

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMATIZACIÓN DEL EQUIPO, PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE
AGREGADOS Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE CONTROL DE
FLUJO DE MATERIAL, EN LA EMPRESA MIXTO LISTO S.A.**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

CARLOS RAFAEL DE LEÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

Guatemala, noviembre de 1999



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

SISTEMATIZACIÓN DEL EQUIPO, PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL, EN LA EMPRESA MIXTO LISTO S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en julio de 1997.

Carlos Rafael de León de León

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIO	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

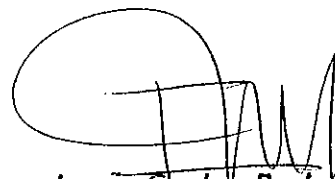
Guatemala, 29 de enero de 1,998

Ing. Carlos H. Perez Rodríguez,
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de
Guatemala,
Ciudad Universitaria, zona 12,
Guatemala.

Director:

De acuerdo con el nombramiento como asesor del trabajo de tesis del estudiante universitario Carlos Rafael de León de León, titulado SISTEMATIZACION DEL EQUIPO, PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMATICO DE CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL, EN LA EMPRESA MIXTO LISTO S.A., me es grato informarle, que he concluido con dicha asesoría y que el trabajo presentado cumple con los objetivos propuestos, además de haber sido realizado con dedicación y esfuerzo por parte del estudiante.

Atentamente.


Ing. Carlos Rodríguez Pazos
asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EPS. G. 107.99

Guatemala, 23 de septiembre de 1999

Señor
Ing. Juan Merck Cos
Coordinador Unidad de Prácticas de
Ingeniería y E.P.S.
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.-

Señor Coordinador:

Por medio de la presente informo a usted, que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario CARLOS RAFAEL DE LEON DE LEON, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: "SISTEMATIZACIÓN DEL EQUIPO, PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL, EN LA EMPRESA MIXTO LISTO, S.A.", el cual encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en la satisfacción de necesidades del sector productivo y en el proceso de vinculación con el mismo.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"DÉ Y ENSEÑAD A TODOS"



Edwin Estuardo Barceño Zepeda
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Área de Ingeniería Mecánica.

EES/eesz



REF.EPS.C.124.99
Guatemala, 23 de septiembre, de 1999

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor
Ing. Carlos Humberto Pérez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica.
Presente. -

Señor Director:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), titulado: "SISTEMATIZACION DEL EQUIPO, PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMATICO DE CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL, EN LA EMPRESA MIXTOLISTO S.A.".

Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario CARLOS RAFAEL DE LEON DE LEON, quien fue debidamente asesorado por el Ingeniero Carlos Rodríguez Pazos y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo, y existiendo la APROBACION del mismo por parte del Asesor y Supervisor, esta COORDINACION también APRUEBA su contenido, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"DÉ Y ENSEÑAD A TODOS"



JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E.P.S.

JMC/eesz
c.c.: archivo
Adjunto Informe Final



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 el visto bueno del Coordinador de E. P. S., al trabajo de tesis, **Sistematización del Equipo, para el Proceso de Envasado de Agregados y Diseño del Sistema Neumático de Control de Flujo de Material, en la Empresa Mixto Listo S. A.** del estudiante **Carlos Rafael de León de León**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR



Guatemala, noviembre de 1,999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DEGANATO

Tels.: 4760790 al 94 - Ext. 348

Directo: 4769579 - Fax: 4760365

E-mail: hmiranda@usac.edu.gt

Ref. D-T-007-99

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 Tesis titulado: **Sistematización del Equipo, para el Proceso de Envasado de Agregados y Diseño del Sistema Neumático de Control de Flujo de Material, en la Empresa Mixto Listo, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Rafael de León de León**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRÍMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1999

/mds

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

Valentín Romeo de León de León

Milagro Zoé de León de León

A MIS HERMANOS

Jorge Uvaldo

Gregorio Romeo

Carmen Alejandro

Juana Magdalena

Juan Francisco

Marta Estela

Sergio Romeo

Fredy Arnoldo

Rolando Blaymiro

Erick Roberto

A MI FAMILIA EN GENERAL

A LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Y A USTED, EN ESPECIAL

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Incansable compañía que me llevó de la mano desde el principio hasta el final de mi carrera, triunfo que no habría conseguido sin su bendición. **Gracias Padre.**

AI ING. CARLOS RODRÍGUEZ PAZOS

Por su constante e incondicional apoyo, en la asesoría de este trabajo de tesis. Así como también un agradecimiento por sus consejos para ser día con día un mejor profesional.

AI ING. EDWIN SARCEÑO

Por la importante supervisión que me brindó, desde el inicio hasta el final del presente trabajo de tesis, encaminándome así a la vida profesional.

AI ING. JOSÉ MIGUEL TORREBIARTE

Agradeciéndole la oportunidad y la confianza que me brindó, y así poder empezar a desarrollarme como profesional.

AI ING. FREDY ARNOLDO DE LEÓN DE LEÓN

Por su importante presencia desde el principio de mi carrera, hasta el termino de la misma.

Al ING. FRANCIS ARÉVALO

Por la colaboración para la realización de este trabajo de tesis.

Al personal de la Empresa Mixto Listo S.A.

Por su colaboración y amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	X
GLOSARIO	XI
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
HIPÓTESIS	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA (FASE DE INVESTIGACIÓN)	 1
1.1 Descripción de la empresa Mixto Listo S.A.	1
1.2 Organización del departamento de producción	1
1.3 Descripción de la planta envasadora de concreto y mezcla	 2
1.3.1 Equipo de manejo y transporte de material granular	 4
1.4 Descripción del área de llenado	4
1.4.1 Sistema de control de flujo	5
1.4.1.1 Sistemas neumáticos, aplicados al control de flujo granular	 5
1.4.1.2 Mando eléctrico por microprocesador	 6

2	SISTEMATIZACIÓN DEL EQUIPO PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS (FASE TÉCNICO PROFESIONAL)	13
2.1	Planos generales de la sistematización	14
2.2	Descripción del proceso de envasado	14
2.2.1	Diagrama de flujo	20
2.3	Pruebas de laboratorio	21
2.3.1	Equipo a utilizar	21
2.3.2	Descripción de las pruebas de laboratorio	22
2.3.3	Objetivos de las pruebas de laboratorio	23
2.3.4	Tabulaciones, resultados y conclusiones	25
2.3.5	Margen de error	30
2.4	Sistema de dosificación sugerido, dadas las conclusiones de las pruebas de laboratorio	33
2.5	Capacidad de producción	36
2.5.1	Cálculo del tiempo del ciclo de envasado en base a las pruebas de laboratorio	38
2.5.1.1	Cálculo de la producción en función del tiempo	38
2.5.1.2	Tiempo del ciclo de envasado	39
2.5.2	Condiciones y limitantes previas a la sistematización del proceso de envasado	41
2.6	Condiciones y limitantes previas a la sistematización Del proceso de envasado	42

2.7	Comparación del incremento en la productividad del envasado semiautomático, con relación al envasado manual	46
3.	MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIAL A GRANEL	49
3.1	Transporte industrial de materiales sólidos a granel	50
3.2	Transportadores no conductores	50
3.2.1	Transportadores de paletas	50
3.2.2	Transportadores de gusano	52
3.2.3	Toboganes	54
3.3	Transportadores conductores	54
3.3.1	Transportadores de banda articulada	55
3.3.2	Transportadores y elevadores de cangilones	56
3.3.3	Transportadores de banda	58
3.3.4	Alimentadores	59
3.3.5	Transportadores neumáticos	60
3.3.6	Transportadores hidráulicos	61
3.4	Capacidad de las bandas transportadoras a utilizar	61
3.4.1.	Banda inclinada transportadora de material granular	61
3.4.2	Banda horizontal transportadora de sacos envasados	64
3.4.3	Descripción de accesorios	66
3.5	Compuertas reguladoras del flujo de material	66
3.6	Descripción de la mezcladora de material sólido	

	a granel	67
3.7	Almacenaje de material sólido a granel	68
3.8	Descripción del sistema de ciclón	70
4.	DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE CONTROL, DE FLUJO DE MATERIAL	73
4.1	Principios fundamentales de neumática	73
4.1.1.	Neumática	74
4.1.2.	Aire comprimido	74
4.1.3.	Parámetros	77
4.1.4.	Simbología	78
4.1.5.	Tipos de compresores. Aplicaciones y ventajas	78
4.1.6.	Unidad de mantenimiento	85
4.1.7.	Cilindros neumáticos	86
	4.1.7.1 Cilindro de simple efecto con muelle de retorno	87
	4.1.7.2. Cilindro de doble efecto	89
4.1.8.	Válvulas neumáticas	93
	4.1.8.1. Electroválvula neumática distribuidora 5-2	93
	4.1.8.2. Válvula de estrangulación y antiretorno	94
4.2.	Criterios de diseño del sistema neumático con base en las pruebas de laboratorio	96
4.2.1.	Diagrama espacio/tiempo	97
4.2.2.	Diagrama del circuito neumático	97

4.2.3.	Descripción del mando eléctrico por microprocesador	98
4.2.4.	Diagrama eléctrico	98
4.2.5.	Descripción de los sensores capacitivos	100
4.3.	Descripción del equipo a utilizar	106
4.4.	Cálculos de los cilindros	107
4.4.1.	Fuerza del émbolo	107
4.4.2.	Consumo de aire	109
4.4.3.	Cálculos de las fuerzas reales de avance y retorno de los cilindros	111
4.4.4.	Cálculos del consumo total de aire	113
4.4.5.	Especificación del compresor	114
5.	DESCRIPCIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA BÁSCULA ENSACADORA	119
5.1.	Descripción	119
5.2.	Preparación antes de la instalación	120
5.3.	Instalación	120
5.4.	Indicaciones antes de operar la báscula	122
5.4.1.	Bridas de suspensión	122
5.4.2.	Movimiento vertical de la palanca principal	122
5.4.3.	Sensibilidad del disparador	123
5.5.	Operación	124
5.5.1.	Regulación del flujo	125
5.5.2.	Alimentación por transportador electromecánico	126
5.5.3.	Compensación	127

5.5.4.	Nivelación de báscula en vacío	128
5.5.5.	Nivelación de la bolsa	128
5.6.	Contador de pesadas	129
5.7.	Planos	129
CONCLUSIONES		137
RECOMENDACIONES		139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		140
BIBLIOGRAFÍA		141
APÉNDICE		142

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Página
1.	Sistema neumático aplicado al control de flujo granular	8
2.	Microprocesador PLC (MicroLogix 1000Allen-Bradley)	9
3.	Programador manual	10
4.	Presentación de los productos denominados como acabados	11
5.	Presentación de los productos denominados como concreto y mezcla	12
6.	Planos generales (elevación frontal)	15
7.	Planos generales (perfil derecho)	16
8.	Planos generales (perfil izquierdo)	17
9.	Planos generales (planta)	18
10.	Esquema de las pruebas de laboratorio	24
11.	Celdas de carga aplicadas a una mezcladora de concreto	34
12.	Ampliación de una celda de carga utilizada en la mezcladora de concreto	35
13.	Producción de repello (sacos envasados vrs. tiempo)	43
14.	Producción de cernido remolineado (sacos envasados vrs. tiempo)	44
15.	Producción de cernido vertical y blanqueado (sacos envasados vrs. tiempo)	45
16.	HP requeridos para mover el transportador de banda vacío a 100 pies/min (0.15 m/seg)	64

17.	Banda transportadora con perfiles	65
18.	Mezcladora de material granular tipo tornillo sin fin	69
19.	Mezcladora de paletas	70
20.	Sistema de ciclón	71
21.	Unidad de mantenimiento	85
22.	Cilindro de simple efecto (construcción)	88
23.	Fotografía de un cilindro de simple efecto	89
24.	Fotografía de un cilindro de doble efecto	90
25.	Cilindro de doble efecto (descripción de funcionamiento)	91
26.	Cilindro de doble efecto (construcción)	92
27.	Electroválvula 5-2 vías	94
28.	Fotografía de una electroválvula 5-2 vías	95
29.	Válvula de estrangulación y antirretorno	95
30.	Fotografía de una válvula de estrangulación y antirretorno	96
31.	Diagrama Espacio/Tiempo	102
32.	Circuito neumático	103
33.	Diagrama de mando eléctrico por microprocesador	104
34.	Sensores capacitivos	105
35.	Compresor de una etapa con tanque receptor de 60 galones	117
36.	Báscula armada (boca de descarga rectangular)	130
37.	Arreglo general (boca de descarga rectangular)	131
38.	Arreglo de acoplamiento de báscula a tolva alimentadora	132
39.	Arreglo general de instalación	133
40.	Dibujos explosivos de recambios	134
41.	Dibujos explosivos de recambios 2	135
42.	Dibujos explosivos de recambios 3	136

TABLAS

No.	Título	Página
I	Tabulaciones finales de las pruebas de laboratorio	26
II	Resultados	29
III	Tabulación de los márgenes de error, en la dosificación de material	32
IV	Cuadro de materias primas que componen la mezcla de cada producto	38
V	Reducción en la capacidad en los transportadores de gusano	52
VI	Simbología	80
VII	Tamaño y tipo de máquina para óptimo servicio	118
VIII	Capacidad recomendada para el tanque receptor	118

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
m	Metros
mm	Milímetros
kg	Kilogramos
m ² , m ³	Metros cuadrados y cúbicos
cm ² , cm ³	Centímetros cuadrados y cúbicos
gal, lts	Galones, litros
seg, min	Segundos, minutos
pulg	Pulgadas
lb	Libras
HP	Caballo de potencia
r.p.m	Revoluciones por minuto
kPa, bar, psi	Medida de presión
N	Newtons
Fr	Fuerza de rozamiento
Ft	Fuerza de recuperación

GLOSARIO

Acabados	En la industria de la construcción se les llama así a los productos repello, cernido y blanqueado.
Agregado	Cada uno de los componentes que forma el concreto, agua, arena y grava, a excepción del cemento.
Cangilón	Vaso grande de barro o metal. Cada una de las vasijas tienen los elevadores de cangilones, para transportar cualquier tipo de material.
Conexión	Combinar el movimiento de una máquina con el de un aparato que depende de ella. Poner en contacto. Unir.
Chaveta	1. Pieza de hierro o acero insertada entre un eje y un cubo para evitar el giro relativo, que encaja además, en un chavetero al eje del eje principal. 2. Pieza de metal que transmite el empuje de una cuña o clavija, tal como en algunos cojinetes de bielas.
Ciclo	Sistema que pasa por una secuencia de procesos, volviendo a su estado original.

Criba	Aparato para la selección o clasificación de granos o áridos según sus dimensiones.
Diagrama	Dibujo que sirve para que gráficamente se demuestre una proposición, resolver un problema o representar una ley.
Dosificación	Acción de determinar la cantidad de material a suministrar.
Estanqueidad	Propiedad del acoplamiento entre dos piezas mecánicas, de impedir la fuga de un fluido a presión en un recinto del que ambas piezas constituyen las paredes.
Eficacia	Virtud, fuerza y facultad para poder lograr realizar y hacer efectivo un intento o propósito.
Mandil	Delantal grande, de piel o de tela muy resistente.
Montaje	Acción de montar o armar las piezas de un aparato o máquina.
Operar	Ejecutar algún trabajo sobre el equipo o máquina y producir un efecto en algo.
Potencia	Fuerza que produce el movimiento de una máquina.
Proceso	Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno.

Producción	Acción de producir. Cosa producida. Acto o manera de producirse. Suma de los productos del suelo o la industria.
Sistema	Combinación de partes reunidas para obtener un resultado, o llegar a un fin determinado.
Sistematización	Acción de sistematizar.
Sistematizar	Reducir a un sistema.
Stellite	Aleación metálica de gran dureza, resistente a las temperaturas.
Tandem	Disposición en fila, es decir, según el eje longitudinal, de dos o más partes de máquinas con funciones semejantes.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

1. Sistematizar el proceso de envasado de agregados.
2. Diseñar el sistema neumático para el control del flujo granular.
3. Aumentar la productividad, mediante la semiautomatización del envasado de materiales a granel.
4. Incentivar a la empresa Mixto Listo S.A. para que pueda, en un futuro, envasar materiales a granel, fuera de la planta norte.
5. Capacitar al personal del taller.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Disminuir costos directos de producción, ya que actualmente se tiene un ritmo de producción de 72 bolsas por hora-hombre, y con esta planta se llegará a producir de 300 a 400 bolsas por hora-hombre.
2. Reducir el costo unitario en función del rendimiento de la mano de obra directa.
3. Obtener y transmitir conocimientos sobre los distintos equipos de manejo y transporte de material a granel.
4. Dar a conocer el funcionamiento de las válvulas neumáticas que regulan el flujo del material; y además, la importancia que tiene la automatización en los procesos industriales.
5. Dar a conocer los criterios de diseño que nos llevo al cálculo del sistema neumático, para que sirvan de lineamientos para próximos proyectos.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda y a las exigencias en la calidad de los productos en la actualidad, empresas como Mixto Listo S.A. impulsan proyectos de automatización en sus procesos de manufactura, para alcanzar con ello los objetivos propuestos de una manera rápida y confiable.

Hoy en día la automatización ha tomado una gran importancia en la industria a nivel mundial, por lo que cada vez surgen nuevas formas de optimizar la productividad para elevar los estándares de calidad y a la vez disminuir el tiempo de producción.

