9631065**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL EN LA EMPRESA INFINITO"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

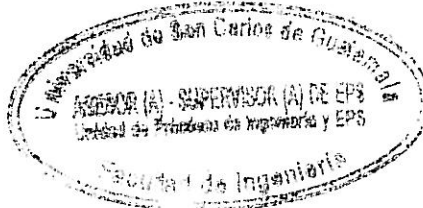
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
EESZ/ra





Guatemala, 19 de febrero de 2009

REF.EPS.D.110.02.09

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

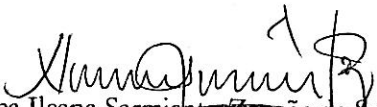
Estimado Ingeniero Campos Paiz:

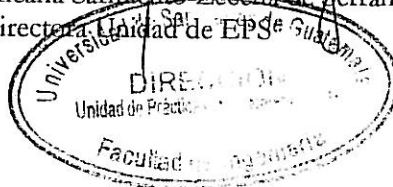
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL EN LA EMPRESA INFINITO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **LUDWING ERNESTO KROELL BARRIOS** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS de Guatemala



NISZ/ra

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora de la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado, al trabajo de graduación MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL EN LA EMPRESA INFINITO, del estudiante Ludwing Ernesto Kroell Barrios, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, febrero de 2009.

/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL PARA EL MONTAJE DE SILOS ATORNILLADOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS A GRANEL, EN LA EMPRESA INFINITO**, presentado por el estudiante universitario **Ludwing Ernesto Kroell Barrios**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a horizontal line.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, marzo de 2009

/gdech



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por su inmensa misericordia y haberme  
iluminado en el entendimiento.

### **MIS PADRES**

Ernesto Kroell López,  
Rosario Janeth Barrios.

### **MIS HERMANOS**

Wendy Karina, Ana Luisa,  
Kristián Magdiel.

### **MIS SOBRINOS**

Brandon y Wendolyn.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. FUNDAMENTOS O MARCO TEÓRICO.</b>	
1.1 Historia del silo.....	1
1.2 Qué es un silo.....	1
1.3 Componentes del silo.....	2
1.3.1 Techo.....	2
1.3.2 Bridas de carga y descarga.....	3
1.3.3 Anillos de conformación.....	3
1.3.4 Columnas.....	4
1.3.5 Escalera y protector de espalda.....	4
1.3.6 Cono.....	5

1.4 Accesorios adicionales del silo.....	7
1.4.1 Tornillo sin fin.....	7
1.4.2 Sensores de nivel.....	8
1.4.3 Válvula de vacío y presión.....	32
1.4.4 Filtro colector de polvo.....	32
1.4.5 Compuertas.....	34
1.4.6 Tablero de control.....	34
1.4.7 Cilindro diferencial.....	35
1.4.8 Sistemas de fluidificación.....	35
1.5 Ensayo de suelo.....	40
1.5.1 Densidad aparente.....	40
1.5.2 Ensayo de Proctor.....	41
1.5.3 Ensayo de CBR.....	43

## **2. ENTORNO DEL PROYECTO (FASE DE INVESTIGACIÓN).**

2.1 Descripción de la Empresa Infinito.....	45
2.2 Información disponible.....	45
2.3 Metodología.....	46
2.4 Desarrollo de montaje de silos atornillados de la empresa Infinito.....	47
2.4.1 Normas de seguridad y equipo de protección.....	47
2.4.2 Calidad de trabajo realizado.....	51
2.4.3 Tiempo de ejecución de proyecto y costo.....	52

### 3. PASOS DE MONTAJE (FASE TÉCNICO PROFESIONAL).

3.1	Diseño de un silo.....	53
3.1.1	Según el material.....	53
3.1.2	Ángulo del material.....	54
3.1.3	Diseño del cono.....	54
3.1.4	Tamaño de cilindro según demanda.....	54
3.1.5	Estructura o base.....	55
3.2	Cimentación.....	55
3.2.1	Cálculo de cimentación.....	56
3.2.2	Armado pernos.....	65
3.2.3	Losa de piso.....	65
3.3	Armado del silo .....	66
3.3.1	Anillos.....	66
3.3.2	Cono.....	68
3.3.3	Techo en un anillo.....	68
3.3.4	Colocación de columnas.....	70
3.4	Colocación del silo.....	71
3.4.1	Armado anillo sobre anillo.....	71
3.4.2	Cono encima de columnas.....	72
3.4.3	Bridas unidas a columnas.....	73
3.4.4	Anillos encima de cono.....	74
3.4.5	Escalera con guarda miedo.....	74
3.4.6	Tubo de abasto.....	75

3.5 Colocación de accesorios.....	76
3.5.1 Flange abajo del cono.....	76
3.5.2 Compuerta.....	76
3.5.3 Filtro colector de polvo.....	77
3.5.4 Válvula vació presión.....	78
3.5.5 Tornillo sin fin.....	78
3.5.6 Válvula distribuidora 5:2.....	79
3.5.7 Tablero de control.....	79
3.5.8 Sistema eléctrico.....	80
3.5.9 Medidor de nivel (Conductancia).....	80
3.6 Análisis de costo.....	81
3.6.1 Costo de sistema original.....	81
3.6.2 Costo actual.....	81
3.6.3 Comparación de costos.....	81
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>89</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Silo horizontal atornillado.....	05
2.	Esquema de medidores de nivel.....	08
3.	Medidor de nivel manométrico.....	12
4.	Medidor de cristal y cristal normal.....	13
5.	Medidor de flotador.....	14
6.	Medidor de flotador.....	14
7.	Medidor tipo burbujeo.....	17
8.	Medidor de presión diferencial.....	18
9.	Medidor de nivel tipo desplazamiento.....	20
10.	Medidor de nivel conductivo o resistivo.....	22
11.	Medidor de nivel capacitivo.....	23
12.	Medidor de nivel ultrasónico.....	24
13.	Medidor de nivel radioactivo.....	26
14.	Medidor de diafragma.....	27
15.	Medidor de varilla flexible.....	28
16.	Medidor de paletas.....	30
17.	Medidor de sondeo electromagnético.....	31
18.	Cartucho colector de polvo.....	33
19.	Curva característica de presión caudal de ventiladores Igual potencia y diferentes diseños.....	37
20.	Relación entre distancias mayores y menores de recorrido Del aire en una celda.....	39

21	Aparato de ensayo de Proctor.....	42
22.	Equipos y protección.....	49
23.	Cimentación.....	91
24.	Armado de cono, anillos, techo sobre anillo al nivel del suelo.....	92
25.	Montaje de silo con pluma.....	93
26.	Hojas troqueladas de un anillo empacadas.....	96
27.	Cono con sistema de fluidificación.....	96
28.	Batería de silos atornillados.....	97
29.	Silo atornillado vertical y silo horizontal.....	98
30.	Perfil estatografico del suelo.....	101

## TABLAS

I.	Velocidades máximas (m/s) recomendadas.....	38
II.	Tamaños de varias corrugadas de acero.....	64
III.	Aceros normalizados para armaduras.....	64
IV.	Costo de sistema original.....	82
v.	Ensayo de CBR.....	99
VI.	Ensayo de Proctor.....	100

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
T	Tonelada
Kg	Kilogramo
N	Newton
Khz	Kilohertz
°C	Grados Centígrados
%	Porcentaje
F:C:U:	Factor de Corrección Último
CM	Carga Muerta
CV	Carga Viva
m	Metro
Cm	Centímetro



Símbolo	Significado
mm	Milímetro
cc	Centímetro Cúbico
S	Segundo
Kg/m	Kilogramo por metro
Kg/m <sup>2</sup>	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cúbico
m/s	Metro por segundo
m/s <sup>2</sup>	Metro por segundo cuadrado
Plg	Pulgada
Plg <sup>2</sup>	Pulgada cuadrada

## GLOSARIO

<b>Cejado</b>	Se marca la forma que llevará la pieza.
<b>Di electro</b>	Del medio no conductor a través del cual se ejerce la inducción.
<b>Densidad Liquido</b>	Es el peso que tiene cualquier líquido u objeto.
<b>Flange</b>	Su traducción plancha plana de acero
<b>Gravedad</b>	Aceleración de caída de los cuerpos a la superficie terrestre y su valor es de $9.8 \text{ m/s}^2$ .
<b>Hoja</b>	Hoja troquelada o una parte del anillo u cono, techo.
<b>Monel</b>	Su traducción dispositivo de seguridad.
<b>Plomada</b>	Pesa de metal u otro material cilíndrico u cono, colgado de una cuerda, que sirve para señalar la línea vertical.

**Punzado**

Hacer agujeros en un metal de una calderería de diferentes formas.

**Punzo nante**

Es una maquinaria para hacer agujeros por medio de un arranque directo.

**Precipitadores**

Son dispersadores para distribución de aire con mas fuerza, o varios puntos..

**Relee**

Dispositivo electromagnético que sirve para regular y dirigir la corriente de un circuito.

## RESUMEN

El manual está dividido en tres capítulos. La parte A es el primer capítulo que trata de los componentes de un silo todo en teoría. La parte B y C del porqué se hace la investigación y el montaje del silo en si.

El capítulo uno será de mayor interés para aquellos que quieran saber la qué es un silo cómo está compuesto y sus accesorios que llevan y la definición de cada uno de ellos. Sin olvidar que este capítulo se hace referencia a los estudios de suelo que se practican para diseñar la cimentación, la herramienta que se utiliza y la forma que se hace y el resultado que se busca.

El capítulo dos introduce al lector a una fase de investigación del porque se realiza el manual, descripción de la empresa Infinito, la metodología a seguir, normas de seguridad y equipo de seguridad, calidad de trabajo y por supuesto su tiempo de ejecución del proyecto.

Una vez que se ha logrado entender los principios establecidos en la parte A, usted se encuentra listo para seguir el capítulo tres, el cual demuestra los pasos a seguir para un montaje de un silo atornillado, su diseño cálculo de cimentación, anillos los cuales conforman el cilindro, cono, techo en un anillo o solo techo y después montarlo en un anillo y armado completo del silo.



# OBJETIVOS

## **General**

Realizar manual para el montaje de silos atornillados para productos a granel, para la Empresa Infinito.

## **Específicos:**

1. Proporcionar un orden en el montaje de silos atornillados.
2. Determinación de tiempos para el montaje del silo.
3. Capacitar al personal para una guía de trabajo eficiente.



## INTRODUCCIÓN

Este manual tiene como objetivo determinar el procedimiento adecuado para realizar el montaje de un silo atornillado. El manual es una herramienta práctica que le sirve al ingeniero o supervisor para que de una manera pueda llevar un orden para realizar el montaje.

Se describen cada una de las actividades y operaciones a realizar, el método para determinarlos, su forma de hacerlo. También define como se diseña el cono del silo por su ángulo de reposo del producto y los accesorios que por lo general lleva el silo.

Se ha considerado que este manual tiene que jugar algún papel propendorante para que ingenieros o supervisor haga una buena planificación en el montaje y pueda asegurar el cumplimiento del tiempo a realizarlo, al igual que la calidad técnica de su montaje a realizar.

Al mismo tiempo, este manual o guía funciona como una herramienta cuando sea necesario para el ingeniero o supervisor hacer una revisión de que avance físico tiene el proyecto.



# **1. FUNDAMENTOS O MARCO TEÓRICO**

## **1.1 Historia de un silo**

Los silos tiene su origen por la Europa medieval para la agricultura cuando los feudos recolectaban la cosecha y comenzaron almacenarla y fue en el siglo veinte cuando se le comenzó a dar otros usos como la industria y se comenzaron almacenar productos a granel.

## **1.2 Qué es un silo**

Un silo es una estructura diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel, son en parte integrantes del ciclo de acopio de la industria o agricultura. Los más habituales o utilizados tienen forma cilíndrica o rectangular, que puede estar construida de madera, hormigón, acero al carbón, aluminio, acero inoxidable.

Se considera que esta solución, que registra antecedentes en la industria de la minería, puede usarse para el almacenamiento de azúcar, sal, minerales y granos.

Su empleo como silo para almacenamiento de granos puede tener amplia aplicación en nuestro país que, como se sabe, debe completar con urgencia la capacidad de silos instalada en una escala muy importante.

### **1.3 Componentes de un silo**

#### **1.3.1 Techo**

Parte superior del silo, lo cubre con lo cual es la superficie que cierra el silo.

Este viene conformado con láminas u hojas para soportar una carga de  $100 \text{ kg/m}^2$ , su tamaño varía con respecto al diámetro del silo, ya que siempre son cilíndricos.

Su espesor es más delgado debido a que no tiene que soportar grandes cantidades de peso más que el filtro colector de polvo, válvula vacío presión, tubo de abasto.

### **1.3.2 Bridas de carga y descarga**

La brida es el tubo de abasto que se hace de acero inoxidable el cual sale del techo del silo y cae hasta un metro de altura sobre el nivel del suelo, el cual tiene un diámetro mínimo de 7.5 cm o mas grande según la velocidad o el material que se quiera cargar o descargar.

### **1.3.3 Anillos de conformación**

Un anillo por lo regular viene formado por cuatro (4) o más láminas están un alto mínimo de un (1) metro el espesor de cada uno cambia con respecto a la posición o si se tienen mas anillos, ya que el primero su espesor es más alto y así va cambiando con respecto al nivel que ocupe.

El material de cada anillo es de acero al carbón, ASTM A5 + 0636; acero inoxidable 304 y aluminio 5052.

### **1.3.4 Columnas**

Las columnas siempre vienen conformadas en una forma de I debido a la distribución de cargas que hace este tipo de estructura, la resistencia o soporte se da conforme el cálculo se ha hecho anteriormente.

### **1.3.5 Escalera y protector de espalda**

La escalera es una serie de escalones que nos sirve para bajar y subir y el protector de espalda no es más que una línea de seguridad para evitar un accidente de caídas.

La escalera viene de un material que acero inoxidable con una clasificación 304 según ASTM.

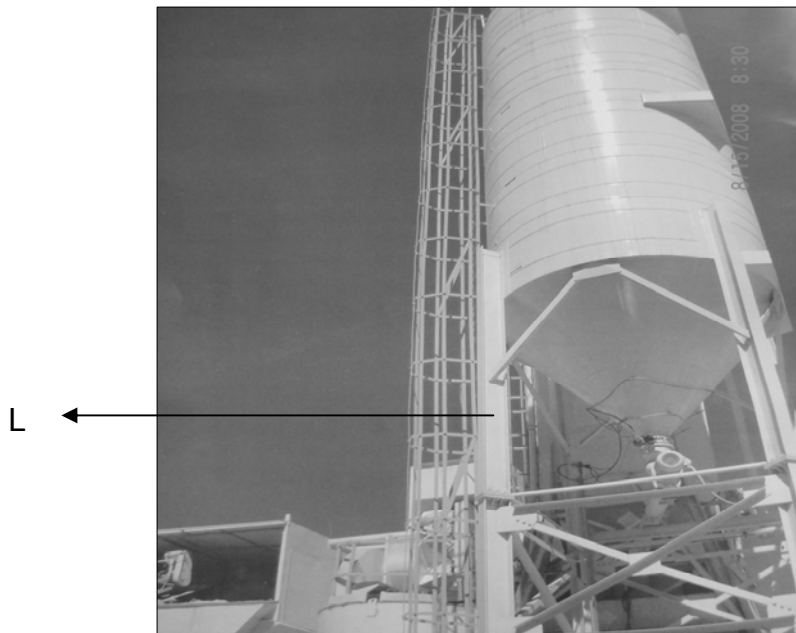
La escalera nos sirve como acceso al techo con el protector de espalda esta puede tener descansos o no. Su tamaño se define en la altura del silo, pero al ancho debe de tener un mínimo de cincuenta (50) centímetros, el grosor del escalón de cinco (5) centímetros y la separación entre cada escalón de treinta (30) centímetros.