El envasado de material granular es un proceso en el cual el manejo adecuado, transporte y dosificación son factores determinantes de la calidad del producto terminado. Otros factores no menos importantes son el desorden y la contaminación, ya que afectan la velocidad con que se realiza el proceso y la salud de los trabajadores.

Actualmente se envasa en la Empresa Mixto Listo S.A. productos como el: concreto, la mezcla y acabados; éstos últimos son envasados manualmente, por lo que se sugiere la sistematización del equipo para el proceso de envasado de agregados, que cuenta con un sistema neumático diseñado para controlar la dosificación de los materiales que intervienen en dicho proceso, y proporciona un ciclo de trabajo limpio y ordenado.

El presente trabajo de tesis se inicia con la descripción condensada de la organización del departamento de producción de la Empresa Mixto Listo S.A., el cual está encargado de llevar a cabo este proyecto. También se describe el lugar donde se montará el equipo y el sistema de control de flujo granular que se propone. En el capítulo dos se da la distribución del equipo y la forma cómo éste estará organizado, lo cual fué producto del análisis de las pruebas de laboratorio realizadas. En el capítulo tres se describen los distintos tipos de mecanismos utilizados en el transporte y manejo de materiales. El capítulo cuatro encierra en sí el diseño del sistema neumático que controla desde el transporte del material hasta el control de la dosificación del mismo. Y en el capítulo cinco se describe el equipo de envasado, su instalación y operación, lo cual nos lleva a la actividad del producto terminado.

HIPÓTESIS

El envasado manual de acabados en la empresa Mixto Listo S.A., además de ser una productividad lenta, no cubre la demanda actual, causa problemas de contaminación ambiental en la planta envasadora de concreto y mezcla, y produce cuellos de botella en dicha planta, por lo que es necesario sistematizar el proceso de envasado de acabados, valiéndonos para ello de la semiautomatización, lo que logra una optimización de los recursos.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción de la empresa Mixto Listo S.A.

Mixto Listo S.A. es una empresa que se especializa en el área de la construcción, proporcionará a empresas constructoras alternativas que simplifican sus actividades, lo que se resume en reducción de costos, tanto de mano de obra como por desperdicios innecesarios de materiales. Entre estas alternativas se encuentra el concreto premezclado y las bolsas Mixto Listo. Estas últimas consisten en el envase de materia prima al cual sólo debe agregársele agua, ya que el producto viene mezclado; en esta presentación se encuentran los productos concreto, mezcla y acabados (Fig. 4).

De sus instalaciones citaremos, la planta envasadora de concreto y mezcla y el área de llenado. Las descripciones se harán de una forma superficial sin detalles por restricciones de la empresa.

1.2 Organización del departamento de producción

El departamento de producción, específicamente en el área de bolsas, se encuentra organizado por jerarquía de forma descendente de la siguiente manera:

- Jefe de producción
- Supervisores
- Operarios
- Envasadores

1.3 Descripción de la planta envasadora de concreto y mezcla

El envasado de material sólido a granel, es un proceso donde la coordinación tanto del equipo como del personal que lo opera, son factores primordiales para que dicho proceso se lleve a cabo satisfactoriamente. A continuación se describirá tanto las actividades, como el equipo de manejo y transporte de material a granel utilizado en la planta envasadora de concreto y mezcla.

La sistematización adecuada del equipo de manejo y transporte de material granular, hace del envasado de concreto y mezcla un proceso satisfactorio, el cual se sintetizará de la siguiente manera.

El desarrollo del proceso de envasado tiene su inicio en el almacenaje de la materia prima, como lo es la grava, arena y cemento. En el caso de las dos primeras, su almacenaje es a la intemperie; y en un silo, en el caso del cemento.

Tanto la arena como la grava son conducidas a la zona de envasado, específicamente en las tolvas de alimentación correspondiente a cada material, por medio de un cargador frontal; la arena es conducida desde la tolva de alimentación hacia una tamizadora, después de una tolva almacenadora, en espera para su traslado hacia uno de los compartimientos de una tolva común, todo esto por medio de bandas transportadoras, adecuadamente ubicadas. Cuando la arena posee una alta humedad, ésta es previamente secada por medio de hornos rotatorios, antes de pasar a la tamizadora.

La grava es directamente conducida de la tolva de alimentación a uno de los compartimientos de la tolva común, por medio de bandas transportadoras.

La tolva común posee 4 compartimientos, esto con el fin de almacenar arena y grava de diferente granulometría, con esto se obtienen mezclas con diferente resistencia a la compresión.

Cuando la arena y la grava se encuentran en la tolva común, éstas son dosificadas por gravedad hacia una banda transportadora, que conduce hacia un mezclador y a la vez transportador tipo tornillo sinfín; que a su vez desemboca en una tolva de almacenaje, la cual en su salida le es acoplada una báscula ensacadora (descrita detalladamente en el capítulo 5) operada por una persona; su función es sujetar y a la vez dosificar la cantidad exacta de la mezcla de grava y arena en un saco.

La cantidad de cada material es regulada, tomando en cuenta el área de abertura de la salida de material en la tolva común, se supone que el caudal es directamente proporcional al área. Entre los factores que afectan el flujo libre de material, se pueden mencionar la humedad, la granulometría, el propio peso del material. Estos provocan que el material se apelmace en la salida y obstruya el paso del mismo; por lo que se puede concluir que el flujo de material es algo imprevisible y no constante, pero cuando se utilizan mecanismos de vibración, éstos impiden que el material se apelmace en la salida. Se logra aproximar a un caudal constante, y así lograr la proporción deseada de cada material en la mezcla.

El saco seguidamente es conducido por medio de una banda transportadora y en su trayecto le es suministrada la cantidad adecuada de cemento en una bolsa plástica, esto para evitar endurecimiento debido a la humedad. Al final del trayecto el saco es sellado por una cosedora, y luego es estibado y conducido al almacén.

1.3.1 Equipo de manejo y transporte de material granular

En esta planta se cuenta con equipo (Ver incisos 3.1.2 y 3.1.3) como lo son: bandas transportadoras, transportadores y mezcladores del tipo de tornillo sin fin, tamizadoras de arena, bombas de cemento*, básculas ensacadoras (Ver capítulo 5), todo esto constituye el equipo estacionario. En el caso de equipo no estacionario se cuenta con montacargas, cargadores frontales, pipas transportadoras de cemento, camiones etc.

1.4 Descripción del área de llenado

Básicamente el área de llenado consiste en una planta que posee equipo de manejo y transporte de material adecuadamente acoplado, cuyo objetivo es transportar los diferentes materiales y líquidos hacia camiones mezcladores, éstos últimos cumplen la tarea de transportar el concreto premezclado hacia las distintas obras que así lo requieren.

El proceso se resume de la siguiente manera:

Los agregados (arena y grava) son llevados por un cargador frontal hacia las tolvas de alimentación, el flujo de estos agregados es controlado por un sistema neumático (operado por una persona), el cual permite que los materiales desalojen las tolvas por gravedad hacia una balanza. Luego el material es transportado de la balanza hacia la parte superior del camión mezclador, por medio de una banda transportadora.

* Esta bomba funciona de igual manera que una bomba de agua convencional tipo rotatoria con la diferencia de que el material a transportar es cemento.

En el caso del cemento éste es almacenado en silos donde es llevado hacia una balanza por medio de un transportador del tipo tornillo sin fin, luego es trasladado por la misma banda transportadora de agregados, hacia el camión mezclador. El agua es conducida por tubería y dosificada por medio de una bomba. Todo lo descrito anteriormente se realiza al mismo tiempo.

Por motivos de interés en esta investigación nos limitaremos a describir parte de esta planta, como lo es el sistema neumático que controla el flujo de agregados, ya que será uno de los factores que influyan en el proyecto en cuestión.

1.4.1 Sistema de control de flujo

El control de flujo de material en la sistematización del proceso de envasado, consta principalmente de un sistema neumático y un mando eléctrico por microprocesador PLC.

1.4.1.1 Sistemas neumáticos, aplicados al control de flujo granular

El sistema de control de flujo de la planta del área de llenado, consiste en un sistema neumático, el cual es accionado eléctricamente por un operador. El sistema neumático es el encargado de abrir o cerrar las compuertas tipo mandíbula (Fig. 1). El material cae por gravedad hacia una balanza. Las compuertas permanecen abiertas hasta que el operario verifique en la lectura (dada por dicha balanza) la cantidad en peso que ha llegado de material a ella. Este sistema es similar al mostrado en la figura 1.

El sistema neumático aplicado al control de flujo granular mostrado en la figura 1, es gobernado electrónicamente por un microprocesador programable.

El microprocesador emite señales eléctricas, que son recibidas por sus respectivos solenoides, éstos al energizarse accionan las válvulas neumáticas (Ver capítulo 4), las cuales permiten que el aire fluya hacia el cilindro neumático el tiempo que el microprocesador le ordene.

Si se trata de una válvula de retorno por muelle, la válvula cerrará el paso de aire hacia el cilindro neumático cuando la señal eléctrica desaparezca y el solenoide se desactive.

Otro sistema neumático aplicado a lo que es transporte de material granular es el sistema recolector de ceniza al vacío; que se describe detalladamente en el inciso 3.1.3.

Los usos principales de los sistemas neumáticos como transportadores son: **1)** recolección de polvo; **2)** transporte de materiales blandos como granos, alimentos secos (harinas y alimentos para animales), productos químicos (sosa comercial, cal, panes de sal), astillas de madera, negro de humo y serrín; **3)** transporte de materiales duros como ceniza volátil, cemento, sílice, minerales metálicos y fosfato.

1.4.1.2 Mando eléctrico por microprocesador

Este tipo de tecnología es usado altamente en la industria, aplicado completamente a la automatización de toda clase de procesos, sin importar lo complicado que éste sea, como por ejemplo sistemas de tratamiento de agua,

envase de alimentos etc., donde la exactitud y eficacia son factores primordiales.

Su funcionamiento consiste (Ver inciso 4.3.3) en una previa programación por medio de parámetros propios del lenguaje, que hace que el microprocesador PLC, interprete las señales de entrada, para ejecutar señales de mando hacia los distintos componentes que estén conectados a él. En este proyecto se optó por el microprocesador MicroLogix 1000 marca Allen-Bradley 16 I/O* (Ver figura 2) que llena las expectativas del proyecto.

Dimensiones:

Longitud	= 133 mm. (5.24 pulgadas)
Anchura	= 80 mm. (3.15 pulgadas)
Profundidad	= 40 mm. (1.57 pulgadas)

El microprocesador MicroLogix 1000 posee un programador manual (Fig. 3), que es una herramienta ideal de servicio, con el cual se podrá:

- Crear, entrar y modificar programas de aplicación
- Almacenar programas de aplicación
- Transferir programas entre controladores

Dimensiones:

Altura	= 170 mm. (6.69 pulgadas)
Anchura	= 95 mm. (3.74 pulgadas)
Profundidad	= 35 mm. (1.37 pulgadas)

* 16 I/O en sus siglas en inglés. Esta especificación indica que el microprocesador tiene la capacidad de seis (6) señales de entrada por diez (10) señales de salida.

Figura 1 Sistema neumático aplicado al control de flujo granular

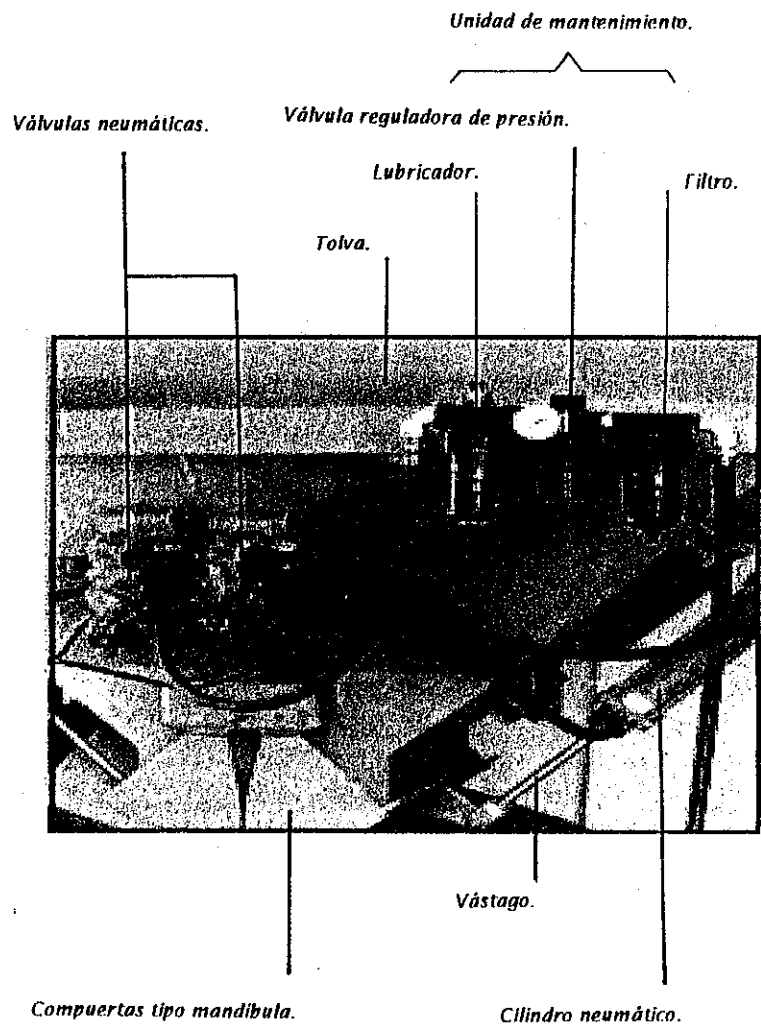
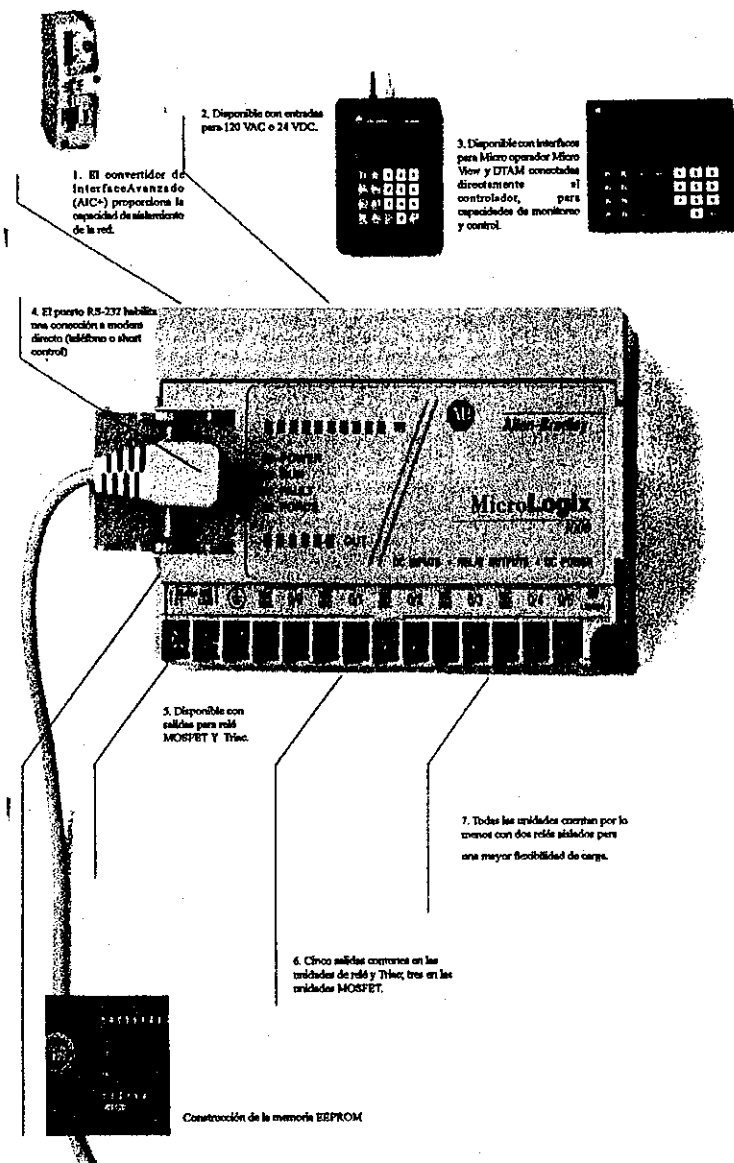
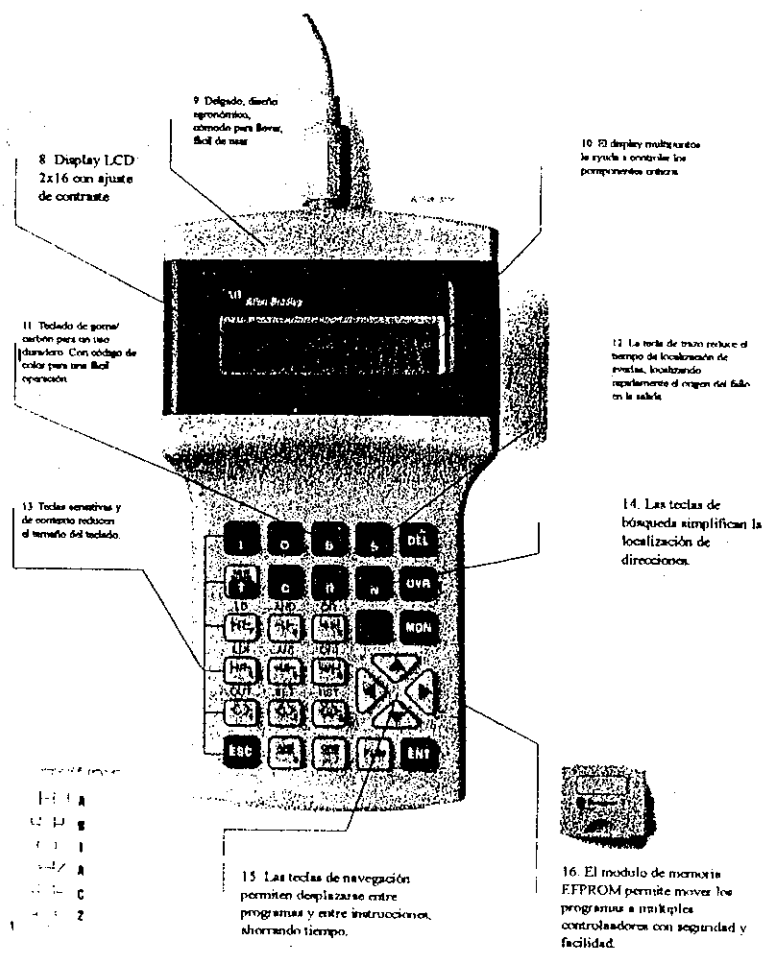


Figura 2 Microprocesador PLC (Micrologix 1000 marca Allen-Bradley)



The Micro-Perfected, Micrologix 1000 Programmable, Micro Controller. Página 5

Figura 3 Programador manual



The Micro-Perfected, Micrologix 1000 Programmable, Micro Controller. Página 6

Figura 4. Presentación de los productos denominados como acabados.