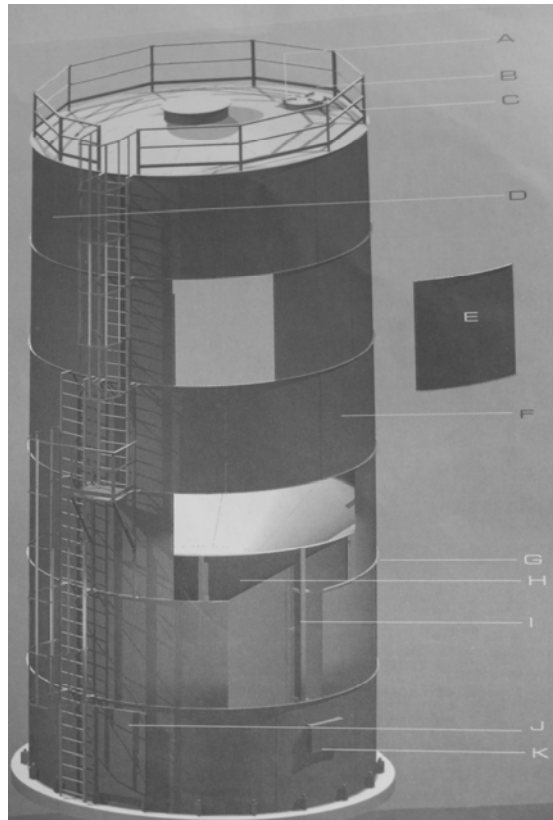
### 1.3.6 Cono

El cono de descarga por lo regular tiene un ángulo de  $45^\circ$  a  $60^\circ$  pero esto depende del material que se va a verter en el silo, casi siempre tiene una salida de treinta centímetros o (12") aunque el ángulo se calcula con el ángulo de reposo del material.

Este recibe un proceso para hacerlo que su primer paso es de pantógrafo, el segundo punzado y cejado, tercero lavado, cuarto Sand Blast, por último la pintura.

**Figura 1. Silo horizontal atornillado**





Silos y Camiones S.A. (SYCSA)

- A = Techo
- B = Domo pasa hombre
- C = Barandal protector en el domo del silo
- D = Escalera de acceso
- E = Hojas troqueladas de acero al carbón
- F = Tornillería galvanizada
- G = Uniones selladas con empaque de tira
- H = Cono de descarga
- I = Refuerzo de columna tipo Z
- J = Puerta de acceso al interior del cono
- K = Opcional ventana iluminación
- L = Columna tipo I

## **1.4 Accesorios adicionales del silo**

### **1.4.1 Tornillo sin fin**

El tornillo sin fin es un caso particular de engranajes helicoidales con ejes que se cruzan a 90°.

El tornillo sin fin su función principal en los silos es transportar el material o el producto a granel del cono del silo a la tolva de pesaje.

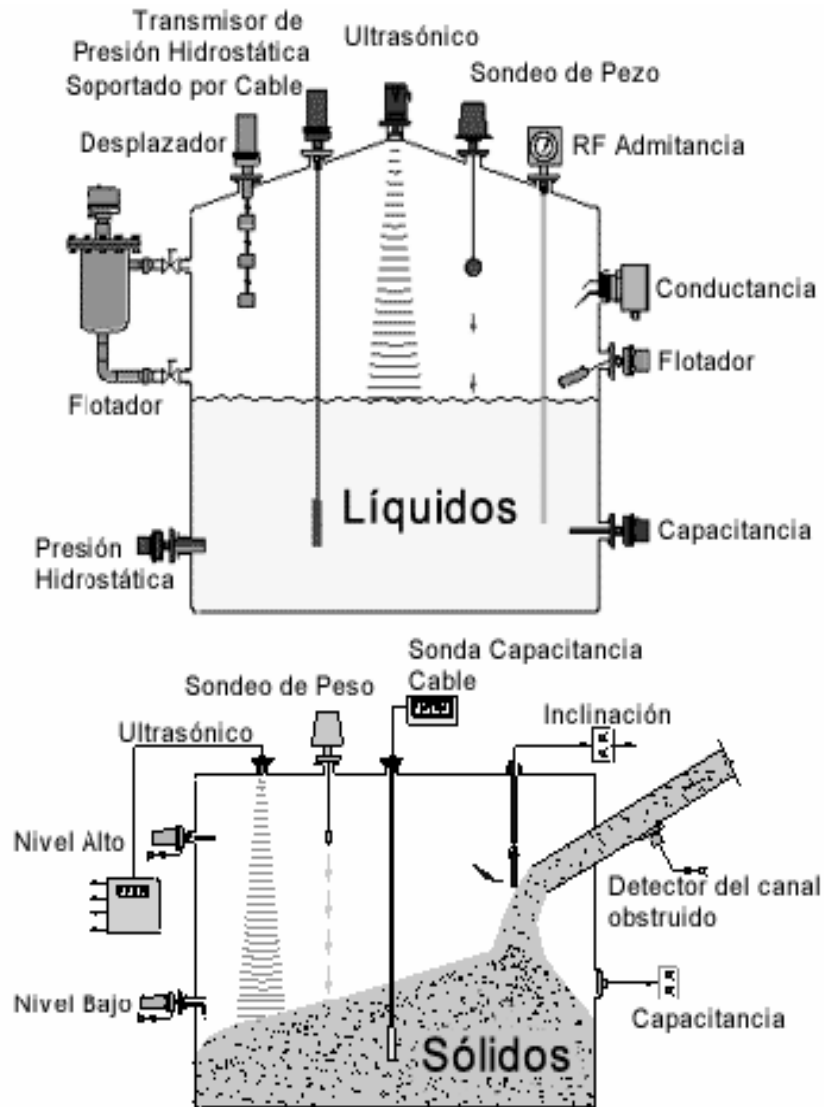
Este viene conformado por aspas que al principio su separación se reduce a la mitad y longitud es de un metro y de ahí en adelante es normal a excepción al final el aspa se invierte para que el producto caiga a la boquilla que se le deja al tornillo sin fin.

El material con que se elaboran puede ser acero inoxidable, acero al carbón, debido a que se somete a varias fuerzas y debe soportarlas.

El mecanismo de tornillo sin fin corona, dependiendo del coeficiente de rozamiento entre dientes y del ángulo de hélice, presenta la característica de que es un mecanismo no reversible, es decir, aunque el tornillo puede girar en cualquier sentido y arrastrar a la corona, si ésta es la que gira, no puede arrastrar al tornillo.

## 1.4.2 Sensores de nivel

Figura 2. Esquema de medidores de nivel



Juan López, Colegio Pamplona España.



En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir “inteligencia” en la medida del nivel, y obtener precisiones de lectura altas, del orden del 0,2 %, en el intervalo de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso. El transmisor de nivel “inteligente” hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en flotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

El transmisor o varios transmisores pueden conectarse, a través de una conexión RS-232, a un ordenador personal, que con el software adecuado, es capaz de configurar transmisores inteligentes.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos.

## Medidores de nivel de líquidos

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los instrumentos de medida directa se dividen en:

- Medidor de sonda
- Medidor de cinta y plomada
- Medidor de nivel de cristal
- Medidor de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico
- Medidor de membrana
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radiación
- Medidor láser

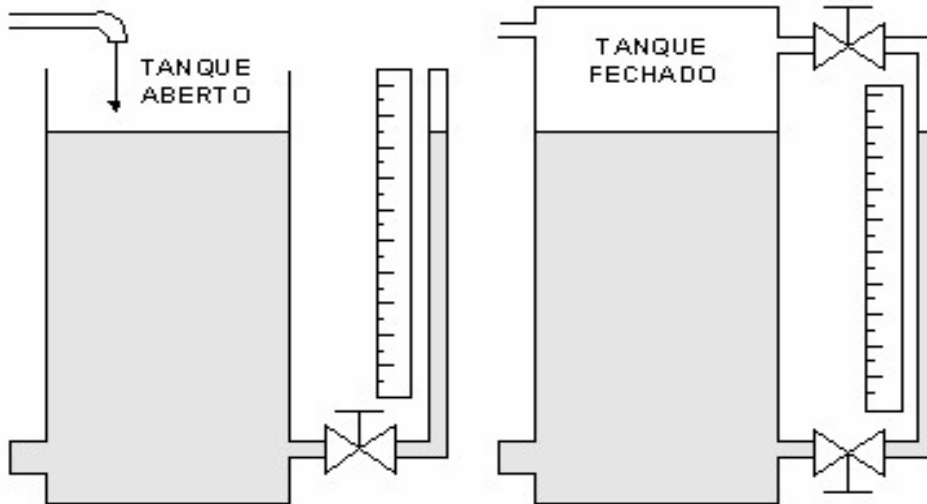
Medidor de sonda: consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el estanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza generalmente en estanques de gasolina.

Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. La distancia desde esta superficie hasta la parte superior del estanque representa indirectamente el nivel. Se emplea en estanques de agua a presión atmosférica.

Figura 3. Medidor de nivel manométrico.

Estanque abierto

Estanque cerrado



Juan López, Colegio Pamplona España

Medidor de cinta y plomada; este sistema es parecido a los anteriores, consta de una cinta graduada y un plomo en la punta. Se emplea cuando es difícil que la regla tenga acceso al fondo del estanque.

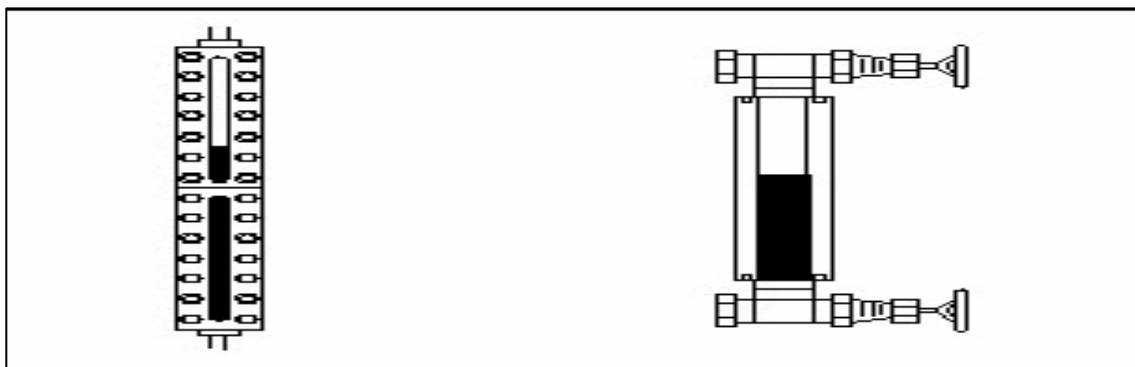
Medidor de cristal; consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al estanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga.

El nivel de cristal normal se emplea para presiones hasta 7 bar. A presiones más elevadas el cristal es grueso, de sección rectangular y está protegido por una armadura metálica.

**Figura 4. Medidor de cristal y cristal normal**

Cristal con armadura

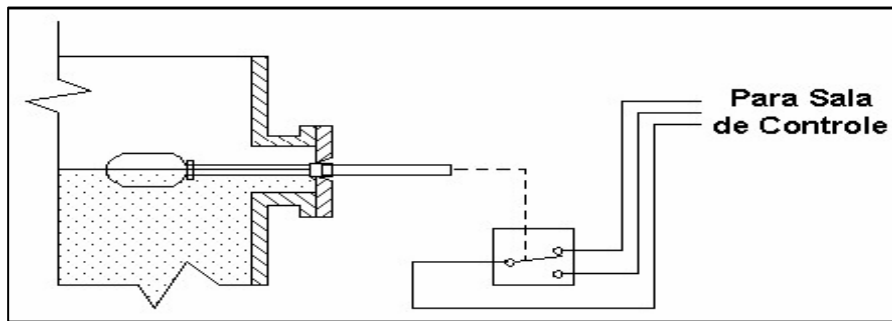
Cristal normal



Juan López, Colegio Pamplona España

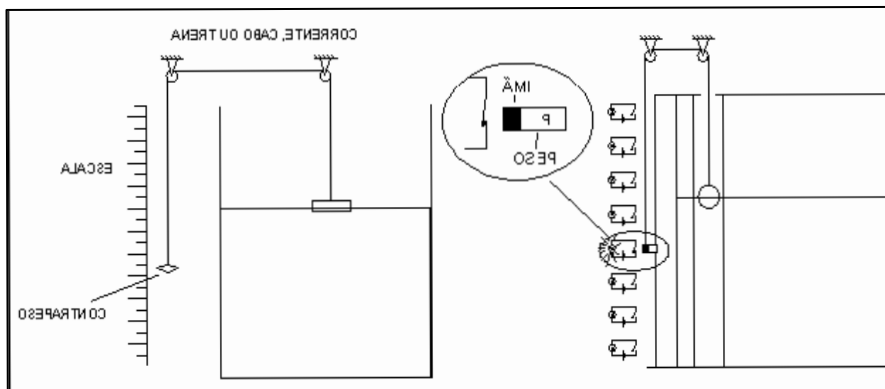
Medidor de flotador; consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido y conectado al exterior del estanque indicando directamente el nivel sobre una escala graduada. Es el modelo más antiguo y el más utilizado en estanques de gran capacidad tales como los de petróleo y gasolina. Tiene el inconveniente de que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse, además el flotador debe mantenerse limpio.

**Figura 5. Medidor de flotador**



Juan López, Colegio Pamplona España

**Figura 6. Medidor de flotador**



Juan López, Colegio Pamplona España

Hay que señalar que en estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y estar formados por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido.

Los instrumentos de flotador tienen una precisión de 0,5 %. Son adecuados en la medida de niveles en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, y son independientes del peso específico del líquido. Por otro lado, el flotador puede agarrotarse en el tubo guía por un eventual depósito de los sólidos o cristales que el líquido pueda contener y además los tubos guía muy largos pueden dañarse ante olas bruscas en la superficie del líquido o ante la caída violenta del líquido en el estanque.

Medidor manométrico; consiste en un manómetro conectado directamente a la inferior del estanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido  $h$  que existe entre el nivel del estanque y el eje del instrumento. Así pues, el rango de medida del instrumento corresponderá a:

$$0 - (h \cdot \rho \cdot g)$$

$h =$  altura de líquido en m

$\rho =$  densidad del líquido en  $\text{Kg/m}^3$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Como las alturas son limitadas, el rango de medida es bastante pequeño, de modo que el manómetro utilizado tiene un elemento de medida del tipo fuelle.

El instrumento sólo sirve para fluidos limpios ya que si el líquido es corrosivo, coagula o bien tiene sólidos en suspensión, el fuelle puede destruirse o bien bloquearse perdiendo su elasticidad; por otra parte, como el rango de medida es pequeño no es posible utilizar sellos de diafragma. La medida está limitada a estanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

Medidor de membrana; utiliza una membrana conectada con un tubo estanco al instrumento receptor.

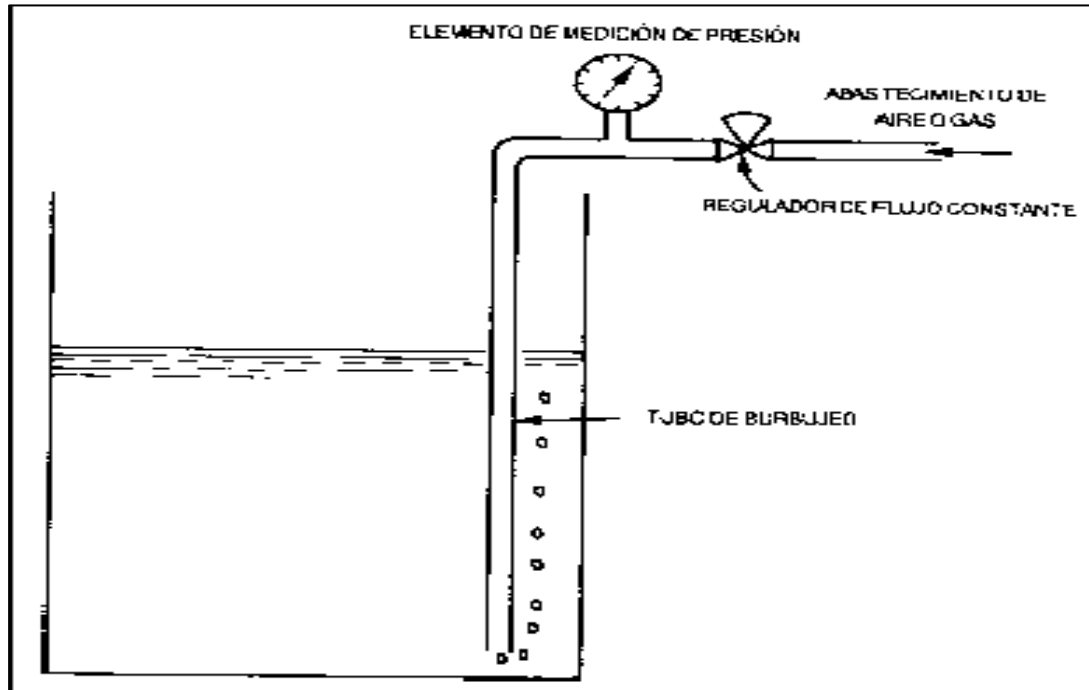
La fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido. El instrumento es delicado ya que cualquier pequeña fuga del aire contenido en el diafragma destruiría la calibración del instrumento.

Medidor de tipo burbujeo; mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido.

Este sistema es muy ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos con materiales en suspensión (el fluido no penetra en el medidor, ni en la tubería de conexión).



Figura 7. Medidor tipo burbujeo



Juan López, Colegio Pamplona España

Medidor de presión diferencial; consiste en un diafragma en contacto con el líquido del estanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del estanque. En un estanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico, es decir:  $P = h \rho g$  en la que:

$P$  = presión

$h$  = altura del líquido sobre el instrumento

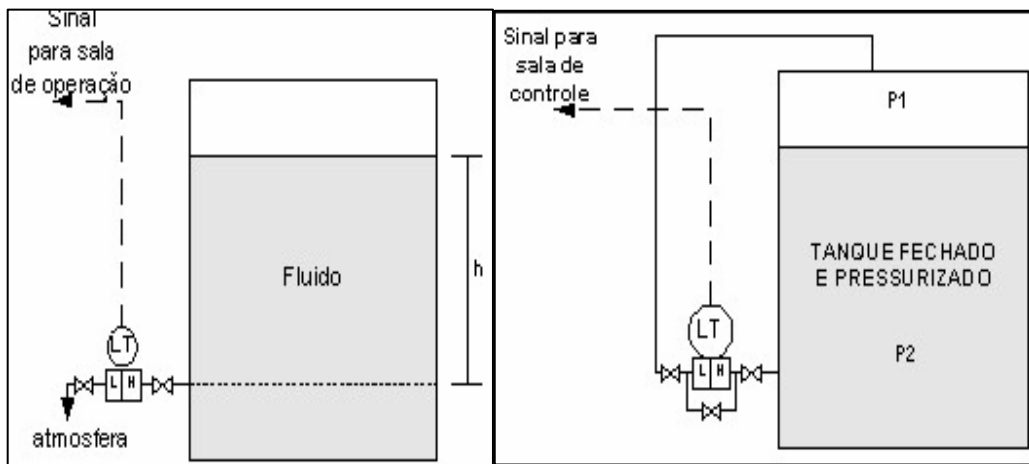
$\rho$  = densidad del líquido

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

El diafragma forma parte de un transmisor neumático, electrónico o digital de presión diferencial.

En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado en un flange que se monta rasante al estanque para permitir si dificultades la medida de nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma enrase completamente con las paredes interiores del estanque tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en que no puede admitirse ningún recodo.

**Figura 8. Medidor de presión diferencial**



Juan López, Colegio Pamplona España

La precisión de los instrumentos de presión diferencial es de  $\pm 0,5\%$  en los neumáticos,  $\pm 0,2\%$  a  $\pm 0,3\%$  en los electrónicos, y de  $\pm 0,15\%$  en los “inteligentes” con señales de salida de 4-20 mA c.c.

Hay que señalar que el material del diafragma debe ser el adecuado para resistir la corrosión del fluido (existen materiales de acero inoxidable 316, monel, tantalio, hastelloy B, inoxidable recubierto de teflón).

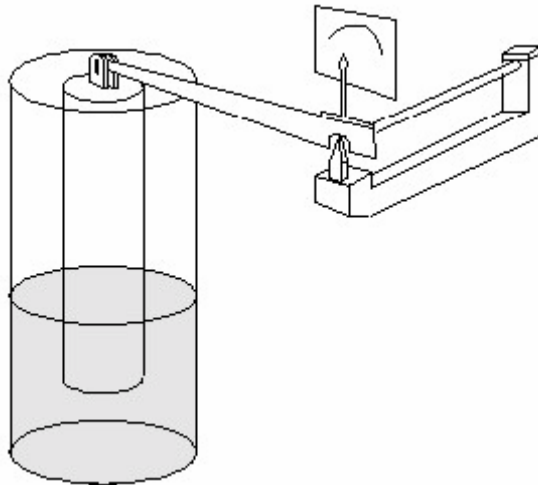
Medidor de nivel de tipo desplazamiento; consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al estanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al estanque.

El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada. Al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por el contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.

La precisión es del orden de  $\pm 0,5\%$  a  $\pm 1\%$  y el intervalo de medida puede variar de 0-300 a 0-2000 mm c. de a.

El instrumento puede utilizarse en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, tiene una buena sensibilidad pero presenta el inconveniente del riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que afectan a la precisión de la medida y es apto sólo para la medida de pequeñas diferencias de nivel (2000 mm máximo estándar).

**Figura 9. Medidor de nivel tipo desplazamiento**



Juan López, Colegio Pamplona España

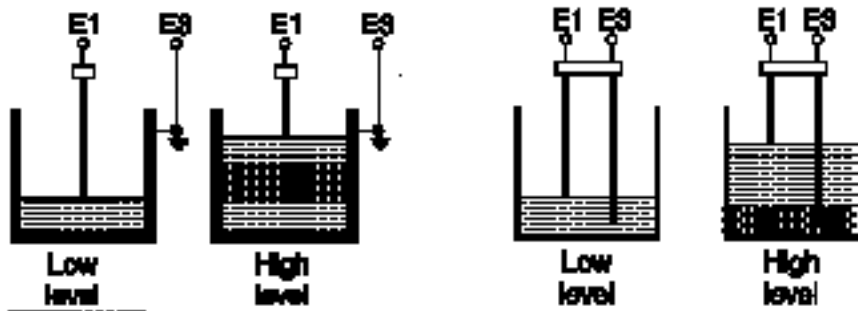
El medidor de nivel conductivo o resistivo; consiste en uno o varios electrodos y un releé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor. La impedancia mínima es del orden de los 20 M $\Omega$ /cm, y la tensión de alimentación es alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causa del fenómeno de la electrólisis. Cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito electrónico y circula una corriente segura del orden de los 2 mA; el releé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.

El instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto y bajo, utiliza releés eléctricos para líquidos con buena conductividad y releés electrónicos para líquidos con baja conductividad.

Montado en grupos verticales de 24 o más electrodos, puede complementar los típicos niveles de vidrio de las calderas, y se presta a la transmisión del nivel a la sala de control y a la adición de las alarmas correspondientes.

El instrumento es versátil, sin partes móviles, su campo de medida es grande con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el estanque debe tener un mínimo de conductividad y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar la deterioración del producto. Por otro lado, conviene que la sensibilidad del aparato sea ajustable para detectar la presencia de espuma en caso necesario.

**Figura 10. Medidor de nivel conductivo o resistivo**



Juan López, Colegio Pamplona España

Medidor de nivel capacitivo; mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del estanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

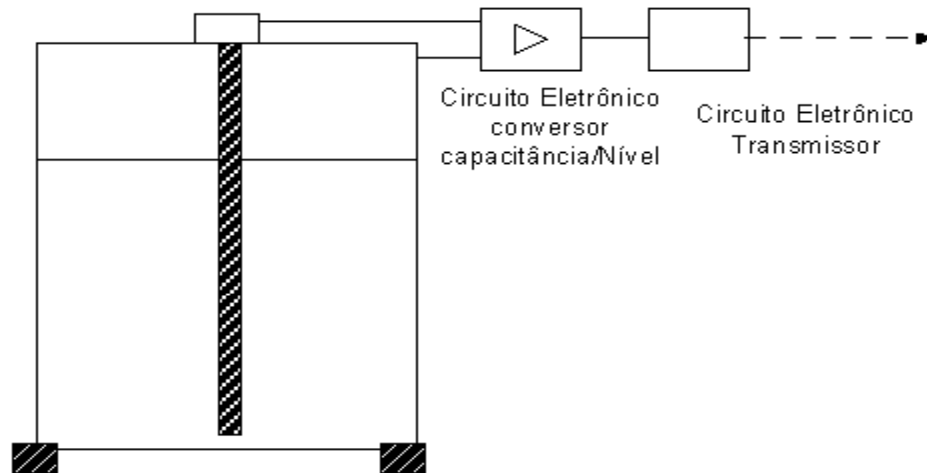
En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

La precisión de los transductores de capacidad es de 0.1 %.

Se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan una buena resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Su campo de medida es prácticamente ilimitado. Tiene el inconveniente de que la temperatura puede afectar las constantes dieléctricas (0,1 % de aumento de la constante dieléctrica / °C) y de que los posibles contaminantes contenidos en el líquido puedan adherirse al electrodo variando su capacidad y falseando la lectura, en particular en el caso de líquidos conductores.

**Figura 11. Medidor de nivel capacitivo**



Juan López, Colegio Pamplona España

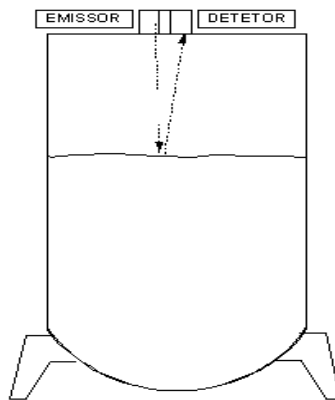
Medidor de nivel ultrasónico; se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del estanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

La precisión de estos instrumentos es de  $\pm 1$  a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de estanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización de la computadora permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, con lo cual se mejora la precisión de la medida.

**Figura 12. Medidor de nivel ultrasónico**



Juan López, Colegio Pamplona España

El sistema de medición de nivel radiactivo: consiste en un emisor de rayos gamma montado verticalmente en un lado del estanque y con un contador que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el estanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

Los rayos emitidos por la fuente son similares a los rayos X, pero de longitud de onda más corta.



La fuente radiactiva pierde igualmente su radiactividad en función exponencial del tiempo. La vida media (es decir, el tiempo necesario para que el emisor pierda la mitad de su actividad) varía según la fuente empleada. En el cobalto 60 es de 5,5 años y en el cesio 137 es de 33 años y en el americio 241 es de 458 años.

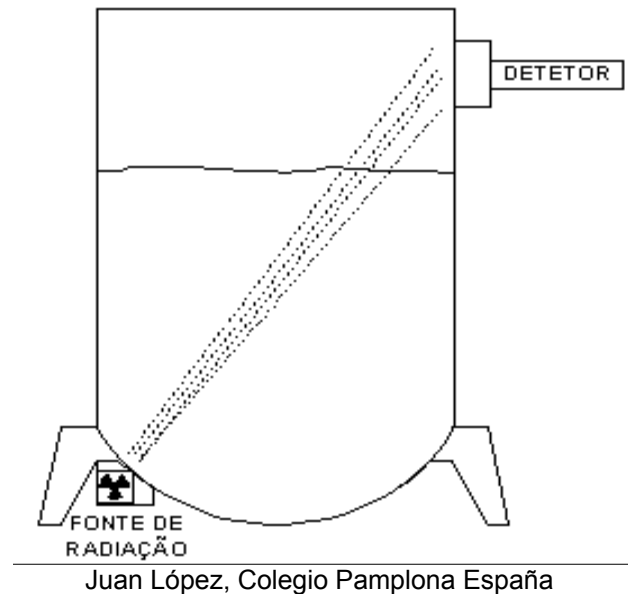
Las paredes del estanque absorben parte de la radiación y al detector llega sólo un pequeño porcentaje. Los detectores son, en general, detectores de cámara iónica y utilizan amplificadores de c.c. o de c.a. El instrumento dispone de compensación de temperatura, de linealización de la señal de salida, y de reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación. Como desventajas en su aplicación figuran el blindaje de la fuente y el cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación.

La precisión en la medida es de  $\pm 0,5$  a  $\pm 2$  %, y el instrumento puede emplearse para todo tipo de líquidos ya que no está en contacto con el proceso.

Su lectura viene influida por el aire o los gases disueltos en el líquido.

El sistema se emplea en caso de medida de nivel en estanques de acceso difícil o peligroso. Es ventajoso cuando existen presiones elevadas en el interior del estanque que impiden el empleo de otros sistemas de medición. Hay que señalar que el sistema es caro y que la instalación no debe ofrecer peligro alguno de contaminación radiactiva siendo necesario señalar debidamente las áreas donde están instalados los instrumentos y realizar inspecciones periódicas de seguridad.

**Figura 13. Medidor de nivel radioactivo**



Medidor de nivel Láser; se utiliza en aplicaciones donde las condiciones son muy duras, y donde los instrumentos de nivel convencionales fallan; tal es el caso de la medición de metal fundido, donde la medida del nivel debe realizarse sin contacto con el líquido y a la mayor distancia posible por existir unas condiciones de calor extremas. El sistema consiste en un rayo láser enviado a través de un tubo de acero y dirigido por reflexión en un espejo sobre la superficie del metal fundido. El aparato mide el tiempo que transcurre entre el impulso emitido y el impulso de retorno que es registrado en un foto detector de alta resolución, y este tiempo es directamente proporcional a la distancia del aparato emisor a la distancia a la superficie del metal en fusión, es decir, da la lectura del nivel.

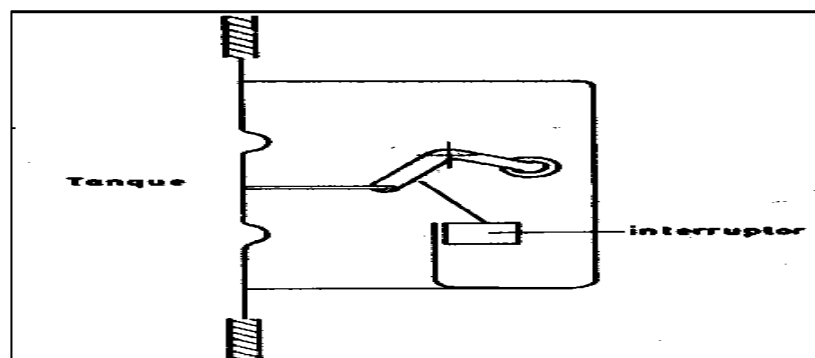
### Medidores de nivel de sólidos

En los procesos continuos, la industria ha ido exigiendo el desarrollo de instrumentos capaces de medir el nivel de sólidos en puntos fijos o de forma continua, en particular en los estanques destinados a contener materias primas o productos finales.

Medidor de diafragma, consiste en una membrana flexible que puede entrar en contacto con el producto dentro del estanque y que contiene en su interior un conjunto de palancas con contrapeso que se apoyan sobre un interruptor. Cuando el nivel del sólido alcanza el diafragma lo fuerza venciendo el contrapeso y actuando sobre el interruptor; éste que puede ser mecánico o de mercurio y puede accionar una alarma.

El material del diafragma puede ser de tela, goma, neopreno o fibra de vidrio. Este sensor tiene la ventaja de ser de bajo costo, con una precisión de  $\pm 50$  mm.