ACABADOS



Repello de arena amarilla

Mezcla para repellar hasta 1.5 cms. de grosor; para paredes, colocación de pisos, baldosas, tejas y para utilizar en pendientes o hacer pañuelos en losas o techos. Compuesto de arena amarilla de 1/4", cal y cemento.

Cernido vertical o remolineado de arena blanca

Para acabado final en paredes, cielos y otros. Compuesto de arena blanca de 1/16", cal y cemento.

Blanqueado de arena blanca

Para acabados lisos en paredes, cielos, techos y otros detalles. Compuesto de arena blanca de 1/16", cal y cemento.

Figura 5 Presentación de los productos denominados como concreto y mezcla



2. SISTEMATIZACIÓN DEL EQUIPO PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE AGREGADOS

(FASE TÉCNICO-PROFESIONAL)

La sistematización del equipo para el proceso de envasado de agregados, para la Empresa Mixto Listo S.A., representa la semiatuomatización de dicho proceso, que vendrá a elevar la productividad, y además, reducirá de forma considerable la contaminación y en su totalidad el desorden que representa un envasado manual.

La forma como se sistematizó el equipo, fue producto de un extenso y minucioso análisis, tanto en la planta envasadora de concreto y mezcla, como del área de llenado propios de la Empresa Mixto Listo S.A. (Ver incisos 1.3 y 1.4). Cabe mencionar que además de lo anterior se investigó sobre equipo de manejo y transporte de material a granel, y lo que son sistemas de control mediante equipo electrónico.

Este proceso semiautomático de envasado permite un fácil manejo de los materiales que conforman determinado envase; un ejemplo de ello es la cal que es un material problemático en su manejo en la planta, causante de desórdenes en las actividades de trabajo, y del levantamiento de polvo.

Con esta sistematización del proceso, se reducen considerablemente las actividades de trabajo, que se simplifican en tres:

La alimentación de material promedio de un cargador frontal hacia las tolvas dosificadoras (Ver inciso 2.1).

El envase de agregados mediante la sistematización antes mencionada (Ver inciso 2.2).

Por último la adición manual de cemento y al mismo tiempo el sellado de los sacos previamente envasados.

A continuación se presentan detalladamente las actividades antes mencionadas, mostrar de una manera clara y concisa como fueron desarrolladas cada una de ellas.

2.1 Planos generales de la sistematización

Los planos generales muestran de una manera detallada el acoplamiento adecuado del equipo, y además, proporcionan las dimensiones reales, que después de una larga depuración llegaron a ser las óptimas. A continuación se presenta lo que es la planta, elevación, perfil izquierdo y perfil derecho.

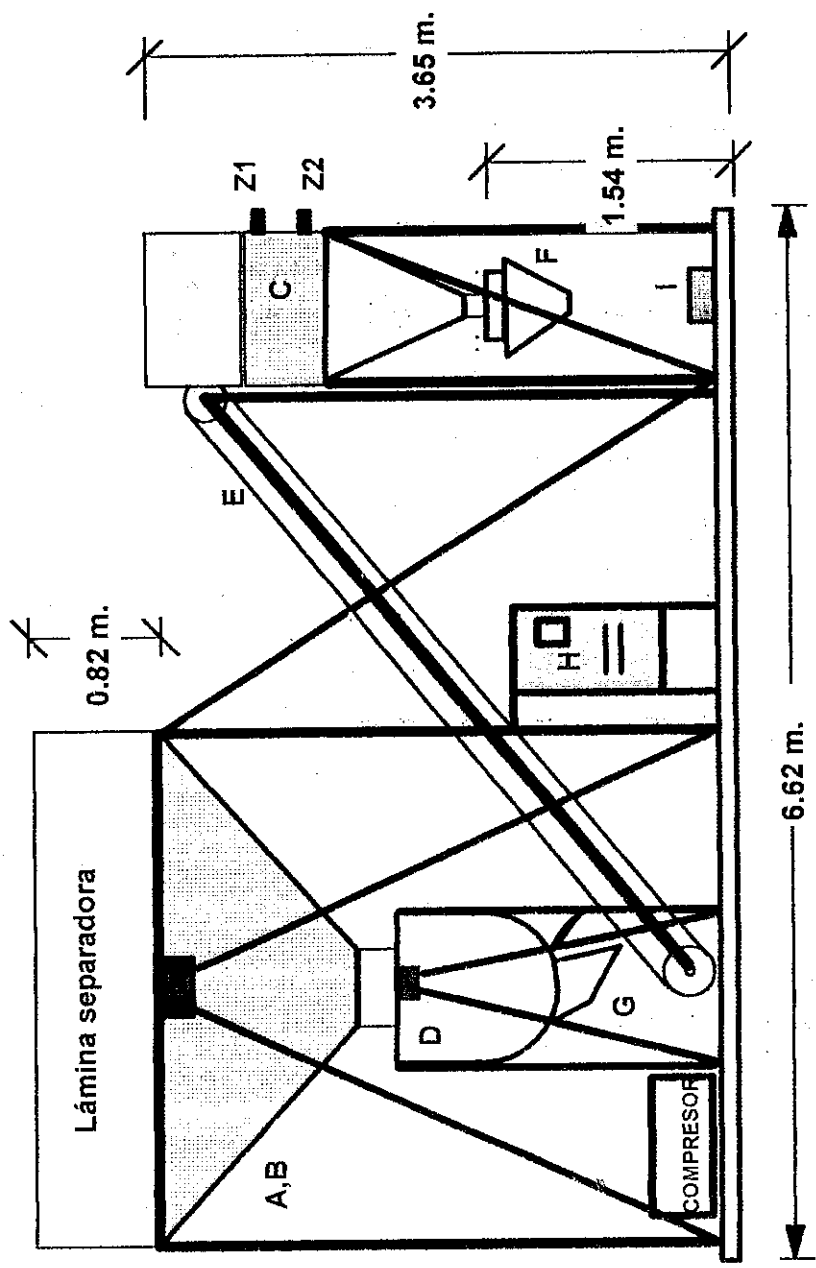
2.2 Descripción del proceso de envasado

La descripción del proceso de envasado la podemos resumir en 6 actividades adecuadamente realizadas, basándonos en los planos generales de la sistematización del inciso 2.1.

Actividad 1:

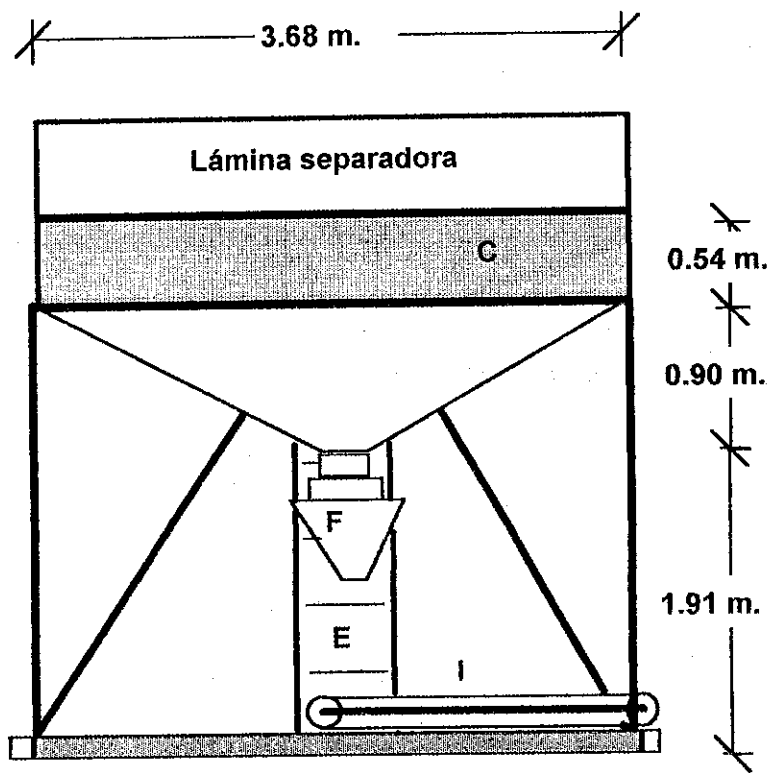
El material es llevado a las tolvas dosificadoras (T1 Y T2), por medio de un cargador frontal.

Figura 6 Planos generales (elevación frontal)



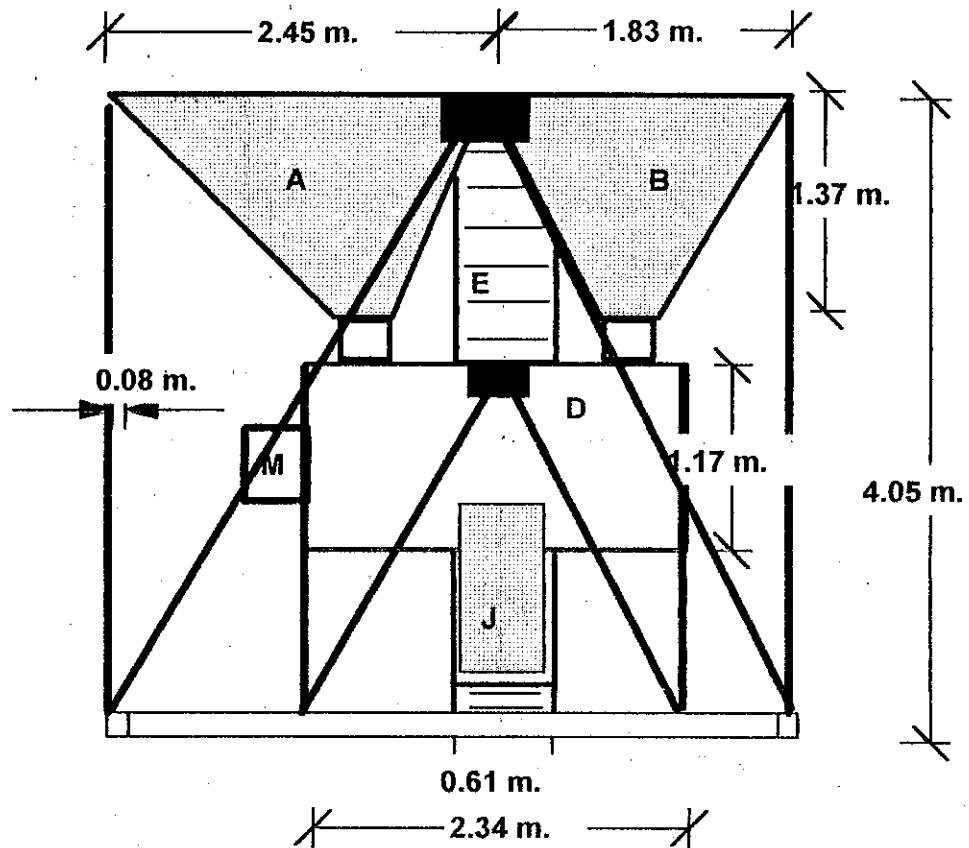
- A,B = Tolvas de dosificación
- C = Tolva almacenadora
- D = Mezcladora de material granular
- I, E = Bandas transportadoras
- F = Báscula ensacadora
- G = Conducto guía
- H = Tablero de control (PLC)
- Z1,Z2 = Sensores límite de nivel (capacitivos).

Figura 7 Planos generales (perfil derecho)



- C = Tolva almacenadora
- I, E = Bandas transportadoras
- F = Báscula ensacadora

Figura 8 Planos generales (perfil izquierdo)



A = Tolva dosificadora de arena

B = Tolva dosificadora de cal ó grava

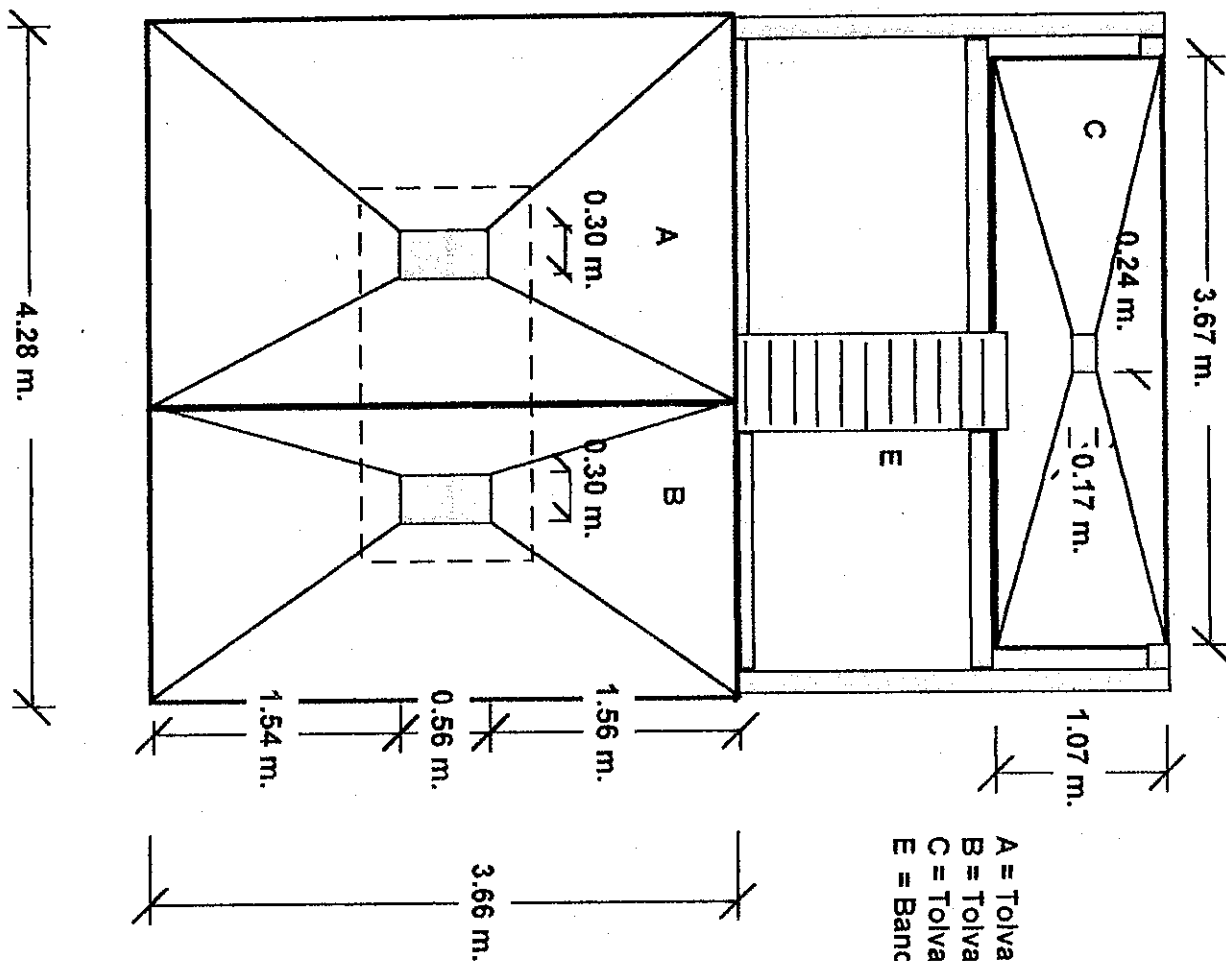
D = Mezcladora

E = Banda transportadora

M = Motor eléctrico de la mezcladora

J = Ducto a la salida de la mezcladora

Figura 9 Planos generales (planta)



- A = Tolva dosificadora de arena
- B = Tolva dosificadora de cal ó grava
- C = Tolva almacenadora
- E = Banda transportadora

Actividad 2:

El material es dosificado hacia la mezcladora (M), mediante un sistema neumático, que acciona las compuertas reguladoras de flujo (C1 Y C2); al mismo tiempo dicho sistema es gobernado electrónicamente por medio de un microprocesador PLC (programado del tablero H).