**Figura 14. Medidor de diafragma**



Juan López, Colegio Pamplona España

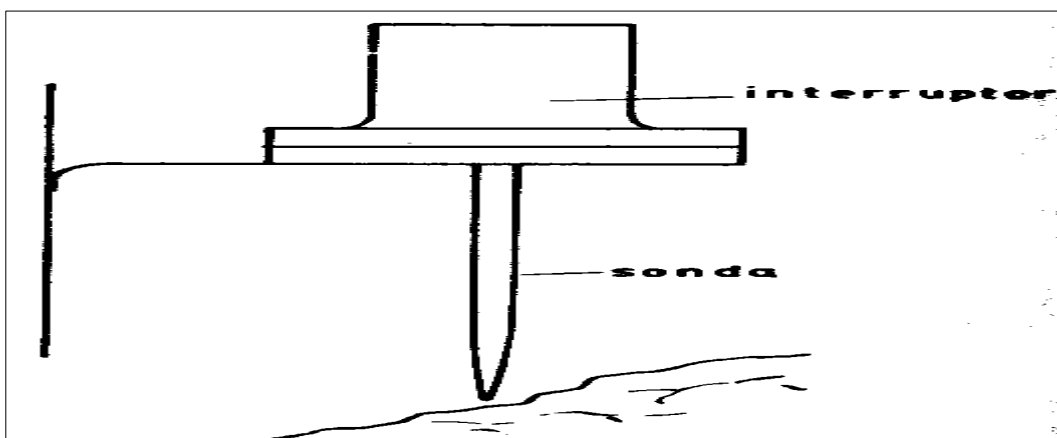
Varilla flexible, consiste en una varilla de acero conectada a un diafragma de latón donde está contenido un interruptor. Cuando los sólidos presionan, aunque sólo sea ligeramente en la varilla, el interruptor se cierra y actúa sobre una alarma.

El conjunto de la unidad está sellada herméticamente, el cual se puede construir a prueba de explosión.

El aparato se emplea como alarma de alto nivel estando dispuesto en la parte superior del estanque. Para impedir que la simple caída del producto pueda causar una alarma infundada, incorpora un relé de retardo.

El instrumento se emplea en estanques abiertos como alarmas de nivel alto, tiene una precisión de  $\pm 25$  mm, se utiliza para materiales tales como carbón y puede trabajar hasta temperaturas máximas de 300 °C.

**Figura 15. Varilla Flexible**



Juan López, Colegio Pamplona España

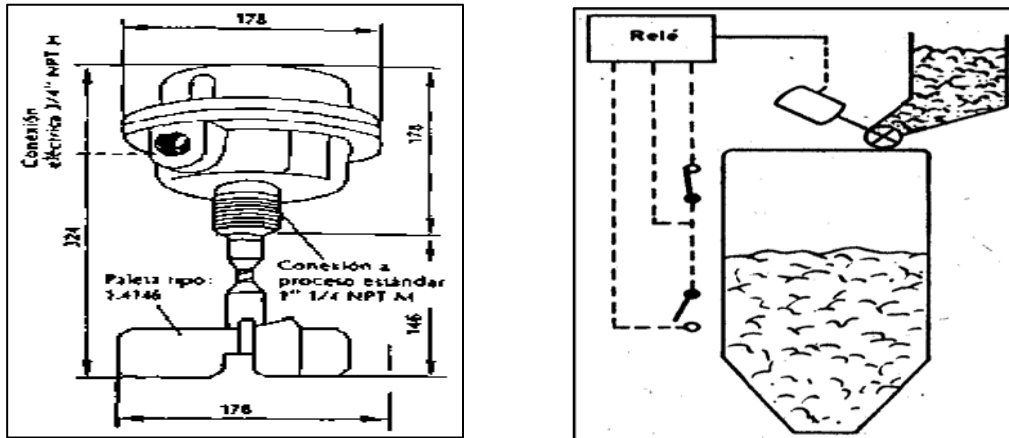
Paletas rotativas, consiste en un eje vertical, dotado de paletas, que giran continuamente a baja velocidad accionado por un motor. Cuando el producto sólido llega hasta las paletas, las inmoviliza, con lo que el soporte del motor y la caja de engranajes empiezan a girar en sentido contrario.

En su giro, el soporte del motor actúa consecutivamente sobre dos interruptores, el primero excita el equipo de protección (por ejemplo, una alarma) y el segundo desconecta la alimentación eléctrica del motor con lo cual éste queda bloqueado. Cuando el producto baja de nivel y deja las palas al descubierto, un resorte vuelve el motor a su posición inicial liberando los dos interruptores.

De este modo, el motor se excita con lo que las palas vuelven a girar, y la alarma queda desconectada.

Estos instrumentos tienen una precisión de unos 25 mm y se emplean preferentemente como detectores de nivel de materiales granulares y carbón. Pueden trabajar con materiales de muy diversa densidad y existen modelos a prueba de explosión.

Figura 16. Medidor de paletas

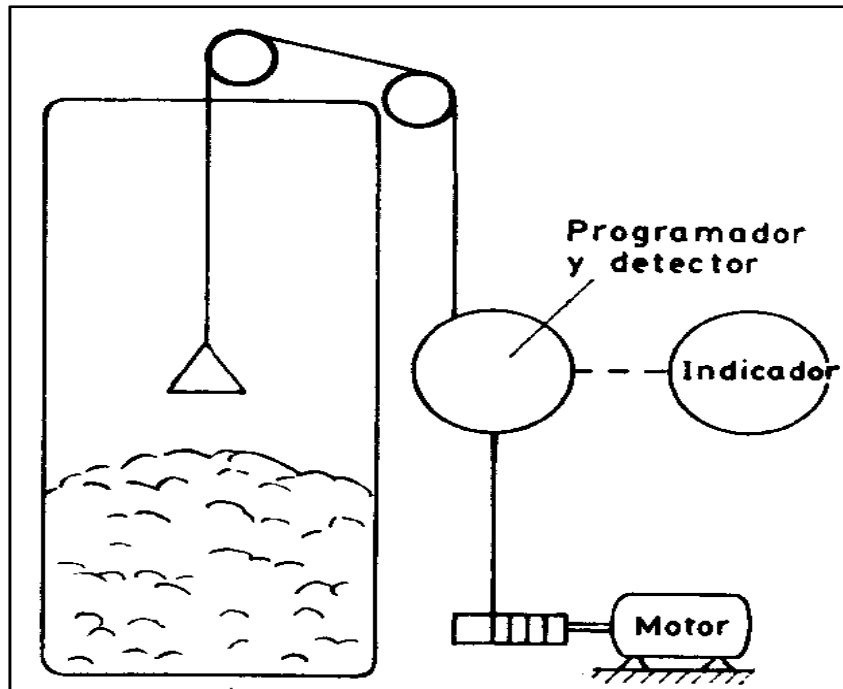


Juan López, Colegio Pamplona España

Medidor de nivel de sondeo electromecánico o de peso, consiste en un pequeño peso móvil sostenido por un cable desde la parte superior del silo mediante poleas. Éste baja suavemente en el interior de la tolva hasta que choca contra el lecho de sólidos. En este instante, el cable se afloja, y un detector adecuado invierte el sentido del movimiento del peso con lo que éste asciende hasta la parte superior de la tolva, donde se para, repitiéndose el ciclo nuevamente.

Un indicador exterior señala el punto donde el peso ha invertido su movimiento indicando así el nivel en aquel momento. El instrumento se caracteriza por su sencillez, puede emplearse en el control de nivel, pero debe ser muy robusto mecánicamente para evitar una posible rotura del conjunto dentro de la tolva lo que podría dar lugar a la posible rotura de los mecanismos de vaciado.

**Figura 17. Medidor sondeo electromagnético**



Juan López, Colegio Pamplona España

### **1.4.3 Válvula de vacío y presión**

Son válvulas que suministran presión o la eliminan adecuadamente para el funcionamiento del equipo.

La válvula vacío presión como su nombre lo indica tiene dos funciones, la primera función que tiene es dejar introducir el aire por medio de diafragma el cual tiende a bajar cuando el producto esta saliendo para que al silo no se le forme cintura.

La segunda es expulsar el aire cuando este supere la capacidad que tiene ya que el silo con una presión de dos libras por pulgada cuadrada que tenga haría desarmar el silo.

### **1.4.4 Filtro colector de polvo**

El polvo es el producto de la contaminación. El polvo puede causar problemas de salud serios tales como asma, picar y alergias del polvo. Un nuevo método a limpiar para arriba se ha introducido llamó el sistema que controlaba del polvo. Se llegan a ser muy populares los colectores de polvo mientras que ofrece una variedad de limpieza.

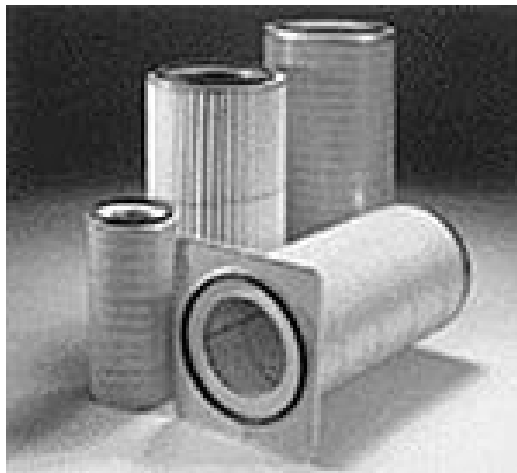


La mayoría de los colectores de polvo tipos de uso general son separadores de inercia, arandelas y depuradores del aire, colectores del baghouse, colectores de polvo del cartucho, y precipitadores electrostáticos.

Si necesitamos saber la importancia de los colectores de polvo entonces necesitamos saber trabajan. Toman el aire sucio, filtran hacia fuera el polvo, y después dan hacia fuera el aire limpio. El uso de filtros en colectores de polvo es porque tiene que atraer partículas de polvo y permitir que el aire nuevamente libre de polvo pase a través. El aire filtrado entonces se lanza en la atmósfera que alternadamente admitimos. Cada uno tiene sus propios métodos para purificar el aire, pero la meta es igual.

**Figura 18. Cartucho colector de polvo**

Empresa Infinito



### **1.4.5 Compuertas**

Las compuertas para tubería también llamada válvulas, se accionan por medios mecánicos o por pistones hidráulicos. La compuerta se abre para permitir el paso del producto o cerrarlo.

Es un dispositivo hidráulico - mecánico destinado a regular el pasaje de agua u otro fluido en una tubería, en un canal, presas, esclusas, obras de derivación u otra estructura hidráulica.

### **1.4.6 Tablero de control**

El tablero no es más que donde se colocan los accesorios para tener el control de todo lo que se va a manejar en una determinada estación.

### **1.4.7 Cilindro diferencial**

Los cuales son vástagos de embolo de cilindros de doble acción son extensibles. Así pueden representarse las posiciones básicas y de trabajo y el accionamiento de los detectores del final de una carrera.

Este su función primordial es abrir o cerrar algún objeto con una fuerza neumática.

### **1.4.8 Sistemas de fluidificación**

La regla básica para la conservación de granos almacenados es ingresar al granel grano seco, sano, limpio y frío.

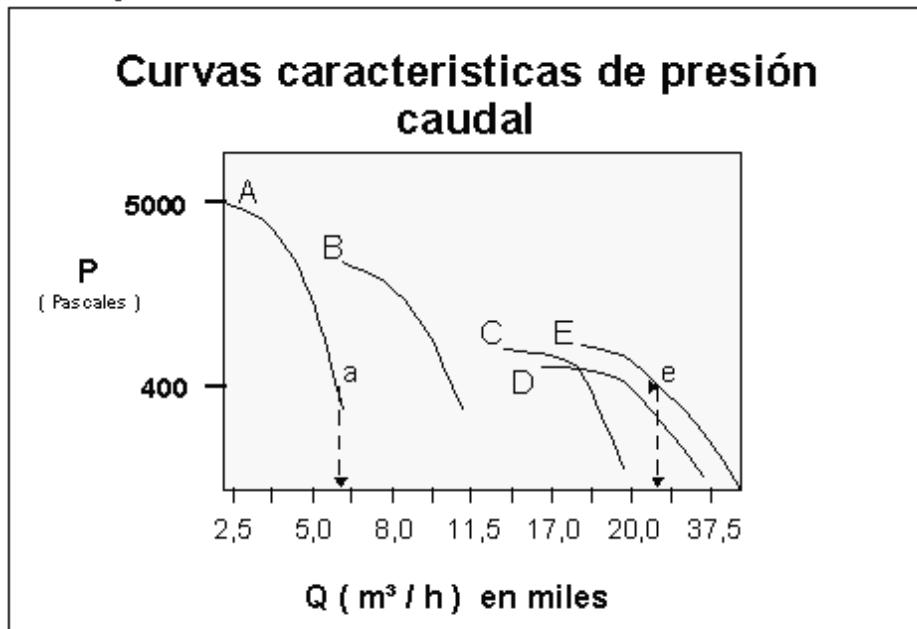
El movimiento del aire a través del grano se denomina flujo. Este flujo se puede caracterizar a través de dos parámetros que son caudal (Q) y presión (P).

La temperatura y la humedad actúan como catalizadores de los procesos metabólicos aumentando la tasa de respiración de los granos y por ende las pérdidas de materia seca. A mayor temperatura y humedad, mayor riesgo en la conservación de los granos, y a su vez un grano que no está sano y limpio es más propenso a ser atacado por hongos e insectos.

La técnica de aireación se basa en utilizar al aire como un fluido que intercambia energía, en forma de calor o de agua, con los granos. Si las condiciones del aire en cuanto a temperatura y humedad son adecuadas, se puede utilizar el flujo del aire para enfriar los granos y en algunos casos para extraer humedad, disminuyendo su actividad metabólica (menos pérdidas de materia seca por respiración) y controlando, de manera indirecta a través de la disminución de la temperatura y humedad, el desarrollo de hongos e insectos.

Se puede utilizar la aireación para enfriar y mantener frío grano seco durante el almacenamiento, almacenar grano húmedo hasta que pueda ser secado o inclusive para secar grano, ya sea con el sistema de seca aireación o en secado con aire natural, pero se debe tener en cuenta que los sistemas son diferentes en cuanto características y requerimientos según cada caso.

Figura 19. Curva característica de presión-caudal de ventiladores de igual potencia y diferentes diseños



(Lasseran J.C., 1981).

Diseño del sistema: las características aerodinámicas del sistema son probablemente el factor más importante, ya que no pueden ser fácilmente modificadas, además generalmente ello resulta muy costoso.

Las pérdidas de carga se producen a lo largo de todo el sistema de aireación, disminuyendo la energía del aire con la dirección del flujo. Estas pérdidas de energía pueden deberse a fricciones y turbulencias. Las pérdidas de fricción se producen por el rozamiento contra la superficie de los tubos, en cambio las debidas a turbulencias son causadas por la variación de la sección de los conductos o por cambios en la dirección de los flujos.

Debido a ello se deben evitar todas las disminuciones y cambios bruscos de sección que sean innecesarios.

La velocidad del aire dentro de los conductos es la variable que más influye en las pérdidas de carga, por lo que puede establecerse algunas recomendaciones acerca de la velocidad máxima que debería respetarse para que las pérdidas se mantengan en valores aceptables (tabla 3). A partir de estos valores de velocidades máximas, y conociendo el caudal de aire que se requiere, se pueden realizar los cálculos de las secciones mínimas del sistema de aireación ya que:

$$Q = A \times v \text{ -----} \rightarrow A = Q / v$$

Donde **Q** = caudal, **A** = área y **v** = velocidad.

Tabla I. Velocidades máximas (m/s) recomendadas

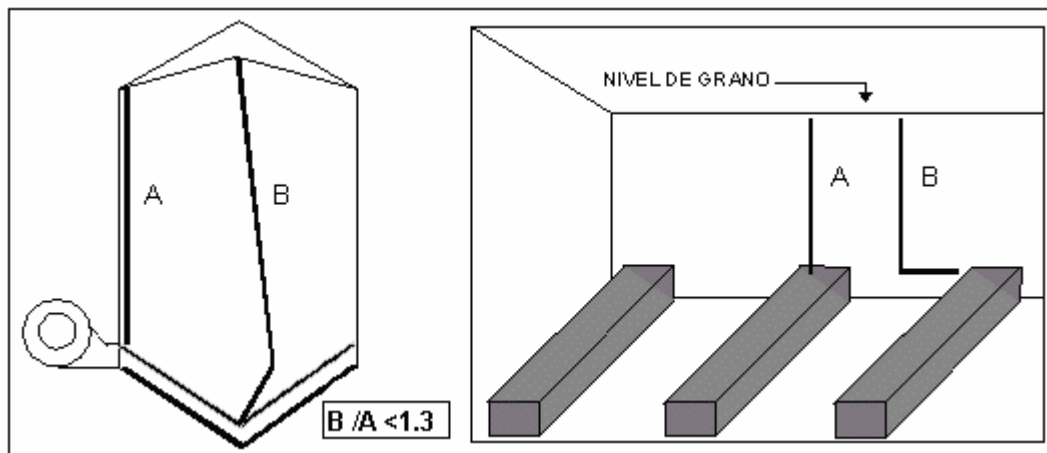
<b>Lugar</b>	<b>Velocidad máxima</b>
Salida del difusor del ventilador	10 m/s
Conducto principal	8 m/s
Sistema de distribución	4 m/s
Pasaje del aire desde los conductos al grano	0,25-0,50 m/s

. (Lasseran J.C., 1981).