Este último, envía señales eléctricas de mando hacia solenoides, éstos al energizarse accionan las válvulas neumáticas, con lo cual el aire es introducido o evacuado de los cilindros neumáticos, accionando los vástagos, los cuales están acoplados a las compuertas reguladoras (C1 Y C2).

Actividad 3:

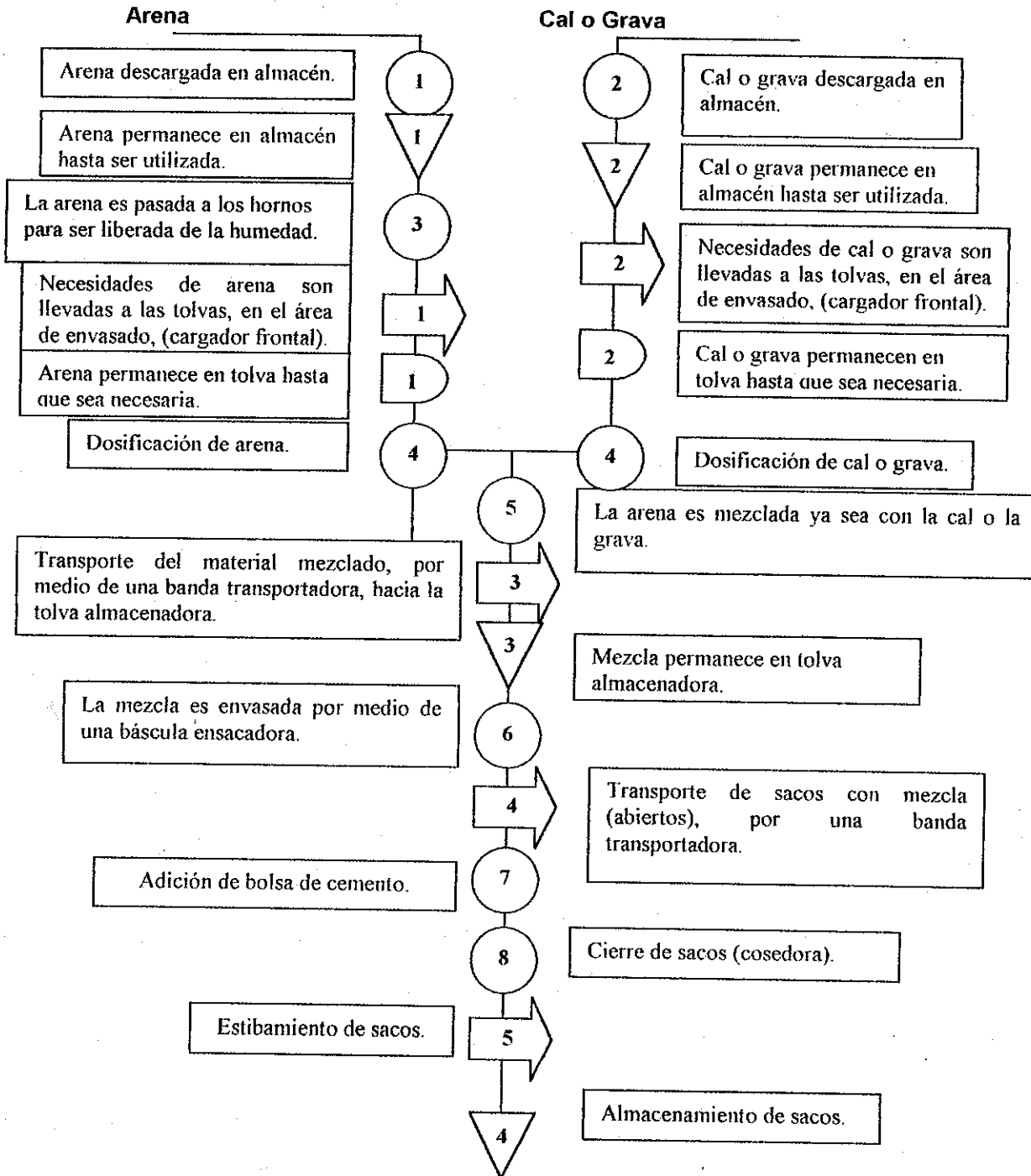
El material es mezclado, utilizando una mezcladora (M) tipo tornillo sinfín, este mecanismo además de cumplir esta función de mezclar, es el encargado de desalojar el material hacia la banda transportadora (B1).

Actividad 4:

La banda transportadora (B1) conduce el material mezclado hacia la tolva de almacenamiento (T3). Esta tolva posee dos sensores capacitivos (Z1 y Z2 descritos en el inciso 4.2.5.) que serán los encargados de enviar señales de alto y bajo nivel de material.

Esta información es interpretada por el microprocesador PLC, con la cual activa o desactiva el ciclo del proceso, esto con el fin de prever rebalses de material, por atrasos del operador de la báscula ensacadora (F).

2.2.1 Diagrama de flujo



Actividad 5:

El material mezclado es envasado por medio de una báscula ensacadora (F).

Actividad 6:

Los sacos son transportados por una banda (B2) donde le es añadida la cantidad de cemento respectiva. Seguidamente el saco pasa por una cosedora, y luego es estibado y almacenado.

2.3 Pruebas de laboratorio

2.3.1 Equipo a utilizar

Equipo:

- Prototipos a escala
- Probeta (peso=3,78 Kg)
- Báscula electrónica
- Cronómetro
- Estructura de madera (base)

Material para la tolva dosificadora:

- Arena blanca 1/16"
- Arena amarilla 1/4"
- Arena amarilla 3/8"
- Grava 3/8"
- Grava 3/4"
- Arena caliza
- Cal

Area de salida: 0.00974 m²

Material para la mezcladora:

- Arena blanca 1/16"
- Grava 3/8"
- Grava 3/4"
- Mezcla de cal y arena amarilla 1/4"
- Cal

Area de salida: 0.00887 m²

2.3.2 Descripción de las pruebas de laboratorio

La prueba consistió en crear prototipos de las tolvas dosificadoras y la mezcladora a escala, utilizando lámina galvanizada calibre 28. Las dimensiones del prototipo a escala son 4 veces menor que las reales. La prueba consistió en colocar los prototipos, uno a la vez, en la base de madera, colocando la probeta debajo en la salida de material (como lo muestra el siguiente esquema de la figura 10).

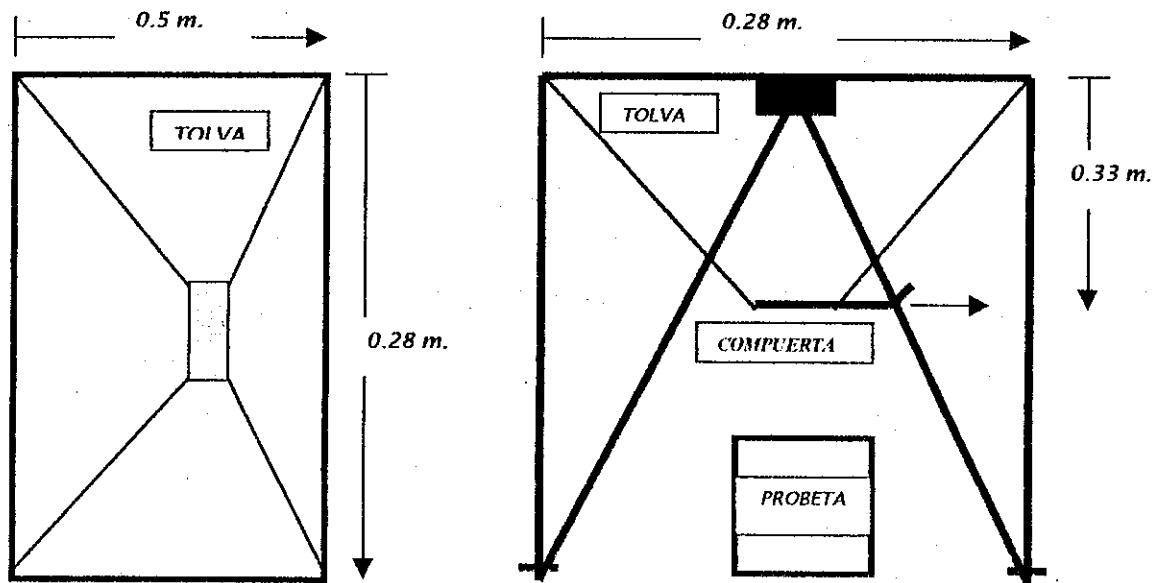
Cada tolva contaba con una compuerta manual que habría y cortaba el flujo de material granular. Cuando la tolva dosificadora o la mezcladora estaba llena de material, el siguiente paso era abrir la compuerta, y con un cronómetro medir el tiempo en que el material llenaba la probeta. Luego se llevaba la probeta hacia la báscula electrónica, al peso obtenido era restado el peso de la probeta con el fin de tener el peso neto del material que fluyó en determinado tiempo. La prueba se realizó siete (7) veces para obtener un resultado promedio, ya que se debe tomar en cuenta el margen de error que existe en cada intento.

2.3.3 Objetivos de las pruebas de laboratorio

- Observar la capacidad que tiene el material de desalojar las tolvas dosificadoras y la mezcladora en un tiempo determinado.
- Determinar el margen de error que existe en cada prueba descrita anteriormente), buscando con esto comprobar si este margen se encuentra en un $\pm 2\%$, para así obtener una dosificación satisfactoria de material, exigida por el control de calidad de la Empresa Mixto Listo S.A.
- Determinar la cantidad de material en peso y volumen que fluye en un (1) segundo, en determinada área de salida, con esto se logra establecer la fuerza real a vencer por los cilindros neumáticos para accionar las compuertas de flujo; dato importante para el cálculo de la presión de trabajo en el sistema.

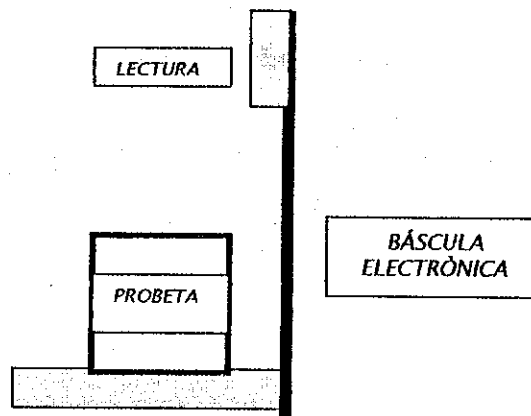
Figura 10 Esquema de las pruebas de laboratorio

PROTOTIPO DE LA TOLVA DOSIFICADORA



PLANTA

ELEVACIÓN



NOTA: El mismo procedimiento se utilizó para el prototipo de la mezcladora.

- Determinar el margen de error que existe en cada prueba (descrita

Logrado lo anterior, se estará en capacidad de tomar decisiones de diseño, específicamente del cálculo del sistema neumático, que será el encargado de abrir y cerrar las compuertas reguladoras de flujo de material hacia la mezcladora. El tiempo a estimar en estas pruebas, será base fundamental para el cálculo del tiempo total del ciclo en el proceso de envasado.

Si las pruebas son satisfactorias, demostraremos que el sistema neumático gobernado por señales eléctricas de mando intermitentes, emitidas por un microprocesador PLC (detallado en el capítulo 1 y 4) es efectivo para la dosificación de material sólido a granel; se tiene en cuenta un margen de error del $\pm 2\%$. Es muy importante señalar que no se tomaron en cuenta aspectos que afectan directamente los resultados finales, tales como:

- **La humedad relativa del ambiente**, ya que climas demasiado húmedos afectan al material, y hacen dificultoso su desplazamiento en una superficie lisa.
- **La granulometría del material**, aspecto impredecible que no permite establecer un flujo constante.
- **El peso del propio material**, que ocupa cada diferencial de volumen en la tolva; esto provoca un apelmazamiento en la salida de material, por consiguiente, dificulta el flujo de material, y se tiene así un caudal variable.

2.3.4 Tabulaciones y resultados de las pruebas de laboratorio

PROTOTIPO DE LA TOLVA DOSIFICADORA

Tabla I Tabulaciones finales de las pruebas de laboratorio

PRODUCTO	PASOS	NUMERO DE PRUEBA	A	B	C	D	E	F
			TIEMPO DE SALIDA DEL MATERIAL (SEGUNDOS)	PESO DE LA PROBETA INCLUYENDO EL MATERIAL (KILOGRAMOS)	PESO PROPIO DE LA PROBETA (KILOGRAMOS)	MASA NETA = PASO B - PASO C (KILOGRAMOS)	DENSIDAD (KGS/M3)	VOLUMEN = PASO D/PASO E (M3)
ARENA BLANCA 1/16"	PRUEBA	1	0.50	8.50	3.80			
		2	0.65	10.70	3.80			
		3	0.54	8.25	3.80			
		4	0.80	8.80	3.80			
		5	0.39	7.70	3.80			
		6	0.65	8.40	3.80			
		7	0.55	8.73	3.80			
	PROMEDIO		0.58	8.73	3.80	4.9250	934	0.0053
			1.00					0.0091
ARENA AMARILLA 3/8"	PRUEBA	1	0.75	7.25	3.75			
		2	0.85	7.80	3.75			
		3	0.47	8.35	3.80			
		4	0.50	7.45	3.80			
		5	0.61	7.10	3.80			
		6	0.43	7.65	3.80			
		7	0.48	7.20	3.80			
	PROMEDIO		0.58	7.54	3.79	3.7500	941	0.0040
			1.00					0.0069
ARENA AMARILLA 1/4"	PRUEBA	1	0.46	6.90	3.80			
		2	0.34	7.07	3.80			
		3	0.35	6.65	3.80			
		4	0.36	6.73	3.80			
		5	0.40	6.68	3.80			
		6	0.41	6.00	3.80			
		7	0.39	7.10	3.80			
	PROMEDIO		0.39	6.73	3.80	2.93	930.00	0.0032
			1.00					0.0082

Por conveniencia se calcula el flujo de material en un (1) segundo

Tabla I Tabulaciones finales de las pruebas de laboratorio
(Continuación)

PRODUCTO	PASOS	NÚMERO DE PRUEBA	TIEMPO DE SALIDA DEL MATERIAL (SEGUNDOS)	PESO DE LA PROBETA INCLUYENDO EL MATERIAL (MILIGRAMOS)	PESO PROPIO DE LA PROBETA (MILIGRAMOS)	MASA NETA = PASO B - PASO C (MILIGRAMOS)	DENSIDAD (KG/M ³)	VOLUMEN = PASO D/PASO E (M ³)
ARENA CALIZA	PRUEBA	1	0.30	5.83	3.80			
		2	0.25	6.45	3.80			
		3	0.24	6.55	3.80			
		2	0.23	6.52	3.80			
		3	0.27	6.34	3.80			
		4	0.26	6.27	3.80			
		5	0.23	6.30	3.80			
	6	0.26	6.30	3.80				
	7	0.25	6.45	3.80				
	PROMEDIO	0.26	6.28	3.80		2.48	1369	0.0018
GRAVA 3/8"	PRUEBA	1	3.95	12.40	3.75			
		2	3.20	11.50	3.75			
		3	2.97	11.00	3.80			
		4	2.12	8.25	3.75			
		5	1.02	3.95	3.75			
		6	0.69	3.80	3.80			
		7	0.22	3.80	3.75			
	PROMEDIO	2.02	8.83	3.77		5.07	1420	0.0036
	PROMEDIO	1.00						0.0017
GRAVA 3/8"	PRUEBA	1	1.92	10.40	3.80			
		2	1.20	12.95	3.75			
		3	1.55	12.55	3.75			
		4	1.34	13.70	3.75			
		5	1.60	14.45	3.75			
		6	0.55	15.55	3.75			
		7	0.56	13.00	3.75			
	PROMEDIO	1.24	13.09	3.76		9.33	1446	0.0065
	PROMEDIO	1.00						0.0052
CAL	PRUEBA	1	1.00	5.95	3.80			
		2	0.52	6.35	3.80			
		3	0.56	5.80	3.80			
		4	0.44	5.45	3.80			
		5	0.64	5.85	3.80			
		6	0.63	5.86	3.80			
		7	0.62	5.72	3.80			
	PROMEDIO	0.62	5.80	3.80		2.06	1800	0.0012
	PROMEDIO	1.00						0.0020

Por conveniencia se calcula el flujo de material en un (1) segundo.

Por conveniencia se calcula el flujo de material en un (1) segundo.

Tabla I Tabulaciones finales de las pruebas de laboratorio

(Continuación)

PROTOTIPO DE LA MEZCLADORA

PRODUCTO	PASOS	NUMERO DE PRUEBA	TIEMPO DE SALIDA DEL MATERIAL (SEGUNDOS)	PESO DE LA PROBETA INCLUYENDO EL MATERIAL (KILOGRAMOS)		PESO PROPIO DE LA PROBETA (KILOGRAMOS)	MASA NETA - PASEO B - PASEO C (PROMEDIO) (KILOGRAMOS)	DENSIDAD (KCS/M3)	VOLUMEN - PASEO (LITROS E (M3))
				A	B				
ARENA BLANCA 1/16"	PRUEBA	1	1.76	10.25	3.80				
		2	0.70	10.00	3.80				
		3	1.80	10.26	3.80				
		4	1.80	10.35	3.80				
		5	1.69	10.25	3.80				
		6	1.70	9.85	3.80				
		7	1.58	9.65	3.80				
	PROMEDIO	1.59	10.23	3.80	6.43	534	0.0059		
		1.00					0.0013		
GRAVA 3/8"	PRUEBA	1	1.40	10.20	3.80				
		2	1.63	12.25	3.80				
		3	1.89	12.80	3.80				
		4	1.53	12.65	3.80				
		5	1.48	12.15	3.80				
		6	1.70	11.60	3.80				
		7	1.62	11.95	3.80				
	PROMEDIO	1.59	12.10	3.80	6.30	1446	0.0057		
		1.00					0.0036		
GRAVA 3/4"	PRUEBA	1	3.50	12.85	3.80				
		2	3.31	11.20	3.80				
		3	3.23	12.23	3.80				
		4	3.37	11.30	3.80				
		5	3.30	11.50	3.80				
		6	3.51	11.00	3.80				
		7	3.37	11.08	3.80				
	PROMEDIO	3.37	11.68	3.80	7.88	1420	0.0056		
		1.00					0.0017		
CAL	PRUEBA	1	1.40	5.90	3.80				
		2	0.42	5.35	3.80				
		3	0.42	5.30	3.80				
		4	0.42	5.30	3.80				
		5	1.00	6.72	3.80				
		6	0.89	6.50	3.80				
		7	0.56	5.89	3.80				
	PROMEDIO	0.83	5.89	3.80	2.08	1600	0.0013		
		1.00					0.0016		

En esta prueba se observó que los materiales mezclados se apelmazan en la salida del prototipo de la mezcladora, debido a la humedad de la arena amarilla y la finura de los granos de la cal, por lo tanto la mezcla no fluye por gravedad, lo cual no es problema, si se tiene en cuenta que la mezcladora de tipo tornillo sin fin cumple una segunda función, que es la de desalojar el material, como se describe en el capítulo 3, inciso 3.4.

Tabla II Resultados

RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROTOTIPO		RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS DIMENSIONES REALES	
PROTOTIPO DE LA TOLVA			
DOSIFICADORA			
PRODUCTO	MASA \ UNIDAD DE TIEMPO kgs. \ segundo	MASA \ UNIDAD DE TIEMPO kgs. \ segundo	CAUDAL m ³ \ segundo
Arena blanca 1/16"	8.4994	33.7907	0.0360
Arena amarilla 1/4"	7.6260	30.0851	0.0324
Arena amarilla 3/8"	6.4929	25.8621	0.0276
Grava 3/8"	7.5192	30.0220	0.0208
Grava 3/4"	2.4140	9.7201	0.0068
Arena caliza	9.4461	37.7258	0.0276
cal	3.2000	12.8906	0.0081
PROTOTIPO DE LA			
MEZCLADORA			
PRODUCTO	MASA / UNIDAD DE TIEMPO kgs. / segundo	MASA / UNIDAD DE TIEMPO kgs. / segundo	CAUDAL m ³ / segundo
Arena blanca 1/16"	4.0162	16.1671	0.0173
Grava 3/8"	5.2056	20.8477	0.0144
Grava 3/4"	2.4140	9.3570	0.0066
Cal	2.5600	10.1416	0.0064

Para las pruebas de laboratorio se asumió un flujo constante, o sea que:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Area (A)} \times \text{Velocidad(V)}$$

Por lo tanto, para llegar a los resultados reales finales se asumió, un caudal constante, y siendo el área y la velocidad directamente proporcional al mismo, se despejó el caudal (Q) en función del área (A) y la velocidad (V). De esto se concluye que es posible obtener un caudal a una misma velocidad* pero diferente área, que en nuestro caso es el área real.

2.3.5 Margen de error.

Como se mencionó anteriormente el porcentaje de error que exige el proceso de envasado por la Empresa Mixto Listo S.A. es del 2%. A continuación se mostrará como se calcularon los porcentajes de error, para esto tomaremos como ejemplo el cálculo para el producto arena blanca 1/16", y seguidamente se mostrarán los porcentajes resultantes correspondientes de los demás productos.

Se tomó como referencia la prueba de dosificación promedio de la cantidad de flujo másico, comparando éste con las pruebas de dosificación que obtuvieron la cantidad más alta y baja de masa por unidad de tiempo respectivamente.

Del inciso 2.3.4 se observa que el flujo de la prueba promedio es de 4.9250 Kg en 0.58 seg. ; comparando este resultado con la prueba de mayor flujo másico, la cual mostró un valor de 6.9 Kg en 0.65 segundos; por lo tanto, si

* Se desprecia cualquier aumento en la velocidad, provocado por el aumento en la masa, ya que ésta está afectada directamente con el área del flujo de material.

suponemos teóricamente un flujo constante, proseguimos a calcular por regla de tres (3) el flujo de material en 0.65 segundos; si coincide este cálculo con el dato de la prueba real podemos concluir que el flujo es constante, de lo contrario se estimó el margen de error que existe entre lo real y teórico.

4.9250 Kg ----- 0.58 segundos

X ----- 0.65 segundos

X = 5.52 Kg

Dato real = 6.90 Kg en 0.65 seg.

Dato teórico = 5.52 Kg en 0.65 seg.

Al comparar este resultado con el dato real nos damos cuenta que existe una diferencia o margen de error de 1.38 Kg menos que la prueba real. Por lo tanto para expresar este dato en porcentaje tomamos como base de 100% el dato de la prueba promedio calculando como sigue:

6.90 Kg ----- 100%

1.38 Kg ----- X

X = 20.0% (margen mayor)

Los porcentajes a continuación se obtuvieron de las pruebas donde se encontró el margen de error en la dosificación.

Tabla III Tabulación de los márgenes de error en la dosificación de material

Materia prima	Margen de error
Arena blanca 1/16"	20.0%
Arena amarilla 3/8"	33.19%
Arena amarilla 1/4"	11.21%
Arena caliza	16.72%
Grava 3/4"	10.77%
Grava 3/8"	12.52%
Cal	24.90 %

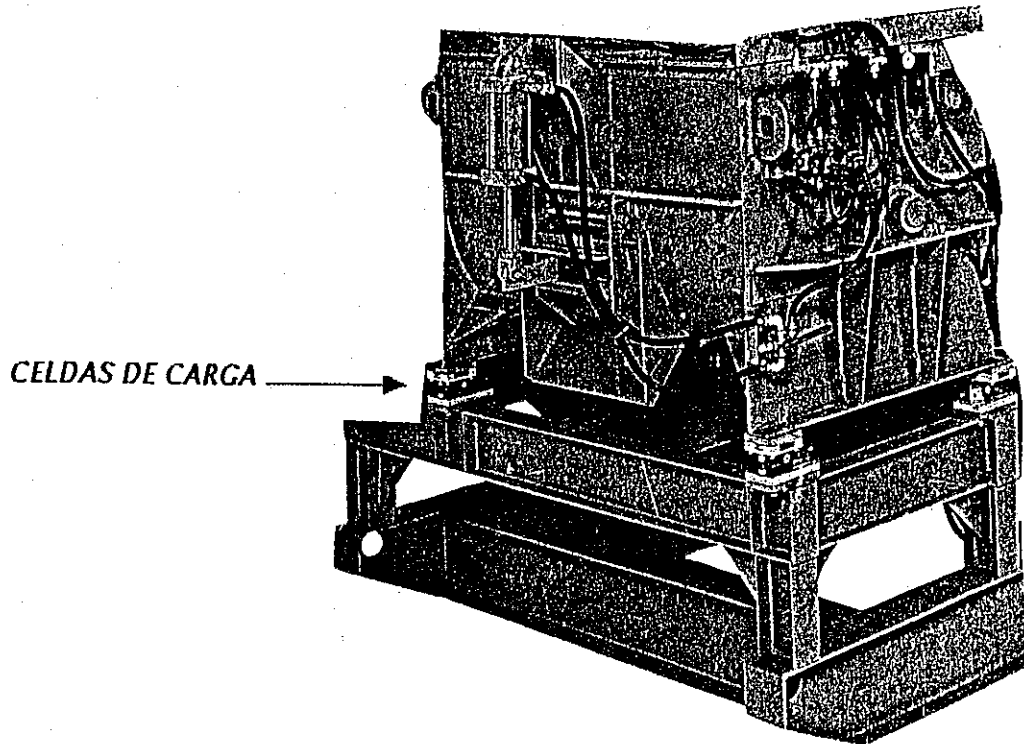
Es importante aclarar que todo lo anterior es puramente experimental y que para un estudio más profundo deben tomarse muy en cuenta los factores como lo son la humedad en el ambiente, la granulometría y el peso propio del material.

Existen mecanismos como vibradores accionados por aire comprimido, que cumplen con la función de no permitir que el material se apelmace en la salida de las tolvas; que es el problema principal que no permite un flujo constante, lo aconsejable es realizar un prototipo de tolvas dosificadoras, las cuales posean este tipo de mecanismos vibradores; y tomar en cuenta la humedad del lugar, la forma del grano del sólido y el peso propio del material, pruebas que demuestren la uniformidad del flujo y así poder tomar decisiones de diseño.

2.4 Sistema de dosificación sugerido, dadas las conclusiones de las pruebas de laboratorio

Es de gran importancia señalar que esta alternativa fue producto de las experiencias que se tuvieron en las pruebas de laboratorio donde la investigación fue profunda, lo cual llevó a tomar esta decisión. La dosificación de material es de alguna manera regulada, por medio de equipo electrónico, como lo son las celdas de carga (ver figura 11), que no son más que sensores de peso, las cuales cumplen la función de monitorear distintas cargas en un proceso continuo.

Figura 11 Celdas de carga aplicadas a una mezcladora de concreto



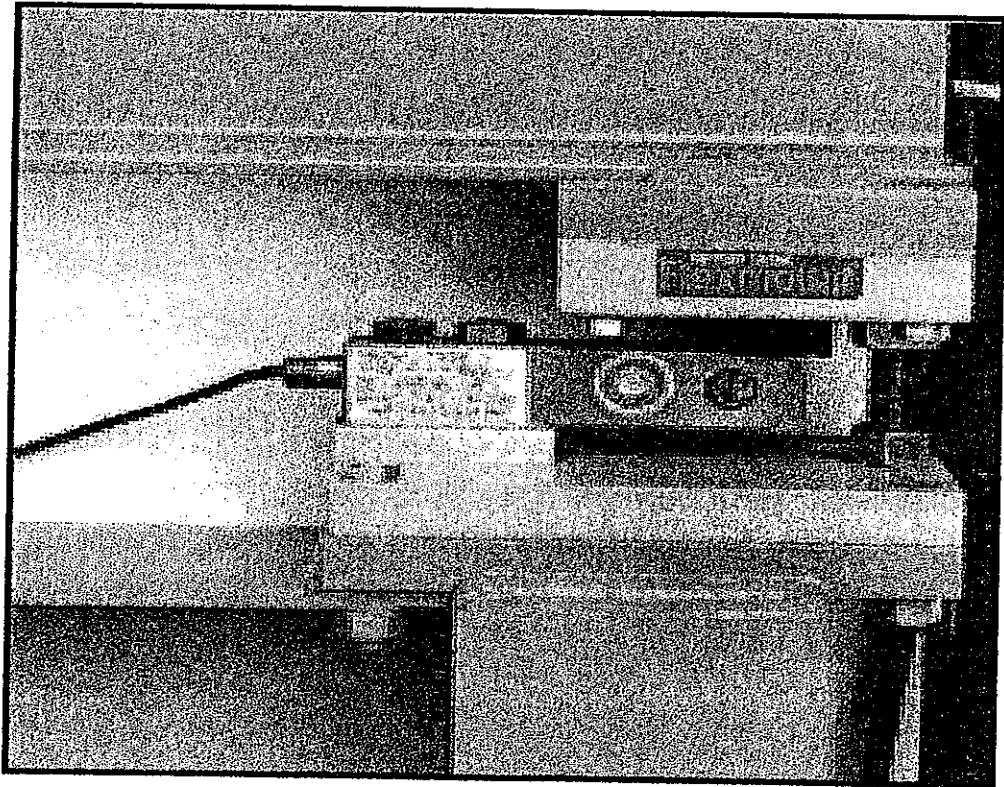
Revista Mixer Systems, INC. Página 5

Las celdas de carga sensan la cantidad de los distintos materiales que la mezcladora de concreto recibe en este caso en particular; cantidades a las que han sido programadas para emitir señales de mando a un microprocesador PLC (Ver capítulo 1 sección 1.3.1.2); el cual las interpreta y ordena el paro del flujo de material hacia ésta, utilizando para ello un sistema neumático que abre

o cierra las compuertas de flujo, según sea el caso, con un tiempo de reacción de 10 ms*, lo que garantiza una dosificación satisfactoria.

En el proyecto en cuestión, las celdas de carga serán montadas en la mezcladora, de igual manera como lo muestra la figura 11.

Figura 12 Ampliación de una celda de carga



Revista Mixer Systems, INC. Página 5

* ms= milisegundo que equivale a la diez (10) milésima parte de un (1) segundo.

Estas celdas fueron montadas a una mezcladora de concreto, cuyo objetivo es regular la cantidad de material que llega a ésta. La función de las celdas de carga se describen de la siguiente manera.

2.5 Capacidad de producción

Los distintos tiempos a analizar en el ciclo del proceso de envasado son: El tiempo de suministro de material a las tolvas dosificadoras, la dosificación, mezclado, transporte y envasado de material, entre éstos el más largo, es el de mezclado.

La capacidad de producción depende del volumen utilizado de material, y la rapidez con que se maneje. El mezclado es una actividad del proceso que determina el volumen a manejar en cada ciclo de trabajo, por lo que será dicha actividad el punto de partida para el cálculo del tiempo total del proceso de envasado, y el volumen de material a manejar.

La capacidad de la mezcladora es de 2.09 m^3 (Ver capítulo 3 sección 3.3.), el volumen a ocupar por la mezcla de cada producto (acabados) va a variar, según sea la proporción de los materiales que componen dicha mezcla.

Adjunto, en la página siguiente se presenta una tabulación de los volúmenes correspondientes a las mezclas de cada producto. Las proporciones de los materiales que componen dichas mezclas se obviaron por motivo de que son formulaciones patentizadas por la Empresa Mixto Listo S.A., y para fines de estos cálculos no son indispensables estas proporciones, pero sí lo son los volúmenes totales de cada mezcla. La producción en cada ciclo del proceso de envasado será de 50 sacos, partiendo de esto analizaremos la cantidad necesaria de mezcla de cada producto (acabados) durante un (1) ciclo. Para

fines de ejemplo se supondrán las proporciones de los materiales que componen la mezcla para el producto repello, y se mostrará el procedimiento que llevó al cálculo del volumen total de la mezcla para cada producto.

Ejemplo:

Producto:	- Repello
Materiales:	- arena amarilla ¼" y cal
Proporciones:	- 70 % de arena amarilla ¼" 30 % de cal
Densidad de la arena amarilla ¼":	- 934 Kg/ m ³
Densidad de la cal:	- 1600 Kg./m ³
Masa total de la mezcla:	- 36.4 Kg (dato obtenido de los sacos envasados puestos al comercio)

36.4 Kg de mezcla x 50 sacos = 1820 Kg de mezcla

~ 1 saco

Masa arena amarilla ¼" = 1820 Kg x 0.7 = 1274 Kg

Volumen arena amarilla ¼" = masa/densidad

Volumen arena amarilla ¼" = 1274 Kg/934 kg./m³
= 1.364 m³

Masa cal = 1820 Kg x 0.3 = 546 Kg

Volumen cal = 546 Kg/1600 kg./m³
= 0.341 m³

Volumen total

$$= \text{volumen arena amarilla } \frac{1}{4}'' + \text{volumen cal}$$

$$= 1.705 \text{ m}^3$$

Tabla IV Cuadro de materias primas que componen la mezcla de cada producto

<i>Materia</i>	<i>Producto</i>		REPELLO		CERNIDO VERTICAL		CERNIDO REMOLINEADO		BLANQUEADO	
	M. P.*	m ³	M. P.	m ³	M. P.	m ³	M. P.	m ³	M. P.	m ³
Arena blanca 1/16"			X		X		X		X	
Arena amarilla 1/4"	X**									
Arena amarilla 3/8"										
Cal	X		X		X		X		X	
Volumen total de la mezcla de materias primas		1.822		1.718		1.834		1.464		

* materia prima. **enmarca las materias que componen a cada producto

2.5.1 Cálculo del tiempo de ciclo del envasado con base en las pruebas de laboratorio

2.5.1.1 Cálculo del tiempo de dosificación de material a la mezcladora

Este cálculo se hizo, con base en la tabulación de los resultados de las pruebas de laboratorio y utilizando una simple regla de tres.

Ejemplo: Utilizaremos las mismas proporciones del ejemplo anterior para analizar siempre al producto repello.

Arena amarilla ¼"

0.0324 m³ ----- 1 segundo

1.364 m³ ----- x

x = 42.09 segundos

Cal

0.0081 m³ ----- 1 segundo

0.341 m³ ----- x

x = 42.09 segundos

Se tomará como tiempo de dosificación para el repello el más alto entre los materiales, que en este caso fueron iguales y es de 42.09 segundos.

2.5.1.2 Tiempo del ciclo de envasado

El tiempo del ciclo de envasado es diferente para cada producto, y esto se debe a las distintas proporciones de sus respectivas mezclas, a continuación se determinará el tiempo para cada producto.

Repello

• Dosificación de material a mezcladora	51 seg.
• Mezcla	300 seg.
• Transporte de mezcla	60 seg.
• Holgura	30 seg.
	<hr/>
• Total	441 seg.