En general los diseños de los conductos de distribución se basan en tres reglas:

1. La velocidad del aire en el conducto principal y en los laterales no debe ser mayor que 8 m/s y 4 m/s respectivamente.
2. La relación entre la superficie abierta y la superficie total del piso debe ser 0,25 o mayor. Se considera superficie abierta a la superficie de los conductos que poseen 10% o más de área perforada, debido a que no ofrecen resistencia al pasaje del aire desde los conductos a la masa de granos.
3. La distancia entre conductos adyacentes no debe ser mayor que la mitad de la profundidad del granel.

Figura 20. Relación entre distancias menores y mayores de recorrido del aire en una celda



(Lasseran J.C., 1981).

## **1.5 Ensayo de suelo**

Los ensayos de suelo tienen como propósito identificar (o clasificar) el material, determinándole ciertas propiedades físicas y estableciendo criterios de control de calidad.

### **1.5.1 Densidad aparente**

Una vez establecidos, para el suelo que se va utilizar en un sitio determinado, los criterios de compactación, generalmente con limitaciones de humedad y densidad es necesario utilizar un método para determinar resultados.

El equipo a utilizar para este método son:

Aparato de cono de arena.

Herramienta para excavar.

Latas con tapa hermético (4000 ml (1 galón)).

Arena de Ottawa.

Este método comienza con la excavación de forma irregular pero pequeña (un hueco) hecho sobre la superficie del suelo, y con esto se obtiene el peso del suelo húmedo.



Si es posible determinar el volumen de dicho hueco que casi siempre se hace llenando el hueco con la arena al ras y después se saca se mete a un cilindro con su respectiva medida. La densidad húmeda del suelo se calcula simplemente como:

$$\text{Densidad húmedo} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del hueco}}$$

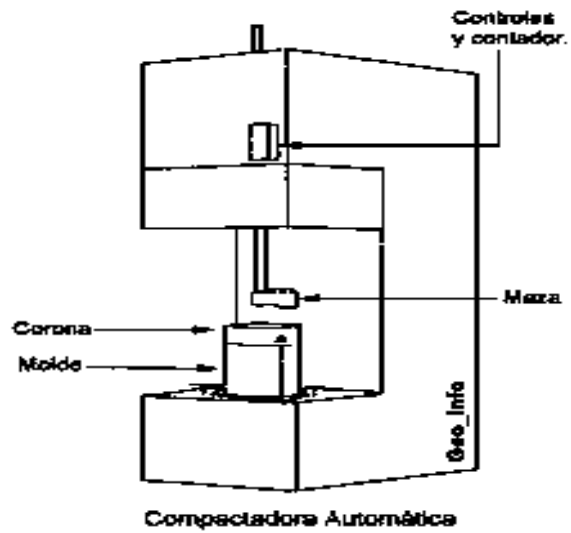
Con esto se llega a tener un conocimiento si el suelo contiene demasiada o poca humedad y poder calcular que tipo de cimentación se requiere.

### **1.5.2 Ensayo de Proctor**

El ensayo Proctor (Proctor en honor a quien lo desarrolló) es un ensayo de compactación de suelo que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de compactación de un suelo para una determinada energía de compactación. La humedad óptima de compactación es aquella humedad (%de agua) para la cual la densidad del suelo es máxima, es decir que cantidad de agua le hemos de añadir a un suelo para poderlo compactar la máximo con una energía concreta. Para encontrar este parámetro lo que hacemos es realizar 4 ensayos con un mismo suelo (uno por saco de muestra preparada) pero con diferentes humedades de forma que después de haber realizado las compactaciones obtendremos 4 densidades de este suelo para 4 humedades diferentes, no obstante estas no son las humedades óptimas, pero si que podemos usarlas para obtener la humedad óptima mediante interpolación.

Es decir que situando los 4 valores obtenidos en una gráfica Densidad respecto %Agua obtendremos 4 puntos que nos permitirán trazar una curva, de manera que el punto más alto de la curva será el de mayor densidad y por tanto el de la humedad óptima.

**Figura 21. Aparato de ensayos de Proctor**



Frederick Hanfer Mecánica de Suelos. Pág.12

### 1.5.3 Ensayo CBR

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento. El hecho de sumergir la muestra se debe a que así podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por tanto después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, lo penetramos con un pistón el cual va conectado a un pequeño "plotter" que nos genera una gráfica donde se nos representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra.

Esta gráfica suele ser una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo (si el tramo inicial no es recto se corrige). Una vez tenemos la gráfica miramos los valores de la carga que soportaba el suelo cuando el pistón se había hundido 2.5 mm y 5mm y los expresamos en tanto por ciento, tomando como índice CBR el mayor de los porcentajes calculados.

El equipo utilizado para hacer este ensayo es:

Molde de compactación de 15.2 cm de diámetro x 17.8 cm de altura ( o equivalente, con collar).

Disco espaciador de 15.1 cm de diámetro x 6.14 cm de altura (o 5.1 cm de altura si esta disponible).

Martillo de compactación (bien el de 24.5 N o el de 44.5 N, según la designación).

Maquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR (diámetro de 4.953 cm con sección transversal de 19.4 cm<sup>2</sup>) y capaz de penetrar a una tasa de 1.27 mm/min.

Con este ensayo esperamos encontrar el tipo de expansión que tiene el suelo o como se comportara bajo la carga que se le aplique.

### Valor soporte del suelo

Con los ensayos anteriores se llega obtener la capacidad de carga o apoyo de los cimientos es una característica de cada sistema de suelo cimentación. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también sucede que un suelo específico dicha capacidad varia con el tipo, forma, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica presión.

Esta capacidad de carga se expresa de distinta forma según tipo de cimentación que se este utilizando (superficial o profunda).

**V.S.= VALOR SOPORTE**

## **2. ENTORNO AL PROYECTO (FASE DE INVESTIGACIÓN)**

### **2.1 Descripción de la Empresa Infinito**

La empresa Infinito se define como una industria con una identidad integrada por el capital y trabajo como factores de producción, dedicada a la prestación de servicios industriales.

Es la representación para Guatemala de la empresa mexicana Silos y Camiones Sociedad Anónima (SYCSA).

Su prioridad es el almacenaje de productos a granel para dar un servicio de calidad y una solución completa a sus necesidades de almacenamientos.

### **2.2 Información disponible**

Un sistema propuesto va más allá de un montaje tradicional. Los métodos propuestos para un sistema tradicional, pueden ser utilizados para otro tipo de operación, como el mejoramiento de su montaje.

Todo enfocado a un desarrollo adecuado de ejecución para instruir a un personal responsable y hacer un trabajo de Calidad.

Métodos empíricos para el montaje se un silo atornillado y la experiencia de un personal lo cual nos llevara hacer un trabajo adecuado.

### **2.3 Metodología**

Se utilizara el método sistematizado, por lo tanto, el análisis y utilización de nuevos métodos y técnicas, en la creación de los procedimientos correctos de montaje e inspección que buscan mejorar la condición de operación en el montaje en los silos atornillados de almacenamiento, los métodos a utilizar serán:

- La reflexión sobre experiencias de compañeros de trabajo y propias, en cuanto a las tareas de montaje en silos atornillados de almacenamiento de productos a granel.
- Se reflexionara sobre diferentes situaciones ocurridas en varias actividades, pero principalmente enfocándose en el caso particular de montaje que es el objeto de estudio en este proceso.
- Investigación bibliografica.

Para la recolección de información necesaria se consultaran medios escritos como:

- a. Manuales de silos atornillados y mediciones.
  - b. Libros de texto relacionados con montajes de silos atornillados y operaciones.
  - c. Publicaciones alusivas al tema.
  - d. Trabajos de investigación.
- Análisis de situaciones y procedimientos.

Se analizaran formas de trabajo y sus necesidades para implementar criterios que nos lleven a un proceso uniforme de montaje e implementar un montaje adecuado.

- Interpretación

Como resultado de un sistema, se buscara demostrar la cantidad de beneficios que se consiguen con la aplicación de un buen método y técnica, se propondrán lineamientos o recomendaciones a tener en cuenta durante los procesos de supervisión y en los montajes de silos atornillados.

## **2.4 Desarrollo de montajes de silos atornillados de la Empresa Infinito**

### **2.4.1 Normas de seguridad y equipo de protección**

#### Normas de seguridad

1. Un equipo de protección individual debe adecuarse a las disposiciones comunitarias sobre diseño y construcción en materia de seguridad y de salud que lo afecten. En cualquier caso, un equipo de protección individual deberá:

- a) ser adecuado a los riesgos de los que haya que protegerse, sin suponer de por sí un riesgo adicional;
- b) responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo;
- c) tener en cuenta las exigencias ergonómicas y de salud del trabajador;
- d) adecuarse al portador, tras los necesarios ajustes.

2. En caso de riesgos múltiples que exijan que se lleven simultáneamente varios equipos de protección individual, dichos equipos deberán ser compatibles y mantener su eficacia en relación con el riesgo o los riesgos correspondientes.

3. Las condiciones en las que un equipo de protección individual deba utilizarse, en particular por lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de la gravedad del riesgo, de la frecuencia de la exposición al riesgo y de las características del puesto de trabajo de cada trabajador, así como de las prestaciones del equipo de protección individual.

4. Los equipos de protección individual estarán destinados, en principio, a un uso personal.

Si las circunstancias exigen la utilización de un equipo individual por varias personas, deberán tomarse medidas apropiadas para que dicha utilización no cause ningún problema de salud o de higiene a los diferentes usuarios.



5. La información pertinente sobre cada equipo de protección individual que sea necesaria para la aplicación de los apartados 1 y 2 deberá facilitarse y estar disponible en las empresas y/o los establecimientos.

6. Los equipos de protección individual deberán ser proporcionados gratuitamente por el empresario, quien asegurará su buen funcionamiento y su estado higiénico satisfactorio por medio del mantenimiento, los arreglos y las sustituciones necesarios.

### Equipo de protección

Protección para oídos, las orejeras se enganchan a la cabeza y cubren ambos oídos, los tapones son individuales pero dan menos protección.

**Figura 22. Equipo de protección**



Equipos y Protección S.A.

Protección de ojos, lo más común en utilizar son anteojos de varios tipos para uso industrial como lentes para soldadores.



Protección para el sistema respiratorio filtros: el más sencillo, un pañuelo sobre la boca y nariz o mascarilla, mascara antipartículas que evita la polución.



Protección para manos de los cuales tenemos los que usan para soldador también para evitar peligros mecánicos o los pinchos cortantes



Botas de protección con la punta de acero para proteger de objetos que caigan, o con suela especial para evitar pinchazos.

Ropa de alta visibilidad la que se usa en escalada y en construcción para evitar caídas: arnés, cintas, mosquetón, cuerda, y otros.



#### **2.4.2 Calidad de trabajo realizado**

Todo esto se califica con respecto al personal de trabajo que se tiene si es experto en el ramo o solo tiene un poco de conocimiento del trabajo.

Esto tiene cuatro aspectos importantes que son: estética, limpieza, tiempo de trabajo para realizarlo y optimización de recursos.

### **2.4.3 Tiempo de ejecución de proyecto y costo**

En el manejo de cualquier proyecto hay dos cosas importantes a las cuales son de suma importancia como el tiempo y el costo.

El tiempo con que se realice el proyecto entre mas rápido posiblemente su costo vaya a hacer menor debido a que se ahorra en mano de obra que a veces es lo mas costoso de una ejecución de proyecto.

### **3. PASOS DE MONTAJE (FASE TÉCNICO PROFESIONAL)**

#### **3.1 Diseño de un silo**

Para comenzar a diseñar un silo debe de contemplarse algunos aspectos tan simples donde se ubicara, clima, si el terreno es sísmico, el viento es constante o no y todo esto es para ver que tipo de silo necesita.

##### **3.1.1 Según material**

Esta información nos sirve como principio del diseño del silo si el material a utilizar es acero inoxidable, acero al carbón, aluminio para evitar cualquier contaminación en el producto por algún tipo de corrosión que se de en el silo.

Todo esto no lleva a diferentes características como porcentaje debe mantener, recubrimientos, y aislante de temperatura si es necesario.

### **3.1.2 Angulo del material**

Este su principio es para diseñar el cono debido que con el se busca el ángulo que tiene el producto almacenar y la forma de averiguarlo es el siguiente: en un tablero plano se deja caer un poco de material haciendo un tipo de volcán el cual en un momento comienza a resbalarse entonces ahí se mide el ángulo que tiene para que caiga por gravedad.

### **3.1.3 Diseño del cono**

Este depende del ángulo de reposos del material el cual por lo regular varia de 45° a 60° en los productos a granel.

### **3.1.4 Tamaño del cilindro según demanda**

Todo esto tiene una dependencia del consumo diario/tiempo de almacenaje, lo cual nos proporciona un dato importante para su diseño, ya que esto da la cantidad de producto que necesita almacenar y utilizar en un día, con esto se saca un aproximado del volumen con lo cual se encuentra la altura necesaria o su diámetro.

$$V=Ah$$

### **3.1.4 Estructura o base**

Esta viene a diseñarse con todos los datos anteriores debido a que ya se sabe tamaño, altura, cantidad de material a almacenar y solo se calcula la carga a soportar.

## **3.2 Cimentación**

La cimentación es una subestructura destinada a soportar el peso de la construcción que gravitara sobre ella, la cual transmitirá sobre el terreno las cargas correspondientes de una forma estable y segura.

### Objetivos de la cimentación

- Limitar el asentamiento total o una pequeña cantidad aceptable
- Eliminar el asentamiento diferencial hasta donde sea posible.

## Cimiento combinado

Este ocurre cuando dos o más columnas están muy cercanas o se limita el área de una zapata. Esto también al bajo valor del soporte del suelo o grandes cargas que transmitirá la estructura.

### Factores que determinan la cimentación

- Su función.
- Las cargas que debe soportar.
- Las condiciones del subsuelo.
- Costo de la cimentación comparada con la de la estructura.
- 

### **3.2 Cálculo cimentación**

Datos conocidos

$W_u$  = Peso del silo + Peso del Producto

$F'_c$  = Resistencia de compresión del concreto ( $281 \text{ Kg/cm}^2$ )

$F_y$  = Resistencia tensión del acero ( $2800 \text{ Kg/cm}^2$ )

$VS$  = Valor soporte del suelo (este lo da el laboratorio en los ensayos que se hacen)

$Y_s$  = Peso específico del suelo ( $1400 \text{ Kg/m}^3$ )

$Y_c$  = Peso específico del concreto ( $1000 \text{ Kg}$ )

$F.C.U. = \frac{1.4 C.M. + 1.7CV}{CM+CV}$



## Diseño de cimiento corrido:

### Datos:

$f'c = \text{kg/cm}^2$	$rs = 1.4 \text{ T/m}^3$
$f'y = \text{kg/cm}^2$	$rc = 2.4 \text{ T/m}^3$
$Wu = \text{T/m}$	$F.c.u. = 1.49$
$V:S = \text{T/m}^2$	$\text{Rec } 0.75 \text{ cm}$

### 1. Cálculo del área de cimiento

#### 1.1) reduciendo a cargas de trabajo o servicio:

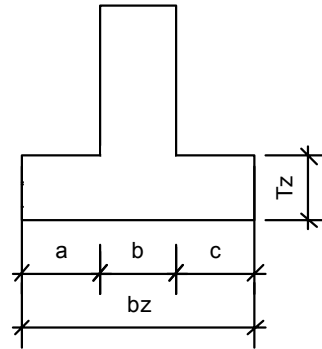
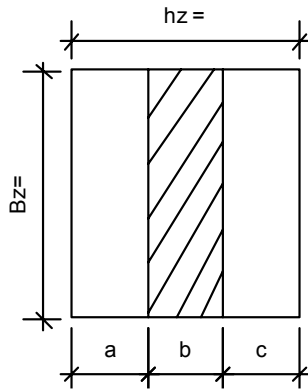
$$W' = Wu / F.C.U = \text{T/m}$$
$$(F.c.u. = 1.4CM + 1.7CV / CM + CV)$$

#### 1.2) Primera estimación del área de la zapata:

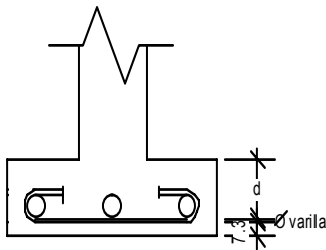
$$Az = (1.50 * W' / V.S.) * Bu = \text{mts}^2 \quad (Bu = bz = \text{m})$$

Cuando el resultado es por ejemplo 0.91 se aproxima a un número mayor en múltiplos de cinco.