Tiempo total del ciclo = 7.35 minutos (441 seg.). Al tener un ritmo de envasado de 14 sacos por minuto (dato proporcionado por el departamento de producción de la Empresa Mixto Listo S.A.), el tiempo para envasar 50 sacos será de 3.57 minutos, tomando por conveniencia 4 minutos.

En cada ciclo durante los 4 minutos de envasado, la planta estará por completar otro ciclo, se resta para ello 3.35 minutos, que serán los de espera del envasador.

Cernido remolineado

• Dosificación de material a mezcladora	44 seg.
• Mezcla	300 seg.
• Transporte de mezcla	60 seg.
• Holgura	30 seg.
	<hr/>
• Total	434 seg.

Tiempo total del ciclo = 7.233 min. (434 seg.). En cada ciclo durante los 4 minutos de envasado, la planta estará por completar otro ciclo, se resta para ello 3.233 minutos, que serán los de espera del envasador.

Cernido vertical

• Dosificación de material a mezcladora	63 seg.
• Mezcla	300 seg.
• Transporte de material	60 seg.
• Holgura	30 seg.
	<hr/>
• Total	453 seg.

Tiempo total del ciclo = 7.55 min. En cada ciclo durante los 4 minutos de envasado, la planta estará por completar otro ciclo, restando para ello 3.55 minutos, que serán los de espera del envasador.

Para completar los tiempos, el último en estimar es el del cargador frontal, éste tendrá aproximadamente alrededor de 15 minutos (según sea el

producto que sé este trabajando) para proveer de la materia prima a las tolvas dosificadoras, en cada ciclo del proceso de envasado. Las tolvas dosificadoras tienen la capacidad de almacenar material para dos ciclos de trabajo.

2.5.2 Cálculo de la producción en función del tiempo

El cálculo se realizó gráficamente tomando como base el tiempo total del ciclo y la capacidad de producción en dicho ciclo, todo esto para cada producto a envasar. A continuación se adjuntan gráficas de producción vrs. tiempo para cada producto, mostrando la producción en una (1) hora.

2.6 Condiciones y limitantes previas a la sistematización del proceso de envasado

La sistematización del proceso de envasado presentó varias condiciones y limitantes propias de la Empresa Mixto Listo S.A., de las cuales mencionamos las siguientes:

- Una de las condicionantes es la de tener una sistematización que sea capaz de aumentar la productividad para así alcanzar a envasar 350 sacos por hora-hombre*.
- Se cuenta con un espacio reducido que consiste de 7.5 metros de largo por 4 metros de ancho y 4 metros de alto.

* hora-hombre son parámetros utilizados en formulaciones de productividad.

Figura 13 Producción de repello (sacos envasados vrs. tiempo)

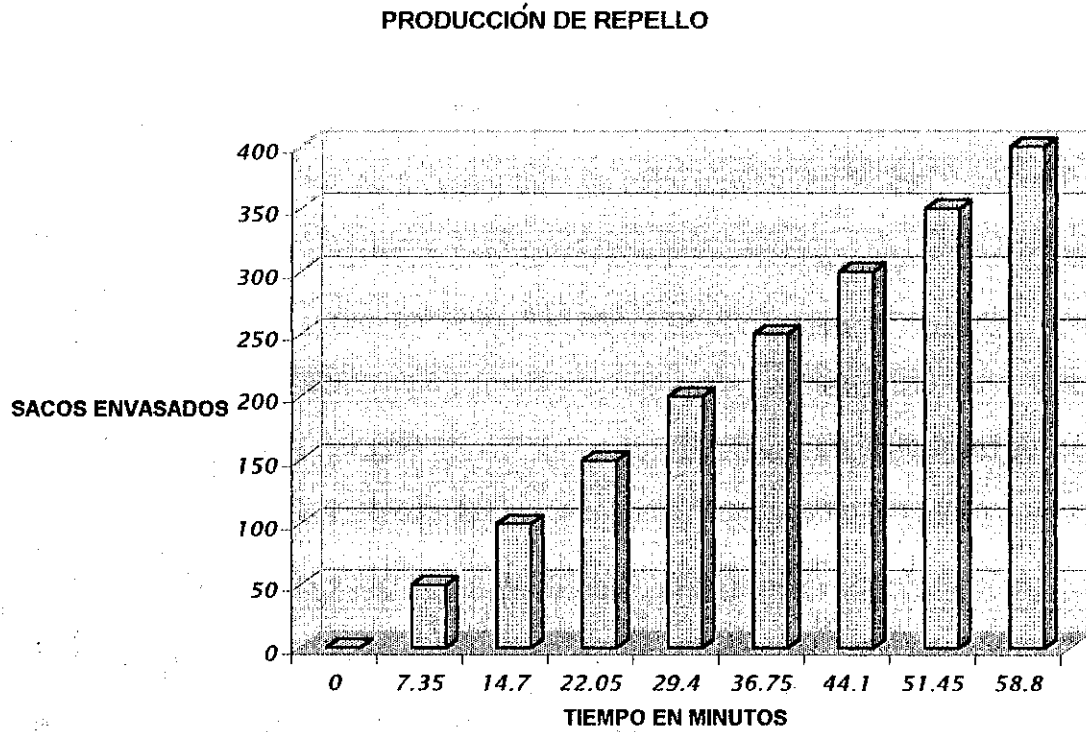


Figura 14 Producción de cernido vertical y blanqueado (sacos envasados vrs. tiempo)

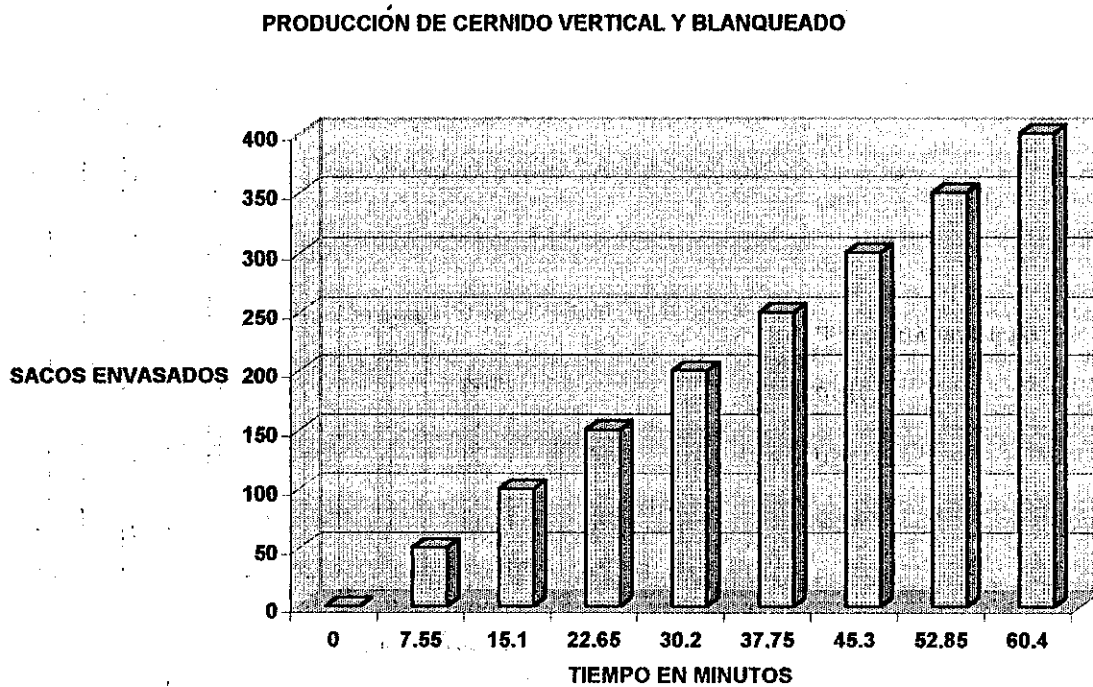
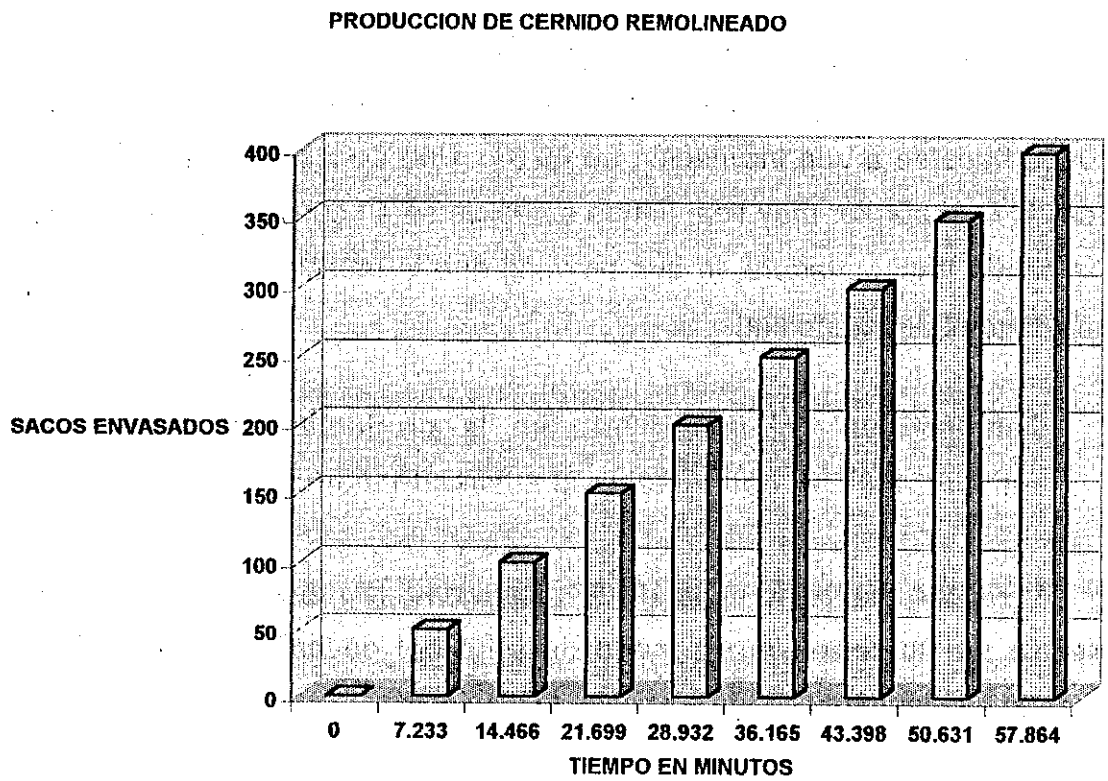


Figura 15 Producción de cernido remolineado (sacos envasados vrs. tiempo)



- La homogeneidad de la mezcla es el factor más importante, y este es un problema que se origina en el momento de la dosificación de material hacia la mezcladora; por lo que se debe tener toda la atención en este aspecto, siempre se debe tomar en cuenta que la Empresa Mixto Listo S.A. maneja un margen de error del 2%.
- Otro factor que afecta la homogeneidad de la mezcla es el transporte de ésta hacia la tolva de almacenaje (Ver planos generales inciso 2.1), lo que debe hacerse a una inclinación de 40.67° . Uno de los materiales a usar es cal, la cual por ser muy fina, tiende a deslizarse en contra del movimiento de la banda transportadora, lo que provoca que la mezcla con el otro material pierda su homogeneidad.

2.7 Comparación del incremento en la productividad del envasado semiautomático, con relación al envasado manual

Partiendo de la fórmula de productividad (P_i) podemos comparar la eficiencia de operación en la mano de obra del envasado manual con el envasado semiautomático, y se obtiene lo siguiente:

$$P_i = \text{producción} / 1 \text{ hora} * \text{recurso humano}$$

Actualmente con el envasado manual el ritmo en la producción es de 33 sacos envasados por hora, utilizando para ello 4 personas, sustituyendo estos valores en la fórmula de productividad nos da un resultado de:

$$\begin{aligned} P_i &= 33 \text{ sacos envasados} / (1 \text{ hora} * 4 \text{ personas}) \\ &= 8.25 \text{ sacos} / \text{hora-hombre.} \end{aligned}$$

Con el envasado semiautomático se alcanzará a envasar 400 sacos en una (1) hora, utilizando para ello 8 personas:

$$P_i = 400 \text{ sacos envasados} / (1 \text{ hora} * 8 \text{ personas}) \\ = 50 \text{ sacos / hora-hombre.}$$

El incremento en el envasado es considerable por parte del proceso semiautomático, por lo que se asegura un incremento en la producción.

3. MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIAL A GRANEL

El movimiento de materiales ha sido siempre un problema para el hombre. Sus métodos han evolucionado al paso de la civilización. Desde los primitivos tiempos de la cuña y el plano inclinado, hasta los más modernos del equipo motorizado y complicado, pasando por la rueda, el rodillo y la palanca; la máquina ha desplazado al hombre de la tarea de mover materiales con mayor facilidad y menor riesgo (1).

En la actualidad las necesidades de la industria obligan a encontrar medios efectivos y económicos de manejo de materiales en la fabricación de productos y en su comercio. En el campo de la Ingeniería aplicable a la industria, el Ingeniero está en contacto directo con materiales, ya sea como insumos dentro del proceso de producción ó como producto terminado (1).

Estos materiales, definitivamente, deben de ser transportados de un lado a otro como lo exija el proceso, pasando diferentes etapas hasta consolidarse en un producto final (1).

Este movimiento de materiales dentro del proceso absorbe hasta un 80% del trabajo total desde que entra la materia prima en las bodegas de almacenamiento, hasta ser almacenado como un producto terminado, para luego ser conducido al comercio (1).

3.1 Transporte industrial de materiales sólidos a granel

El movimiento de los productos terminados y de las materias primas de un lugar a otro, es un servicio alrededor del cual se ha formado la ciencia del manejo de materiales. No solamente son movilizados dentro de la planta, materiales y productos terminados, sino que en cada uno de los departamentos no productivos hay un movimiento de materiales de alguna forma, herramientas, calibres, aparatos de control y otros dispositivos son movilizados de un punto a otro, en los talleres (1).

El personal de mantenimiento requiere el movimiento de maquinaria y equipo; el equipo de control de calidad debe seguir al producto, o el producto debe seguir al equipo, incluso el manejo de papeles de trabajo por los diversos departamentos debe estimarse como un problema de manejo de materiales. Todos estos, más una multitud de otros movimientos de naturaleza similar constituyen la gama de actividades de las que el manejo de materiales es parte (1).

3.2 Transportadores no conductores

Cuando un transportador conduce material granular arrastrándolo sobre una trayectoria fija, se le denomina no conductor o transportador de trayectoria fija. Entre estos transportadores podemos mencionar los siguientes (1).

3.2.1 Transportadores de paletas

Los **transportadores de paletas** se utilizan para mover materiales granulares, en terrones o pulverizados, a lo largo de una trayectoria horizontal o sobre un plano inclinado, rara vez mayor que unos 40° . Su aplicación principal

sobre un plano inclinado, rara vez mayor que unos 40° . Su aplicación principal consiste en manejar carbón. El transportador de paletas de construcción usual no se debe especificar para material muy abrasivo, como ceniza y arena húmedas (1).

Estos tipos de transportadores de paletas se impulsan por medio de poleas para cadenas (1).

Los transportadores de paletas de capacidad pequeña funcionan, por lo general, entre 100 y 150 pie/min (0.51 a 0.76 m/s). Los transportadores de gran capacidad funcionan a 100 pie/min (0.51 m/s) o con más lentitud; sus cadenas de paso largo golpean con fuerza contra los dientes de la rueda dentada impulsora o de las poleas para cadena cuando las velocidades son más altas (1).

Un transportador con fuerte declive debe tener las paletas con separaciones pequeñas a fin de que el material no se amontone y forme avalanchas que se desprendan sobre la parte superior de las paletas. La capacidad de un transportador dado disminuye conforme aumenta su ángulo de inclinación. Para trabajo muy pesado, son esenciales rodillos de superficie endurecida en las articulaciones (1).

Entre los transportadores de paletas podemos mencionar:

- Transportador de cadena de arrastre
- Tipo de escrepa
- Tipo de paletas suspendidas
- Tipo de cadenas suspendidas

- Transportador de flujo continuo
- Elevador tipo Bulk flo
- Elevador tipo Redler (1).

3.2.2 Transportadores de gusano

Los transportadores de gusano tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares, no corrosivos ni abrasivos, cuando se requiere una capacidad moderada, cuando la distancia no es mayor de unos 200 pies (61 m) y cuando la trayectoria no es demasiado pendiente. Suelen costar bastante menos que cualquier otro tipo de transportador y con una sencilla tapa de lámina se pueden hacer herméticos al polvo.

El transportador manejará material en terrones, si no son muy grandes con relación al diámetro de la hélice. Si la longitud excede de la aconsejable para un transportador individual, se puede disponer con facilidad de los transportadores separados, en paralelo o en tándem. Los transportadores de gusano pueden trabajar inclinados. Una hélice de paso estándar puede mover material en planos inclinados hasta de 35° . En la tabla siguiente se indica la reducción en capacidad, en comparación con la que tiene cuando trabaja en sentido horizontal (1).

Tabla V Reducción en la capacidad de los transportadores de gusano (1)

Inclinación, grados	10	15	20	25	30	35
Reducción de capacidad, %	10	26	45	58	70	78

Los materiales abrasivos o corrosivos se pueden manejar con una construcción adecuada de la hélice y del canal.