Para el diseño del cimiento se tomará como base un ancho unitario ( $Bz = \text{m}$ ), así las dimensiones de la zapata, para que cumpla con la primera estimación del área, son:  **$Bz = \text{m}$** ;  $hz = \text{m}$        $Az$



**\*calculando el espesor mínimo para el cimiento Tz:**



$$T_{min} = 15\text{cm} + \text{Ø varilla} + \text{rec.} = \text{cm}$$

$$\text{Var. 4} = 1.27 \text{ y var. 3} = 0.95$$

**NOTA**

El recubrimiento mínimo del refuerzo de zapatas es de 7.5 cms.

Peralte mínimo de zapatas, arriba del refuerzo superior de 15cms. para zapatas apoyadas sobre terrenos, de 30 cms. para zapatas apoyadas sobre pilotes.

1.3) Presiones sobre el suelo: (Cargas actuantes)  
Pesos acumulados para un ancho unitario ( $Bz=m$ )

$$\begin{aligned} P_{\text{silo}} &= \text{capacidad total del silo} = T & b_z \text{ y } A_z &= m \\ P_{\text{suelo}} &= \text{Desplante} * A_z * r_s = T \\ P_{\text{cimiento}} &= A_z * b_z * r_c = T \\ W &= W' \text{ (carga distribuida)} * b_z = T \text{ (carga puntual)} \\ P_{\text{total}} &= P_{\text{silo}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}} + W' = T \end{aligned}$$

1.4) Presión máxima sobre el suelo

Como solo se tiene una carga puntual aplicada a la zapata (cimiento corrido), la presión máxima aplicada es:

$$q_{\text{max}} = (P_{\text{total}}/A_z) = T/\text{mts}^2$$

Chequeo de  $A_z$ :

$q_{\text{max}} < V.S.$  —→ el área  $A_z$  propuesta esta bien

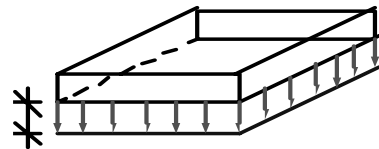
Si  $q_{\text{max}}$  es mayor que  $V:S$ : hay que cambiar las dimensiones de la zapata

Como la distribución de la presión es uniforme, no existen presiones de tensión en el suelo.

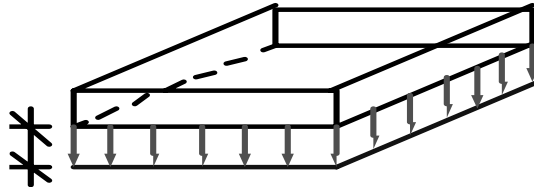
Presión ejercida del cimiento al suelo:

1.5) Presión última de diseño:

$$q_{\text{disu}} = q_{\text{max}} * F.c.u. = T/\text{mts}^2$$



Presión que ejerce el suelo para el diseño del cimiento:



2. Diseño del espesor del cimiento (ó zapata):

2.1) Chequeo por corte simple (ó corte flexionante):

Peralte "d":

$$d = Tz - rec - \emptyset var. 4/2 = cms$$

Cálculo de corte actuante:

$$V_{act} = (\text{Área ashurada}) * q_{disu} = T$$

$$\text{Área Ashurada} = \text{Ancho} * \text{largo}$$

Cálculo de corte resistente

$$V_{resist} = \frac{0.85 * 0.55 * \sqrt{f'_c} * b_z * d}{1000} = T \quad \text{en cms}$$

( $\emptyset$  Varilla No. 3 = 0.95)  
( $\emptyset$  Varilla No. 4 = 1.27)  
7.5cm rec.

Chequeo:

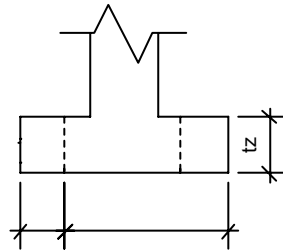
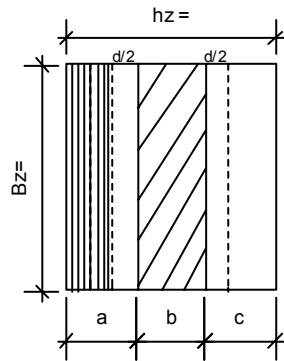
$$V_{resist} > V_{act}$$

$$12 > 3$$

El espesor Tz, soporta el corte simple

Si el Vact es mayor hay que cambiar el Tz y repetir el procedimiento

El chequeo por corte punzonante no se produce en cimientos corridos para muro, ya que no existe un perímetro para corte punzonante.



3. Diseño del refuerzo por flexión:

**Flexión en el sentido X-X:**

La sección crítica para un muro de concreto es da a

Momento último actuante:

$$M_{vol} = M_{act} = W_{qdisu} (L)^2 \cdot b_z / 2 = 1.27 \text{ T-m} \cdot 1000 = 1270 \text{ kg-m}$$

Cálculo de  $A_s$ :

$$A_s = 0.85 \cdot \frac{f_c}{F_y} \cdot \left[ \frac{(b \cdot d) - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{(M \cdot b)}{(0.003825 \cdot f_c)}}}{(0.003825 \cdot f_c)} \right] = \text{cm}^2 \quad (b = 100 \text{ cms.})$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_z \cdot d = \text{cm}^2$$

Como  $A_s < A_{smin}$  colocar  $A_{smin}$  si solo si es mayor que  $A_{smax}$ .

Separación:

$$\left. \begin{array}{l} A_s \text{ o } A_{smin} \text{ ----- } b_z \\ \text{No. var cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = m.$$

Para refuerzo por flexión:

$S_{max} = 3t_z$   
Colocar eslabón No. 4 @ 0.35m  
Se toma el menor de los valores, puede ser S

Como no existe flexión en el sentido Y-Y, se coloca acero por temperatura:

**Acero por Temperatura:**

$$A_{temp} = 0.002 * hz * 92 * tz(\text{cm}) = 4.6 \text{ cm}^2$$

Separación:

$$\left. \begin{array}{l} A_{temp} \text{ _____ } hz \text{ cm} \\ 0.713 \text{ _____ } s \end{array} \right\} s = 14.26 \text{ cm}$$

13. ARMADO FINAL

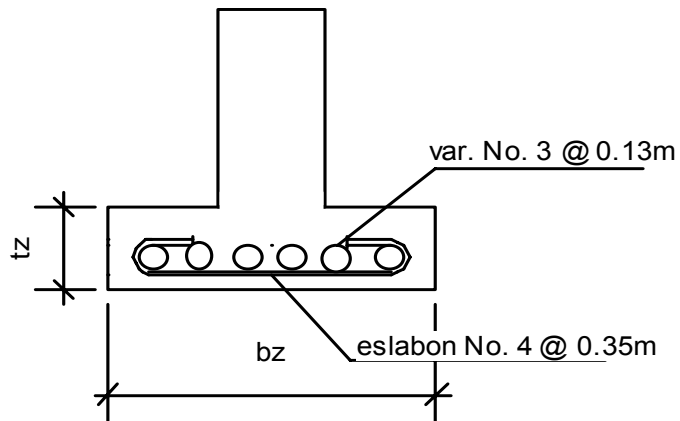


Tabla II. Tamaños de varias corrugadas de acero

No. de varillas	Dimensiones Nominales			
	Diámetro		Área Transversal	
	Plg.	cms	Plg <sup>2</sup>	Cm <sup>2</sup>
2	0.25	0.64	0.05	0.32
3	0.38	0.95	0.11	0.71
4	0.50	1.27	0.20	1.29
5	0.63	1.59	0.31	1.98
6	0.75	1.91	0.44	2.85
7	0.88	2.22	0.60	3.88
8	1.00	2.54	0.79	5.07
9	1.23	2.87	1.00	6.41
10	1.27	3.23	1.27	7.92
11	1.41	3.58	1.56	9.58
14	1.70	4.30	2.25	14.52
18	2.26	5.73	4.00	25.81

Tabla III. Aceros normalizados para armaduras

Grado	Limite de Fluencia	Carga de Rotura
	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
40	2800	4900
50	3500	5600
60	4200	6300
75	5250	7000



### **3.2.2 Armado de pernos**

El perno no es mas que una pieza de metal, larga, cilíndrica, con cabeza redonda por un extremo y que por el otro se asegura con una chaveta o tuerca, o bien por un remache. Esto se usa para afirmar piezas de un gran tamaño.

Estos se colocan según necesidad soldados, o amarados con alambre mas, también sirven para hacer la columna de la cimentación adheridos a los estribos.

### **3.2.3 Losa de piso**

Esta nos sirve para sellar el suelo y que no tenga infiltraciones o algún tipo de socavación en el terreno.

Esta se hace de hormigón que no mas que un piedrin, arena y cemento mezclado con una cantidad de agua adecuado con una proporción del hormigón de 3 \* 2 \* 1 esto quiere decir 3 de pedrín, 2 de arena, por una de cemento y el grosor de la losa depende de la necesidad.

### **3.3 Armado del silo**

Para hacer el montaje de un silo se debe de hacer una inspección antes de su inicio para no tener imprevistos y se buscan los siguientes datos:

- que la cimentación sea la adecuada para la colocación del silo.
- Las partes del silo deben de estar cerca de donde se va colocar
- Que todas las partes del silo estén completas.
- Que cantidad de tornillos se necesitaran mas un cinco por ciento por cualquier imprevisto en el tornillo y ver su longitud, diámetro y calidad.
- Empaques o sellador esto debe verse porque debe de ser el adecuado para no contaminar el producto a almacenar.
- Herramienta que será necesaria para el armado del silo.
- Y uno de los últimos el permiso para poder trabajar en el área de montaje y los días acordados.

#### **3.3.1 Anillos**

Este viene clasificado por hojas las cuales cada anillo de cada nivel tienen un peso específico y tienen un grosor o resistencia diferente.

Para armarlo hay que comenzar identificarlo por lo regular ya viene identificado por el fabricante por secciones, lo cual hace mas fácil su reconocimiento, hay que tener listos los tornillos con su respectiva tuerca y roldada simple y de presión.

Primer paso es tener accesorios de seguridad debido a su peso estos son: cinturón de carga, guantes, casco y botas puntas de acero, teniendo esto hay que buscar un espacio nivelado donde del diámetro del anillo y deje trabajar libremente.

Segundo paso se colocan dos hojas con veinte (20) cms. de separación para limpiar el área donde va el empaque y ponerlo ya que este sellará la unión de los dos. Los tornillos son pasados tienen que ser de un material que resista la presión y el torque se recomienda acero inoxidable, se colocan en una sola dirección de izquierda a derecha y su torque es de cuarenta (40) psi.

El tercer paso se une otra hoja a las que esta y se siguen las del segundo paso hasta armar el anillo.

### **3.3.2 Cono**

También viene formado por hojas con la única diferencia que trae una inclinación su resistencia es mas alta y también su peso esto se debe a que todo el producto cae sobre el.

Primer paso se colocan las dos primeras hojas con una separación de veinte (20) cms. para limpiar el área y poner el empaque y a continuación se juntan pero no hay que olvidar que se arma al contrario o de cabeza lo cual hay que tener en cuenta por eso los tornillos se colocan al contrario o sea de derecha a izquierda, ya que al darle vuelta queden en la misma posición de los anillos.

Los tornillos deben llevar una presión de cincuenta (50) psi debido a que ahí se genera mas fuerzas por las cargas que llevan en dos sentidos vertical y horizontal. Y se sigue el segundo paso del armado de los anillos.

### **3.3.3 Techo en un anillo**

El techo esta conformado por hojas las cuales son menos pesadas que los otros componentes del silo, estas se pueden maniobrar fácilmente y por eso se pueden armar de dos formas diferentes, las cuales son:

La primera: el techo sobre el anillo el cual después de estar armado el anillo una hoja sobre el sin antes olvidar poner sellador o empaque que evitara cualquier fuga, una persona deberá estar adentro del anillo para poder sostener la hoja del techo.

Los tornillos van de abajo hacia arriba o sea que la posición de la cabeza del tornillo queda abajo y la tuerca encima estos llevan una presión de cuarenta (40) psi sin olvidar que llevan roldana simple y de presión esto se hace para evitar que se aflojen por la vibración que se genera en el silo.

La segunda hoja se coloca de la misma manera forma pero con la condición que una va lisa y la otra lleva algún accesorio.

La segunda forma es armar el techo solo lo cual es armar hoja por hoja sin unirlo al anillo es recomendable si se tiene un elemento para levantarlo completo debido, ya que unida es bastante pesada y no es fácil levantarlo con la fuerza humana y colocarla en el anillo.

Este proceso se comienza uniendo dos hojas las cuales también se colocan con una separación de veinte (20) cms de distancia para poder poner el sellador no olvidando limpiar el área donde se pone el sellador.

A continuación se unen las dos hojas siempre fijándose que va una lisa y otra con un accesorio el torque de los tornillos es de cuarenta (40) psi estos se ponen en forma horizontal y va la cabeza de izquierda a derecha o en sentido de las agujas del reloj lo cual representa un fácil manejo de ponerlos sin mayor problema.

Cuando se termina de armar debe de levantarse de las orillas, algunas veces traen orejas en las orillas para su levantamiento para evitar alguna deformación y su colocación sea fácil.

Todo lo anterior debe hacerse solo hay un anillo y su máxima altura es de un metro cincuenta (1.50) mts sobre el piso para su fácil colocación ya que si esta colocado sobre mas altura de dos metros (2 mts) la primera no es posible de hacer y la segunda se complica mucho su colocación.

#### **3.3.4 Colocación de columnas**

Estas vienen colocadas a los pernos de la cimentación, los pernos por lo regular una pulgada de diámetro y sobre salen quince centímetros de su base o losa de piso.

Las columnas deben de levantarse por medio de una pluma debido a que su peso es elevado y cuando se hace por este medio la columna debe de quedar como un péndulo o fácil movimiento para poder colocarla fácilmente en su base, esta se coloca con los brazos hacia adentro para poder colocar los angulares transversales.

Luego de estar colocado no deben de sujetarse o apretarse, si no se hace hasta que el cono este colocado y las tuercas llevan una presión de (100 psi).

No hay que olvidar llevar equipo de corte debido a que a veces las bases no quedan exactas y hay que modificar el asiento de la columna, aunque no se recomienda debido a que se debilita.

### **3.4 Colocación del silo**

#### **3.4.1 Armado de anillo sobre anillo**

Primer paso, se limpian las pestañas del anillo que va a quedar abajo y se pone el empaque o sellador y cuando la pluma lo levanta el otro anillo se limpia también la pestaña.

El anillo que se va a levantar se hace de los cuatro lados y mejor si es de las uniones de las hojas del anillo y esto se hace para que no tenga o no sufra deformidad.

Se pone el anillo encima del otro y se comienza a bajar despacio y se tiene cuidado de que las pestañas queden alineadas con las de el otro anillo y se deja una separación de un centímetro para poder moverlo en cualquier dirección y cuando esta alineado y se meten pasadores en cada parte para evitar su movimiento y se comienza atornillar siempre teniendo en cuenta que se pone de abajo hacia arriba sus roldadas simples y de presión y con un torque de cuarenta (40) psi, cuando el anillo no calza por alguna deformación que tenga con los pasadores se va alineando al otro anillo.