La hélice normal para estos transportadores tiene un paso más o menos igual que su diámetro exterior. Se utilizan otras conformaciones para casos especiales. Los gusanos de paso corto son aconsejables para pendientes mayores de 29° .

Los gusanos de paso variable, con paso corto en el extremo de alimentación, controlan en forma automática el flujo del material hacia el transportador, de modo que la carga va proporcionada de forma correcta para la longitud más allá del punto de alimentación. Con una sección corta, ya sea de paso más corto o de diámetro menor, el transportador se carga por sí mismo y no necesita alimentador (1).

Las paletas cortadas se emplean para transportar y mezclar cereales, granos y otros materiales ligeros. Los **gusanos de cinta** se emplean para materiales húmedos y pegajosos, como melazas, alquitrán caliente y asfalto, los cuales, de otra forma, se pegarían al eje (1).

Los gusanos de paletas se utilizan en forma principal para mezclar materiales como mortero y mezclas bitulíticas para pavimentos. Una aplicación típica es en el batido de las cenizas en agua para eliminar el polvo (1).

Las construcciones normales tienen hélice y canal de acero simple o galvanizado. Para abrasivos y corrosivos, como cenizas húmedas, tanto la hélice como el canal pueden ser de hierro fundido cementado.

Para abrasivos simples, se puede recubrir el borde externo de la hélice con una tira renovable de Stellite u otro material similar de extrema dureza. Para productos alimenticios, el aluminio, el bronce, el metal Monel y el acero inoxidable son adecuados, pero costosos (1).

3.2.3 Toboganes

Material a granel. Si el material es frágil y no se puede enviar por medio de un simple tobogán vertical, se especifica un tobogán de retardación o demora (1).

El material en terrones, como el coque o el carbón en trozos grandes, que es difícil de controlar cuando sale desde un depósito, se maneja con un tobogán alimentador controlado por cadena, con una criba de cadenas gruesas, sinfín, colgadas del árbol de una rueda dentada. El peso de la cortina de cadena mantiene el material en el tobogán. Cuando se desea movimiento, se hace girar con lentitud el árbol de la rueda dentada, ya sea a mano o con un motorreductor (1).

3.3 Transportadores conductores

Se les llama conductores, debido a que la carga se transporta y no se arrastra, como ocurre en los transportadores no conductores. También se les conoce como transportadores de trayectoria no fija. Existen diferentes tipos de los cuales podemos mencionar los siguientes (1).

3.3.1 Transportadores de banda articulada

Los transportadores de banda articulada se especifican para materiales granulares, en terrones o en trozos. Dado que la carga se transporta y no se arrastra, requieren menos potencia que los transportadores de gusano o de escrepa (1).

Los transportadores de banda articulada pueden tener placas de delantal o laterales para permitir mayor altura del material sobre el transportador, por ejemplo, cuando se utiliza como alimentador que toma el material de una tolva de vía con un volumen controlado de alimentación. No son aconsejables si la longitud es muy grande, porque hay otros transportadores de costo mucho menor (1).

Los tamaños de los terrones están limitados por la anchura de la bandeja y por la capacidad del transportador para soportar el impacto de la carga. La descarga sólo es posible por un extremo. El transportador de banda articulada consiste en dos cadenas de rodillo, separados por placas de mandil traslapadas, que forman la superficie para transporte, con costados de 2 a 6 pulg (51 a 152 mm) de altura (1).

Los transportadores de banda articulada se utilizan normalmente sin alimentadores o con alimentadores, siempre y cuando la abertura de la tolva de alimentación sea lo bastante estrecha para evitar el derrame de material por los costados del transportador, la velocidad no debe exceder de 60 pies/min (0.30 m/s); 0.30 pies/min (0.15 m/s), cuando se utiliza sin alimentador o con alimentador respectivamente (1).

3.3.2 Transportadores y elevadores de cangilones

Los transportadores de cangilones con la parte superior descubierta son semejantes a los transportadores de banda articulada, excepto que se utilizan recipientes cóncavos en vez de las placas planas o corrugadas utilizadas en el de banda articulada (1).

Los portadores funcionan en pendientes más pronunciadas que los de banda articulada (hasta de 70°), ya que los cangilones impiden que el material se corra hacia atrás. La **velocidad**, cuando se cargan por medio de un alimentador es de 60 pie/min (0.30 m/s) máxima y cuando arrastran la carga desde una tolva o depósito, es ≤ 30 pie/min (1).

Los **portadores de cangilones en V** se emplean para elevar y transportar material no abrasivos, en especial carbón cuando hay que elevarlo y transportarlo con un solo aparato. La longitud y la altura de elevación están limitadas por la resistencia de las cadenas y rara vez exceden de 75 pies (22.9 m). Estos portadores trabajan en cualquier declive y pueden descargar en cualquier punto de la carrera horizontal (1).

La velocidad no debe exceder de 100 pie/min (0.51 m/s) cuando se maneja material grande, pero cuando el material es pequeño, se puede aumentar la velocidad a 125 pie/min (0.64 m/s). Se logran mejores resultados cuando se mantienen bajas las velocidades (1).

Los **portadores de cangilones pivotados** tienen aplicación principal donde la trayectoria es de vuelta completa en un plano vertical. Su uso más importante ha sido para el doble servicio de manejar carbón y cenizas en las instalaciones con calderas. Requieren menos potencia que los transportadores

con cangilones en V. La longitud y la altura están limitadas por la resistencia de las cadenas (1).

La longitud rara vez excede de 500 pies (152m) y la altura de elevación, de 100 pies (30m). Funcionan con cualquier declive y descargan en cualquier punto del tramo horizontal. El tamaño de los trozos queda limitado por el de los cangilones. El costo de mantenimiento es muy bajo. Otras aplicaciones son para escoria caliente, productos químicos granulados y pulverizados, cemento, piedra (1).

Los **elevadores de cangilones** son de dos tipos: **1)** cadena y cangilones, en el cual los cangilones están sujetos a una o dos cadenas; **2)** banda y cangilones, en el cual están unidos a bandas de lona o de caucho (hule). Cualquiera de los dos tipos puede ser vertical o inclinado y tener cangilones continuos o discontinuos. Los elevadores de cangilones se utilizan para elevar cualquier material a granel que no se adhiera al cangilón (1).

Los elevadores de banda y cangilones se adaptan en particular para el manejo de material abrasivo que produciría desgaste excesivo en las cadenas. Los elevadores de cadena y cangilones se utilizan con frecuencia con cangilones perforados, cuando se maneja material mojado, para escurrir sobrantes de agua (1).

Los elevadores de cangilones continuos por lo general funcionan a 100 pie/min (0.51 m/s) o menos y son de una o doble cadena. Para capacidad máxima y gran proporción de trozos o terrones, los cangilones se extienden hacia la parte posterior, detrás de los tramos de la cadena. A este elevador se le llama también elevador de supercapacidad (1).

Las cubiertas para elevadores suelen ser seccionales, herméticas al polvo, hechas de lámina de acero de 3/16 pulg (4.8 mm), o mejor, de aluminio (1).

3.3.3 Transportadores de banda

Los transportadores de banda son para trabajo pesado y adecuado, para el transporte de grandes tonelajes sobre trayectorias fuera del alcance de cualquier otro tipo de transportador mecánico. La capacidad puede ser de miles de toneladas por hora y tener varias millas de longitud. Son horizontales o inclinados hacia arriba o hacia abajo o una combinación de estas direcciones (1).

En su forma más sencilla, el transportador consta de una polea motriz o cabezal, una polea tensora, una banda sinfín y poleas locas de transporte y de retorno. El espaciamiento entre las poleas locas de transporte varía según la anchura y la carga sobre la banda y suele ser de 5 pies (1.5 m) o menos. Las poleas locas para retorno están espaciadas entre centros de 10 pies (3 m) o poco menos con bandas anchas (1).

La anchura de la banda se determina por la capacidad y tamaño máximo de terrones deseados en el transportador. La construcción normal de las bandas de caucho tiene cierto número de capas o "lonas" de loneta de algodón, o de fibras sintéticas como rayón, nylon o poliéster, ligadas entre sí con un compuesto de caucho llamado fricción y forradas con caucho por ambas caras para la abrasión y evitar la entrada de humedad (1).

El espesor de la cubierta superior se determina según la severidad del servicio y varía entre $\frac{1}{16}$ y $\frac{3}{4}$ pulg (1.6 y 19 mm). La cubierta inferior suele ser de $\frac{1}{16}$ pulg (1.6 mm). Si se instala una capa de tejido de trama floja, llamada tira protectora, entre la cubierta y la capa externa del tejido, se aumenta al doble la adherencia de la cubierta a la carcasa (1).

3.3.4 Alimentadores

Al sacar material desde una tolva o un depósito hacia un transportador, debe usarse un alimentador automático, (a no ser de que el material esté seco y corra con facilidad, como los granos). El funcionamiento satisfactorio de un transportador depende de la alimentación con una corriente uniforme y continua de material. El alimentador de placa reciprocante que consiste en una placa montada sobre cuatro ruedas y que forma el fondo de la tolva. La capacidad de este alimentador se determina por la longitud y el número de carreras, la anchura de la placa y la ubicación de la compuerta ajustable (1).

El número de carreras no debe exceder de 60 a 70 por minuto. Cuando se usa debajo de una tolva de vía, el material que queda sobre la placa se puede congelar en invierno, pues este tipo de alimentador no es de autolimpieza (1).

Alimentadores vibratorios

El alimentador vibratorio consiste en una placa con ligera inclinación hacia abajo, a la cual se hace vibrar: **1)** con una polea desequilibrada de alta velocidad, **2)** con vibraciones electromagnéticas procedentes de uno o más solenoides, como en el alimentador Jeffrey Manufacturing Co., o

3) por pulsaciones más lentas, que se logran al montar la placa sobre muelles de hojas inclinados hacia atrás (1).

El **alimentador vibratorio eléctrico** funciona por acción magnética con un gran número de carreras cortas (7200 por minuto con corriente alterna en los tamaños pequeños y 3600 con corriente continua a pulsaciones en los tamaños grandes) (1).

3.3.5 Transportadores neumáticos

Los transportadores neumáticos llevan material seco, granulado, de libre circulación en suspensión dentro de un tubo o conducto por medio de una corriente de aire con alta velocidad o por la energía de expansión de aire comprimido dentro de una columna de alta densidad relativa, de material fluidificado o aerado (1).

Los usos principales son: **1)** recolección de polvo; **2)** transporte de materiales blandos como granos, alimentos secos (harinas y alimentos para animales), productos químicos (sosa comercial, cal, panes de sal), astillas de madera, negro de humo y serrín; **3)** transporte de materiales duros como ceniza volátil, cemento, sílice, minerales metálicos y fosfato (1).

La necesidad de procesar polvos y harinas transportados a granel, en condiciones exentas de contaminación, ha aumentado el uso de los transportadores neumáticos (1).

En los sistemas neumáticos al vacío para manejo de ceniza, la circulación de aire se induce con extractores o aspiradores de tipo de chorro de

vapor o de agua o con ventiladores mecánicos. Los receptores Nuveyor del tipo de ciclón típicos son para recolectar la ceniza y almacenarla en un silo seco (1).

3.3.6 Transportadores hidráulicos

Los transportadores hidráulicos se utilizan para manejar las cenizas o escorias de las plantas de calderas desde un cenicero o tanque para escoria ubicados debajo del hogar. El material se arrastra desde la tolva hasta una moledora, la cual descarga a una bomba de chorro o una bomba mecánica para transportarlo al lugar para eliminación o a un depósito para desaguarlo. El consumo promedio de agua es de 1 gal/lb de ceniza (1).

3.4 Capacidad de las bandas transportadoras a utilizar

La capacidad transportadora de las bandas está sujeta a factores muy importantes como lo son el material a transportar, el ancho y longitud de la misma y la velocidad con que opera.

3.4.1 Banda inclinada transportadora de material granular

Una solución para el problema del transporte de la cal hacia la tolva de almacenamiento de mezcla, es para esta inclinación una banda con perfiles de 2" de altura (Ver fig. 16). Esta disposición no permite que la cal, por ser un material muy fino, tienda a resbalarse y así lograr que la mezcla sea homogénea. Los cálculos que determinan la capacidad de la banda y la potencia requerida del motor impulsor son:

Datos:

Longitud entre centros = 5.36 metros

Ángulo de inclinación = 40.47°

Transporte de 1.834 m³ en 1.25 minutos

Altura aproximada del material en banda = 2.5 cm

$$A = Q / h * L$$

A = Anchura de la banda

Q = Caudal a manejar en cada ciclo de la banda en m³

H = Altura aproximada que ocupa el material a transportar en todo el contorno de la banda

L = Longitud total de la banda

Un ciclo completo de la banda se realiza en 10 segundos durante un (1) minuto.

$$\begin{aligned} A &= 0.306 \text{ m}^3 / (0.05 \text{ m})(11.68 \text{ m}) \\ &= 0.523 \text{ m} = 20.33'' \end{aligned}$$

Por razones comerciales se opta por una banda de 24".

El cálculo de la potencia del motor eléctrico impulsor para un transportador de banda no es más que la suma de las potencias necesarias para a) mover la banda vacía, b) mover la carga en sentido horizontal, c) elevar la carga si el transportador está inclinado hacia arriba.

- a) La potencia requerida para mover la banda vacía la determinan tanto el ancho como la longitud entre centros de la misma, como se indica en la figura 16.

La potencia obtenida para un transportador de ancho 24" y una longitud entre centros de 5.37 metros es **0.6 HP (1)**.

- b) La potencia para mover 100 ton cortas/hora en sentido horizontal se expresa con la fórmula:

$HP = 0.4 + 0.00325L$ donde L es la distancia entre centros en pie. Por lo tanto:

$$HP = 0.4 + 0.00325(17.62 \text{ pie}) = \mathbf{0.46 \text{ HP}}$$

La suma total nos da un caballaje de **1.06 HP(1)**

- c) Ya que el transportador está inclinado, la potencia se incrementa. El manual del ingeniero mecánico MARKS, no especifica el valor del incremento en la potencia, según sea la inclinación del transportador, por lo tanto este caballaje fue comparado con el que utiliza una banda transportadora de la empresa Mixto Listo S.A., de aproximadamente el doble de longitud.

De igual inclinación pero de una anchura menor, o el material que se maneja en esta banda es arena de río, la potencia que utiliza es de 3 HP, al funcionar satisfactoriamente, lo que nos da una idea del incremento en la carga que es de 1.94 HP.

3.4.2 Banda horizontal transportadora de sacos envasados

Cálculo de la potencia del motor eléctrico impulsor

En este caso al seguir sólo los dos primeros pasos, del cálculo del motor para la banda inclinada, ya que esta es horizontal (Ver figura 41) se obtuvo lo siguiente:

Figura 16 HP requeridos para mover el transportador de banda en vacío a 0.15 m/s

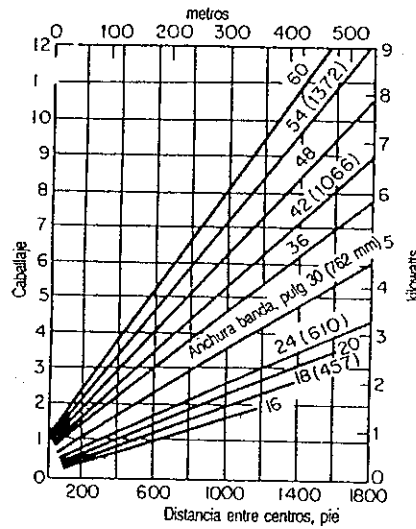
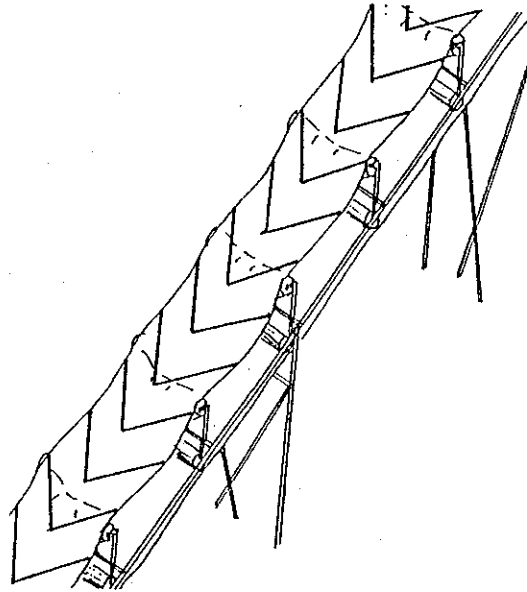


Figura 17 Banda transportadora con perfiles



Del paso a, de la figura 16, se obtiene una potencia de aproximadamente 0.2 HP.

Del paso b, la potencia para mover la banda en sentido horizontal según la fórmula es de:

$HP = 0.4 + 0.00325L$ donde l es la distancia entre centros.

$$HP = 0.4 + 0.00325(3.544) = 0.412 \text{ HP}$$

Por lo tanto la potencia es de: $0.2 + 0.412 = 0.612 \text{ HP}$, escogiendo un valor comercial de $3/4 \text{ HP}$.

3.4.3 Descripción de accesorios

- **Banda inclinada**

- 4 poleas-guía de retorno para bandas con perfil. 4" de diámetro por 26" de longitud.
- 6 bases de tres poleas-guías locas 20°
- 1 rodillo con forro 18" de diámetro por 26" de longitud.
- 1 rodillo de 16" de diámetro por 26" de longitud.
- 4 chumaceras de banco para servicio pesado de 2 1/2".
- Banda EP 220/2 capas de 1/16" por 3/16", por 24" de anchura y 40 pie de largo con perfil de 2".
- Grapas 140 E.
- 1 motor de 3.0 HP 1800 r.p.m.
- Estructura de soporte.