### **3.4.2 Cono encima de columnas**

El cono como primer paso es darle vuelta para poder colocarlo debido a que se arma al revés de su posición.

Segundo paso se debe tener cuidado a la hora de poner los ganchos que lo sujetaran para levantarlo ya que estos deben de quedar en medio de la posición de donde va ir asentado.



Tercer paso cuando se asiente a las columnas la colocación de los tornillos van de abajo hacia arriba por lo regular el tornillo es mas grande y por ende en la inspección realizada de los tornillos se debe tomar esto en cuenta y la presión es de 100 psi y se aprietan cuando se termina de poner los angulares que unen las columnas.

### **3.4.3 Bridas unidas a columnas**

Las bridas o angulares que se usan en forma de X o en un ángulo de 45° las cuales sirven para estabilizar el silo con respecto al viento, sismos, esotros factores de carga que le afecten.

Su colocación es de la parte inferior hacia la superior siempre en un ángulo de 45° van sujetas a los brazos de las columnas, se sujetan con tornillos y si es necesario se tiende a soldarlas para reforzarlas.

Hay que tener cuidado porque las más pesadas van siempre en el primer piso y así las de menos peso en el siguiente.

#### **3.4.4 Anillos encima de cono**

Los anillos se colocan encima del cono si solo si el cono ya esta puesto encima de las columnas y esta asegurado en un setenta por ciento.

Los anillos se levantan de la misma forma descrita antes se limpia el área o pestaña del anillo, también la pestaña del cono se aplica el empaque o sellador se deja un centímetro siempre sostenida por la pluma y se colocan unos pasadores para evitar su movimiento.

Se sigue el mismo procedimiento que al armado de anillo sobre anillo con una sola acotación que este trabajo se hace a una altura mayor de dos metro lo cual representa que debe utilizarse arnés de seguridad.

#### **3.4.5 Escalera con guarda miedo**

Esta se puede colocar de dos formas completa con el guarda miedo o solo la escalera.

Primero: esta se arma a nivel del suelo, lo cual hay que recordar que hay dos tipos de guarda mieda unos que vienen atornillados completamente y otros que hay que soldarlos al armarlos, el armado es fácil primero se colocan los anillos a un metro de distancia cada uno, y seguidamente se ponen las paletas que se unirán a los anillos, en el otro se usa el mismo procedimiento solo que las paletas van soldadas.

La escalera se levanta con la pluma la cual se sujeta de la parte que va a quedar arriba, la cual primero se sujeta de la unión del techo y el anillo y luego se alinea y se sujeta de abajo, y después se le agregan angulares soldados al silo y se recomienda dejarla en paralelo con una columna.

#### **3.4.6 Tubo de abasto**

El tubo de abasto se coloca después de poner el barandal protector en el perímetro del silo el cual va sujeto con el techo ya estando colocado se procede a ponerse.

Su colocación es fácil se sujeta a la pluma de la parte superior del tubo de abasto la cual es una vuelta de 180° que trae un flange el cual se sujeta al techo.

## **3.5 Colocación de accesorios**

### **3.5.1 Flange abajo del cono**

Esta se coloca cuando el silo ya esta armado se coloca abajo del cono y no es mas que una plancha de acero inoxidable de un grosor de un cuarto (1/4) y nos sirve para sostener la compuerta (guillotina).

Esta se adherí al cono por medio de soldadura, se recomienda utilizar electrodo de clasificación E6011 por su capacidad de penetración, y E7018 para rematarlo y acabados.

### **3.5.2 Compuerta**

Hay dos tipos de compuerta la primera nos sirve o nos ofrece un fácil acceso al fondo del tanque para darle mantenimiento y limpieza, su posición puede ser a un lado del cono o en el techo.

La segunda es tipo compuerta (guillotina) nos sirve para abrir o cerrar el paso del producto las dos se colocan atornilladas y con su respectivo sellador para evitar fugas.

### **3.5.2 Filtro colector de polvo**

Este se recomienda colocarse en la parte central del techo y se puede colocar de dos formas:

Se recomienda subirlo completo por la pluma lo cual nos hace mas rápido su instalación.

O se puede partir en dos partes debido a que su peso oscila entre 200 y 300 libras, la partición se hace de donde termina el cilindro y comienza la cabeza del filtro, hay que marcarlo para no perder la posición, se sacan los cartuchos para no arruinarlos al subirlos.

Su colocación comienza cuando ya esta en el techo y el primer paso es ver donde esta la entrada al techo ya que en esa dirección debe quedar la parte del filtro donde esta colocada la tarjeta o memoria, y después se coloca el empaque en la pestaña del filtro se colocara en posición, los tornillos van de abajo hacia arriba esto debido a la vibración por lo regular traen tuercas de seguridad la presión de la tuerca debe de ser de 30 psi.

En el segundo caso primero se coloca el cilindro siguiendo el paso anterior y de ahí su cabeza.

### **3.5.4 Válvula vacío presión**

Su posición es encima del techo y se recomienda ponerla al lado contrario del tubo de abasto y para que no trabaje a cada momento, nos dará mas eficiencia.

Su colocación es fácil primero se le coloca el empaque y se une a la pestaña de la base y luego viene el cincho y con su respectivo seguro.

### **3.5.5 Tornillo sin fin**

Su armado comienza a nivel del suelo, ya que este viene en secciones las cuales son más fáciles de armar ahí.

Lo primero hay que identificar cuál es el principio, medio y final del sin fin se distingue porque el principio las aspas vienen mas cerradas y el final trae un pequeño segmento al contrario.

Ya teniendo lo anterior antes de meter el sin fin a la carcasa se coloca la chumacera y entonces se mete a la carcasa.

Cuando se termina de armar se levanta a su posición y debe sujetarse siempre del silo ya sea por medio de cables, tornillos y/o angulares.

### **3.5.6 Válvula distribuidora 5:2**

Esta se coloca solo cuando se usara un cilindro diferencial y se coloca en tablero cerca el cual se adhiere a la columna, se sujeta del tablero por medio de tornillos y riel y su conexión la entrada siempre va ser P y la salida Q, y tener cuidado con que voltaje trabaja.

Su función principal es de dos vías cinco posiciones por lo cual hay que tener claro el trabajo que realiza.

### **3.5.7 Tablero de control**

El tablero de control es donde se coloca los mandos del silo lo que enciende el filtro por medio de un botón de empuje o conector y este primero se sujeta por dos angulares y luego se soldó los angulares a la columna del silo para hacer un trabajo más fácil.

### **3.5.8 Sistema eléctrico**

Que todo el cableado se hace entubado para evitar daños en el cableado y el circuito debe verse especificaciones.

### **3.5.9 Medidor de nivel (conductancia)**

Para su colocación debe hacerse de la siguiente manera se mide una distancia de 80 centímetros del techo hacia abajo y de 3.5 a 4 metros abajo del primero, los 80 centímetros se dejan por seguridad por la presión que recibe el silo.

Primer paso, como ya se dijo es medir las distancias luego se hacen los agujeros por medio de una broca sierra de dos pulgadas de diámetro después de soldar una unión con rosca, se espera su enfriamiento se ponen los guarda niveles sin olvidar ponerle silicón como sellador a la rosca para evitar fugas, se colocan siempre a un lado de la escalera por su facilidad.



## **3.6 Análisis de costo**

### **3.6.1 Costo de sistema original**

Esta es la fase productiva propiamente dicha (costo primo), en la cual se combinan los dos elementos directos (materia prima y mano de obra directa).

### **3.6.2 Costo actual**

El cual viene a estar constituido por el costo de fabricación, aumentado por los gastos de distribución (gastos de venta) del producto, administración (gastos de oficina) del negocio.

### **3.6.3 Comparación de costos.**

La comparación del costo original y costo actual viene dado por el Coeficiente Rectificador (CR), es aquel que muestra el porcentaje de exceso que debe cobrarse para el costo actual el cual se cuantifica por tres aspectos costos estimativos, artículos estimativos y artículos vendidos. El C.R. tiene su valor de porcentaje de un cincuenta por ciento el cual hay que agregarla al costo real.

Tabla IV. Costo de sistema original

Empresa de Contrato \_\_\_\_\_

Para Cliente \_\_\_\_\_ Artículo \_\_\_\_\_ Orden No. \_\_\_\_\_

Fecha de Principio \_\_\_\_\_ Cantidad \_\_\_\_\_ Fecha de Entrega \_\_\_\_\_

Materiales				
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Total
Diseño	1	Q 10,000.00	Q 10,000.00	
Estudio de Suelo	1	Q 800.00	Q 800.00	
Cimentación	1	Q 8000.00	Q 8000.00	
Subtotal				Q 18,800.00
Carga Fabril				
Silo Vertical Atornillado de 2 Ton.	1	Q 280,000.00	Q 280,000.00	
Sellador	4	Q 450.00	Q 1,800.00	
Tornillo Roldada y tuerca	700	Q 2.50	Q 1,750.00	
Pluma	1	Q 4,500.00	Q 4,500.00	
Subtotal				Q 288.050.00
Mano de Obra de Montaje				
Armado de silo	1	Q 4,000.00	Q 4,000.00	
Trabajos en Caliente	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00	
Sistema Eléctrico	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00	
Sistema de Fluidificación	1	Q1800.00	Q1800.00	
Subtotal				Q 15,800.00
Costo Total del Proyecto				Q 322,650.00

## CONCLUSIONES

1. Se deben de considerar todos los factores que involucra el diseño de un silo atornillado para productos a granel, para obtener un diseño adecuado.
2. 2Para el diseño del silo atornillado, pero principalmente la del cono se debe de verificar el ángulo de reposo del material que se va almacenar para no tener problemas de descarga.
3. El ensayo del suelo se recomienda cuando el valor de costo del silo es mayor de 1 a 5.
4. El montaje del silo debe llevar el siguiente orden para mayor facilidad y este debe ser anillo sobre anillo, cono sobre columnas, bridas a columnas, anillo encima de cono, escalera con guarda miedo y tubo de abasto.
5. La coloración de accesorios deben de seguir un orden para que no se obstruya la colocación de uno sobre otro.



## RECOMENDACIONES

1. El supervisor o encargado debe verificar que todo el silo debe ser armado en un suelo nivelado, para evitar cualquier accidente de que se caiga la hoja y si no se puede armar en un suelo nivelado debe siempre asegurarse que no caiga la hoja.
2. El supervisor cuando se va usar una pluma debe verificar que esta levanta un porcentaje del treinta por ciento más de lo que se va levantar y los cables que no vengán deshilados, cuando levante algo debe ubicarse unos cinco metros a la redonda.
3. Todo el personal cuando se hace el montaje debe usar chaleco reflectivo y todo su equipo de seguridad para evitar accidentes.
4. El personal de montaje cuando no hay posibilidad de acceso a una pluma y el montaje se hace con andamios, debe colocarse rodos y los tablonés sujetarlos, la viga debe soportar el peso que se va levantar y sostener los polipastos con cables y debe sujetarse el objeto como un péndulo para poder maniobrarlo con facilidad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Silos y Camiones S.A. (Syicsa). **Folleto de Silos Atornillados**. Pp.2,3.
2. Silos y Camiones S.A. (Syicsa). **Folleto de Evolución de Procesos y Soluciones Innovadoras**. Pp.1,3,4.
3. Jorge Pinedo. **Manual de motor eléctrico**, p. 10.
4. Carlos Betancur. **Silos de Santo Domingo**. (2<sup>a</sup>. Edición. Editorial Reverté 1973). P. 18.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Abugarado Pineda, Jorge Simeón. Principios de operaciones de sistemas hidráulicos en alimentos a granel. Trabajo de Graduación. Ingeniería Mecánica. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería USAC). 1985. Pág. 35,36,37.
2. Witteg Loarca Werner. Cimentaciones para silos de almacenamiento de productos a granel. Trabajo de Graduación. Ingeniería Mecánica. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1999. Pág. 44,45,46.
3. Chang Rodolfo. **Medidores de nivel**. Facultad de Ingeniería, USAC).
4. Martínez Juan José. **Silos para productos a granel** (2ª. Edición, Editorial Larusse, 1978).
5. Egard. G. Nawy. **Concreto Reforzado, un enfoque básico**. (Pretende Hall)
6. Ruiz Orellana Alfredo Enrique. **Practiquemos contabilidad general y costos**. (Edficiones Alenro, 2006).



## APÉNDICE

Figura 23. Cimentación

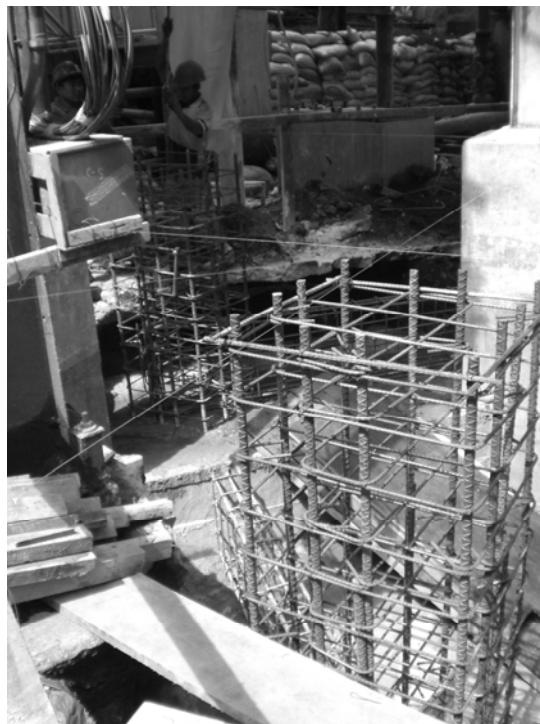
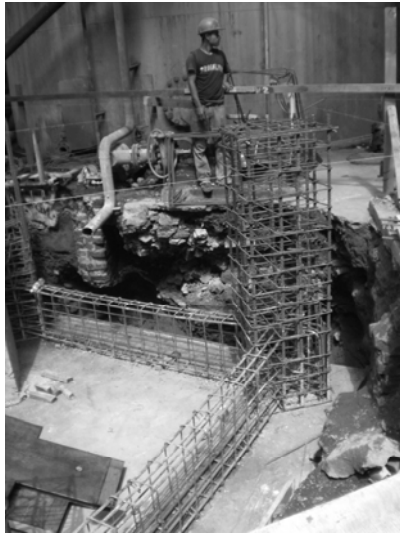


Figura 24. Armado de cono, anillos, techo sobre anillo al nivel del suelo

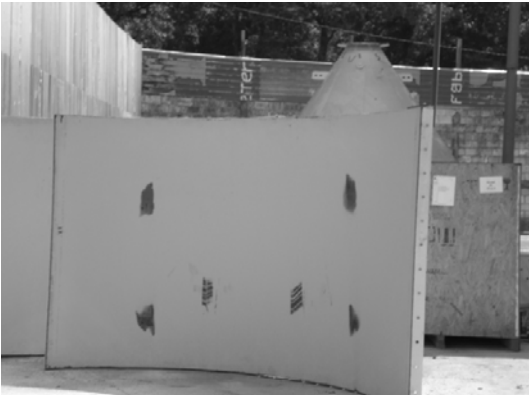
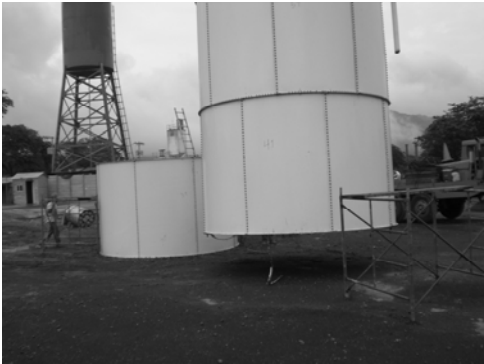


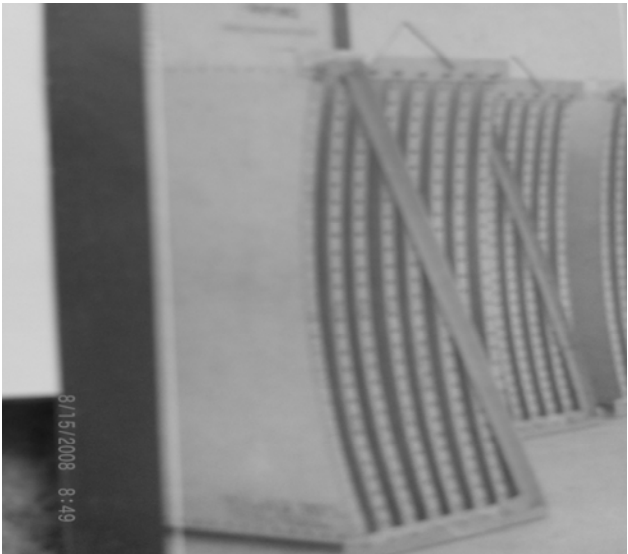
Figura 25. Montaje de silo con pluma.





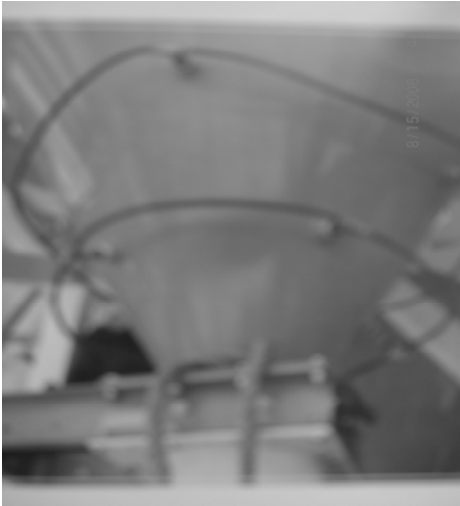
## **ANEXOS**

Figura 26. Hojas troqueladas de un anillo empacadas.



Cortesía Silos y Camiones SYCSA

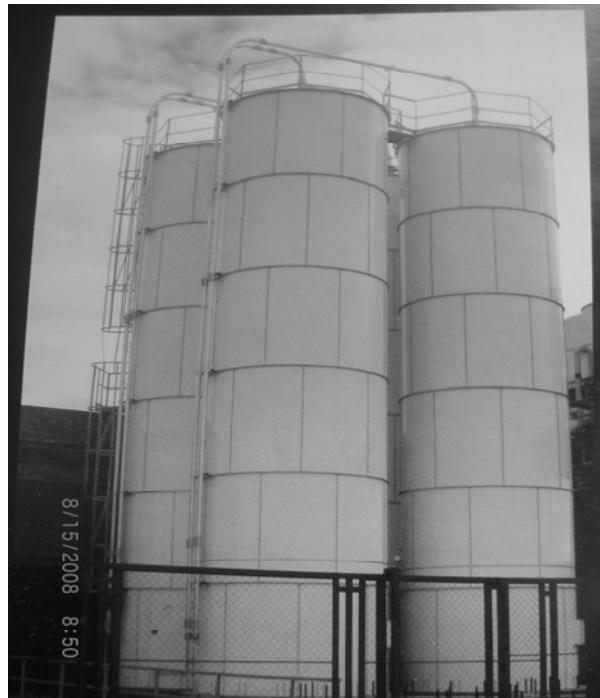
Figura 27. Cono con sistema de fluidificación.





Cortesía Silos y Camiones SYCSA

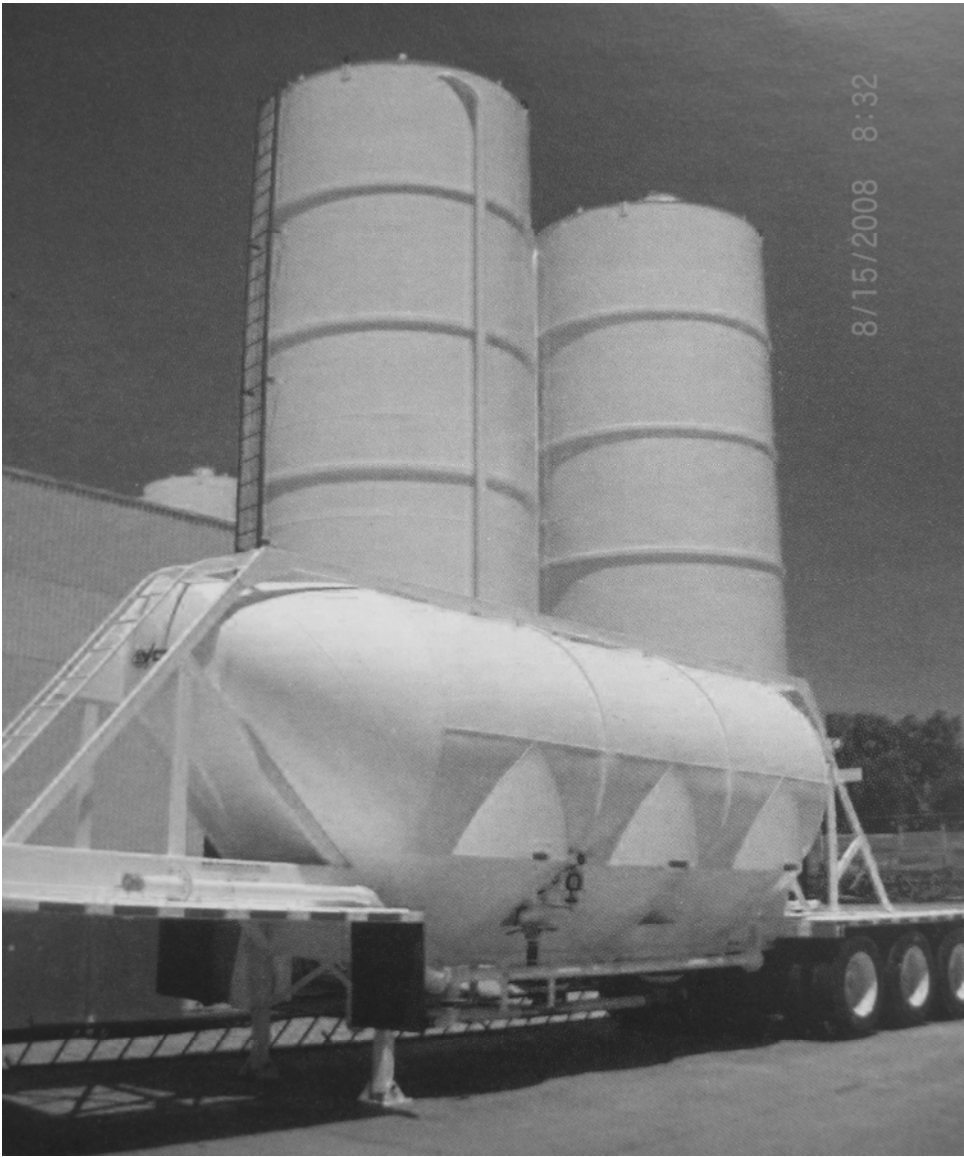
Figura 28. Batería de silos atornillados.



Cortesía Silos y Camiones SYCSA



Figura 29. Silo Atornillado Vertical y Silo Horizontal



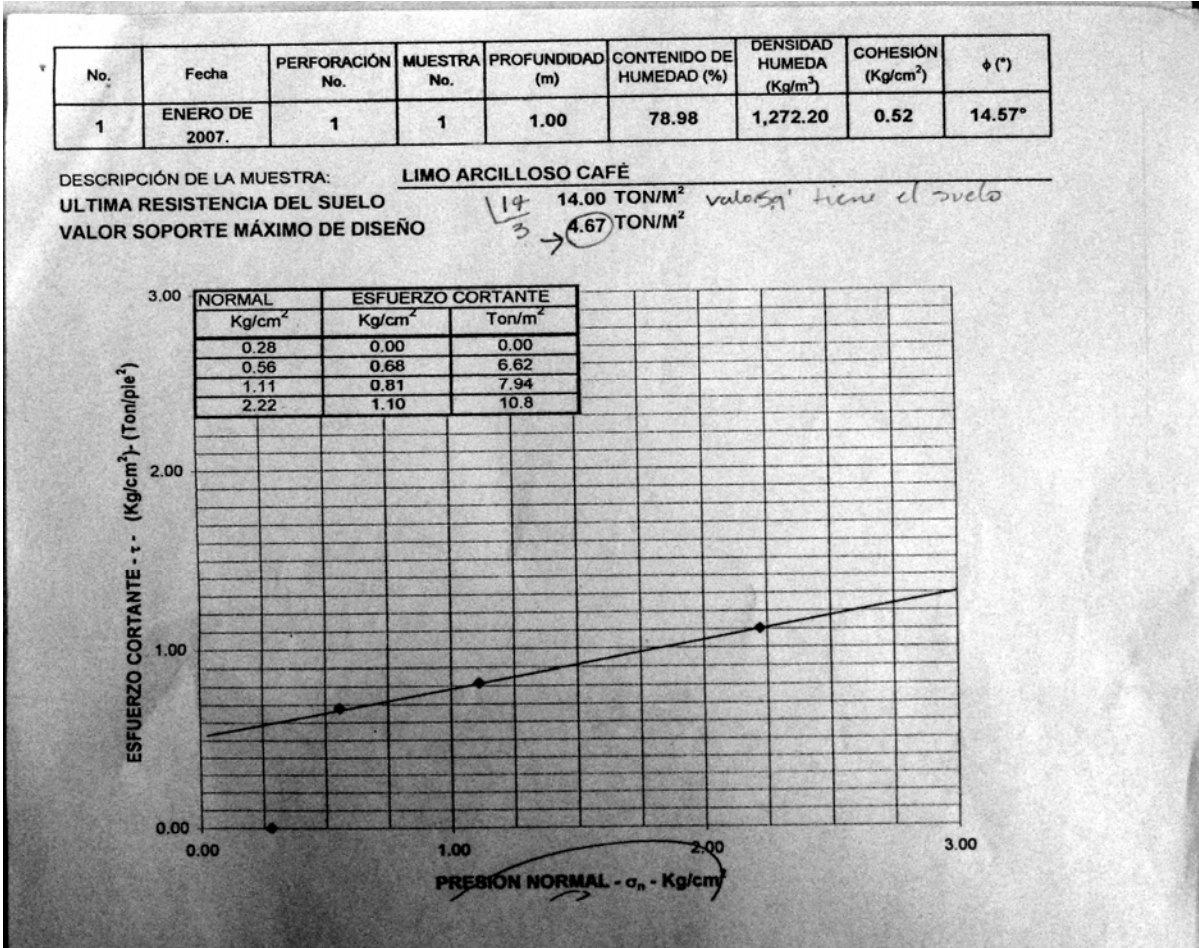
Cortesía Silos y Camiones SYCSA

Tabla IV. Ensayo de CBR.

P.B.	TARA	P.N.	P.U.H.	TARRO	TARA	P.B.H.	P.B.S.	DIF.	P.N.S.	% H.	PROM.	P.U.S.																													
12.24	9.25	2.99	89.71		99.10	177.10	159.00	18.10	59.90	30.22	30.22	68.89																													
12.65	9.25	3.40	102.01		98.80	183.70	160.90	22.80	62.10	36.71	36.71	74.62																													
12.89	9.25	3.64	109.21		98.80	158.90	141.30	17.60	42.50	41.41	41.41	77.23																													
12.79	9.25	3.54	106.21		99.10	175.00	150.40	24.60	51.30	47.95	47.95	71.79																													
12.65	9.25	3.40	102.00		98.80	176.10	149.20	26.90	50.40	53.37	53.37	66.50																													
<b>PROCTOR MODIFICADO</b> AASHTO T-180				PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA 1.00 m						P.U.S. MAX. = 77.30 lb/pie <sup>2</sup>																															
										P.U.S. MAX. = 1,238.02 kg/m <sup>3</sup>		% HUMEDAD OPTIMA. = 41.00%																													
<b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> LIMO ARCILLOSO CAFÉ TIPO DE PROCTOR. MODIFICADO No. DE CILINDRO 1 CANTIDAD DE MATERIAL VOL DEL CILINDRO. 0.03333 CANTIDAD AGUA INICIAL 0 cc SEGUIDO CON. 130 cc OPERADOR. FECHA. ENERO DE 2007. OBSERVACIONES.  REVISÓ:				<table border="1"> <caption>Data points from the Proctor Modificado graph</caption> <thead> <tr> <th>Moisture Content (%)</th> <th>Unit Weight (lb/pie<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>29</td> <td>69.0</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>74.5</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>76.5</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>77.0</td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>77.0</td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>76.5</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>77.30</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>76.5</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>74.5</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>72.0</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>69.0</td> </tr> <tr> <td>51</td> <td>67.0</td> </tr> <tr> <td>53</td> <td>66.5</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>66.5</td> </tr> </tbody> </table>								Moisture Content (%)	Unit Weight (lb/pie <sup>2</sup> )	29	69.0	31	74.5	33	76.5	35	77.0	37	77.0	39	76.5	41	77.30	43	76.5	45	74.5	47	72.0	49	69.0	51	67.0	53	66.5	54	66.5
Moisture Content (%)	Unit Weight (lb/pie <sup>2</sup> )																																								
29	69.0																																								
31	74.5																																								
33	76.5																																								
35	77.0																																								
37	77.0																																								
39	76.5																																								
41	77.30																																								
43	76.5																																								
45	74.5																																								
47	72.0																																								
49	69.0																																								
51	67.0																																								
53	66.5																																								
54	66.5																																								

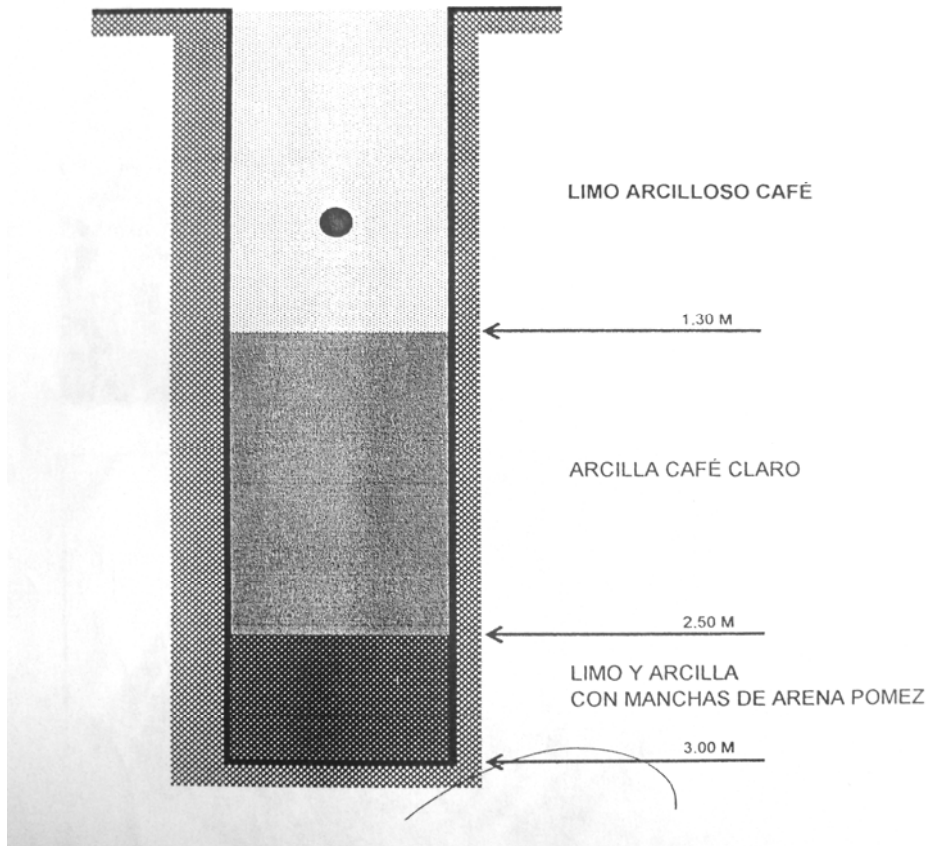
Cortesía Empresa Infinito

Tabla V. Ensayo de Proctor



Cortesía Empresa Infinito

Figura 30. Perfil estatografico del suelo



Cortesía Empresa Infinito