- **Banda horizontal**

- 7 rodillos de retorno.
- Banda PBK 150. 16" de anchura por 15 pie de longitud.
- Grapas 140E.
- Estructura de soporte.

3.5 Compuertas reguladoras de flujo de material

De las compuertas reguladoras de flujo de material granular existen dos tipos de las más usadas en nuestro medio, de las cuales podemos mencionar la de globo o mariposa y la compuerta de mandíbula. Para fines del presente

trabajo describiremos la última ya que serán las de este tipo las que utilizaremos en la sistematización (Ver figura 1).

La compuerta la forman dos mandíbulas, las cuales se encuentran unidas por medio de dos eslabones, éstos además de proporcionarles soporte, son los encargados de ser el pivote que permita el movimiento de rotación.

En sus extremos van acoplados de forma conveniente los vástagos de los cilindros neumáticos, que son los encargados de abrir o cerrar las mandíbulas de la compuerta.

3.6 Descripción de la mezcladora de material sólido a granel

Utiliza un mecanismo de tornillo sinfín para el mezclado de material, que al mismo tiempo cumple la tarea de desalojar dicho material ya mezclado hacia la banda inclinada. Dicho tornillo es impulsado por un motor eléctrico de 10 HP (Ver fig. 18).

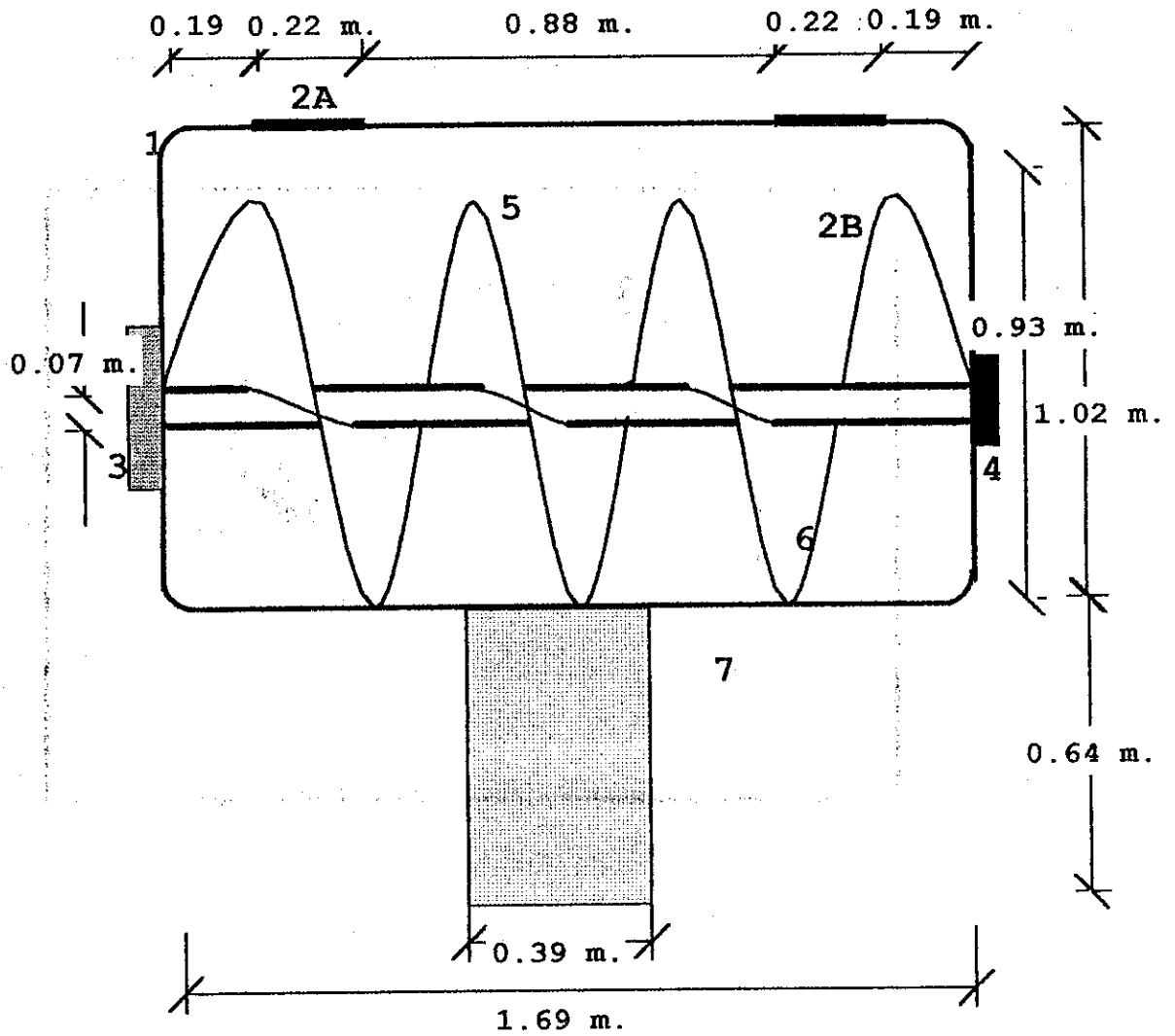
La cubierta es cilíndrica de acero inoxidable de lamina de $\frac{1}{4}$ ", que en su parte inferior, o sea de salida, posee un canal adecuadamente instalado, el cual no permite que al salir el material, éste se vaya hacia los lados, y en cambio, sea dirigido eficazmente hacia la banda transportadora.

3.7 Almacenaje de material sólido a granel

En nuestro medio el almacenaje de material sólido a granel regularmente en nuestro medio se realiza en silos, tolvas, galeras o a la intemperie; siendo las condiciones del proceso, el lugar y las necesidades de la empresa, los factores que van a determinar qué tipo de almacenaje se debe utilizar.

En nuestro caso las tolvas son el medio más apropiado tanto de alimentación de materia prima como de almacenaje de la misma, ya que el proceso necesita de una constante alimentación, almacenaje y desalojo de materia prima a ser envasada, y las tolvas por su forma se adaptan perfectamente a nuestros propósitos.

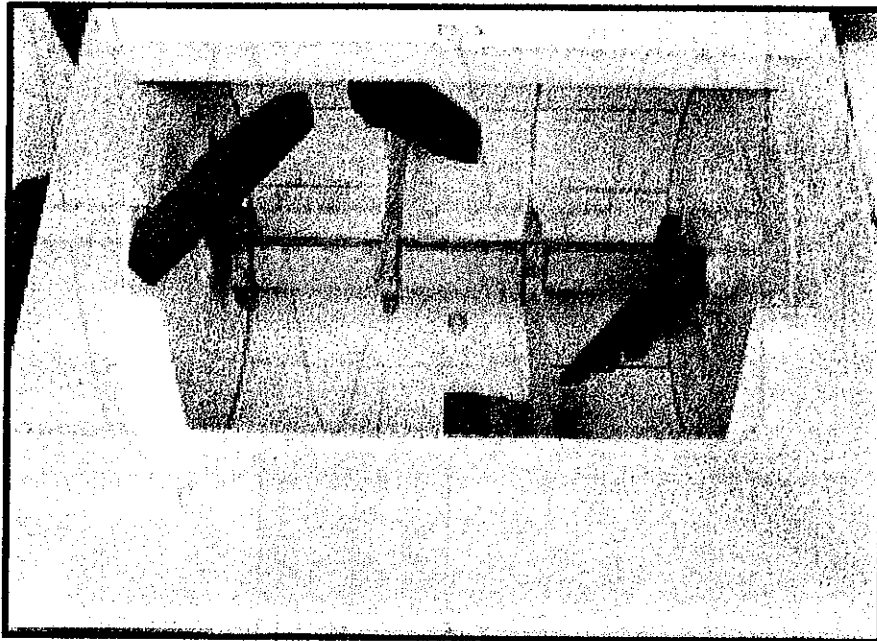
Figura 18 Mezcladora de material granular tipo tornillo sinfin (Vista interior).



- 1 = CUBIERTA METALICA
- 2A Y AB = ENTRADA DE MATERIALES
- 3 = REDUCTOR DE VELOCIDAD
- 4 = CHUMACERA O COJINETE
- 5 = TORNILLO SIN FIN MEZCLADOR
- 6 = EJE
- 7 = CONDUCTO GUIA(CHIFLE)

La compuerta controladora del flujo de material en la salida de la mezcladora es gobernada por un cilindro neumático, el cual se acciona para abrir o cerrar dicha compuerta durante determinado tiempo. *

Figura 19 Mezcladora de paletas



Revista Mixer Systems, INC. Página 7.

En la figura 19 se muestra un esquema de una mezcladora de paletas utilizada para la mezcla de concreto* vista internamente.

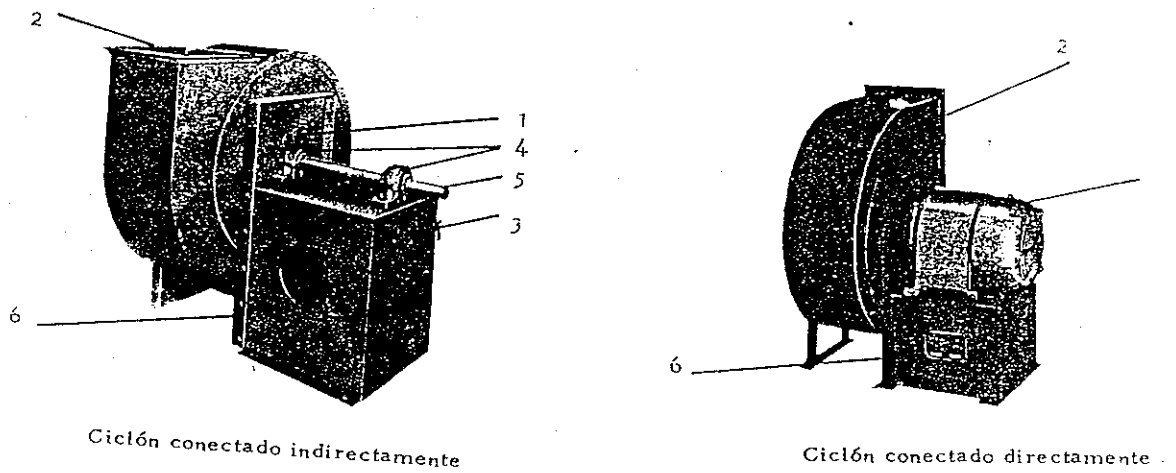
* Este tipo de mezcladora es la que se utilizará para la sistematización del equipo.

* Debe tomarse en cuenta que esta mezcladora no es la que se va a utilizar para la sistematización del equipo, fue incluida para darla a conocer al lector.

3.8 Descripción del sistema de ciclón

Debido a que la cal es un material que provoca demasiado polvo, este problema en la sistematización del equipo se tiene en la salida de la mezcladora de material sólido a granel.

Figura 20 Sistema de ciclón



1. Ventilador
2. Boca de Succión
3. Boca de salida de aire
4. Cojinetes
5. Eje motriz
6. Estructura de soporte
7. Motor

Este equipo está compuesto de un ventilador, el cual produce succión de aire, atrae el polvo ya sea de la cal, la arena o la grava, hacia una cámara donde cae parte de él a un recipiente recolector de polvo.

También forman parte de él, cojinetes, eje motriz, estructura de soporte, motor eléctrico, poleas y banda transmisora de potencia (Ver figura 20).

4. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE CONTROL, DE FLUJO DE MATERIAL.

La dosificación de material es el factor más importante en el proceso de envasado, ya que la mezcla debe poseer las proporciones correctas de cada uno de los materiales que la componen.

Hoy en día los sistemas neumáticos han demostrado una efectividad en lo que a precisión se refiere, en las actividades de los distintos procesos industriales. El manejo, transporte y control de flujo de materiales granulares no son la excepción, ya que se han tenido muy buenos resultados, que son los que respaldan las decisiones de diseño del sistema neumático en cuestión.

La compatibilidad que existe entre los sistemas neumáticos y los mandos eléctricos por microprocesador (Ver inciso 1.3.1.2 y 4.3.3) facilitan de gran manera la automatización de procesos industriales, con esto logran una productividad rápida y eficaz. Estos dos aspectos son indispensables, si deseamos una dosificación de material satisfactoria.

4.1 Principios fundamentales de neumática

En la neumática, se trabaja con la mezcla gaseosa terrestre que es el aire. El aire es una mezcla gaseosa que se compone esencialmente de dos gases:

- Nitrógeno (N_2) aproximadamente el 78% del volumen
- Oxígeno (O_2) aproximadamente el 21% del volumen (2)

Además, contiene en pequeñas cantidades dióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio criptón y xenón. Aparte de estos gases, el aire que nos rodea posee un tanto por ciento variable de vapor de agua (humedad) (2).

Como modelo se pueden imaginar las moléculas gaseosas como diminutas bolitas elásticas. En un (1) cm^3 , se encuentra una cantidad increíblemente grande de ellas (27×10^{18}) (2).

Las moléculas gaseosas no se encuentran en reposo, sino que están en intenso movimiento, chocando entre sí continuamente. Debido a este movimiento se explica el porqué un gas ocupa continuamente todo el espacio disponible en el recipiente que lo contiene. Las moléculas del gas chocan ininterrumpidamente contra las paredes del recipiente y originan una presión (2).

4.1.1 Neumática

Parte de la física que estudia las propiedades del aire comprimido y sus diferentes aplicaciones (2).

4.1.2 Aire comprimido

Si se llenara de aire un balón se notaría como se le introduce gran cantidad de aire sin que su volumen aumente, claro está que si el aire es demasiado el balón estallará, pero suponiendo que este balón fuera de hierro,

entonces se le podría introducir mucho más aire, sin variar su volumen, esto es posible gracias a la propiedad que recibe el nombre de **COMPRESIBILIDAD (2)**.

A primera vista puede sorprender que la neumática se haya extendido de forma tan intensa y rápida en un espacio de tiempo tan corto; esto se debe, entre otras cosas, a que en algunos problemas de automatización no se puede emplear ningún otro medio de trabajo tan sencillo y económico, sobre todo en la denominada pequeña automatización (2).

Las ventajas y desventajas del aire comprimido se escriben a continuación.

Ventajas:

- El aire se encuentra disponible en todas partes en cantidades ilimitadas.
- El aire comprimido es transportable cómodamente mediante tuberías, incluso a grandes distancias.
- El aire comprimido puede ser almacenado fácilmente.
- No es necesario devolver el aire comprimido a su lugar de origen. Una vez realizado su trabajo, puede dejarse escapar al exterior.
- El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura. De esta forma se garantiza un trabajo seguro, incluso en condiciones extremas de temperatura.
- El aire comprimido está a prueba de explosiones. De esta forma no se precisa de ningún dispositivo costoso de protección contra explosiones.

- El aire comprimido es limpio. Esto es especialmente importante en la industria de productos plásticos, en la industria textil, en la industria de la madera etc.
- La construcción de los elementos de trabajo para el funcionamiento con aire comprimido es sencilla y económica.
- El aire comprimido es rápido, por lo que le permite obtener elevadas velocidades de trabajo.
- Las velocidades y la fuerza de los elementos neumáticos son regulables sin escalonamientos.
- Las herramientas y los elementos de trabajo están a pruebas de sobrecargas.
- Se pueden obtener directamente movimientos rectilíneos (2).

Desventajas:

- El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara. No obstante este elevado costo de energía se absorbe en gran parte por la utilización de elementos y aparatos más sencillos, más compactos y más económicos.
- El aire comprimido exige una buena preparación. No debe acarrear consigo ningún resto de suciedad o humedad (Provocaría desgaste de las herramientas y de los aparatos).
- No es posible obtener velocidades uniformes y constantes en la carrera de un cilindro, debido a que el aire es fácilmente compresible.
- El aire de los escapes es ruidoso. No obstante, es problema está resuelto hasta hoy, en parte, gracias al creciente desarrollo de materiales para la fabricación de silenciadores de escape.
- La niebla aceitosa, que se aporta al aire para lubricar los aparatos, se pierde al escapar el aire a la atmósfera (2).

Producción del aire comprimido.

El aire comprimido es producido mediante un compresor y distribuido al punto de trabajo mediante las tuberías de distribución (2).

4.1.3 Parámetros

Para comprender mejor el comportamiento del aire a presión, deben considerarse las magnitudes físicas que rigen su comportamiento. Para el estudio de la neumática, son necesarias las siguientes magnitudes básicas (2).

- Longitud en metros (m).
- Masa en kilogramos (Kg).
- Tiempo en segundos (s).
- Temperatura en grados kelvin (K) o Celcius ($^{\circ}\text{C}$).

A partir de estas magnitudes, se pueden describir los parámetros principales que se utilizan en la neumática.

- Volumen en plg.^3 ó m^3 .
- Caudal en m^3/min .
- Área en plg.^2 ó m^2 .
- Fuerza en lbf, N, ó Kgf.
- Presión en bares, kpa, ó psi. (medida inglesa)(2)

4.1.4 Simbología

A las características de un aparato neumático pertenecen también los símbolos de conexión (ISO 1219). Esta fue incluida en la norma alemana y toma el puesto de DIN/ISO 1219. En la tabla VI se resumen los más importantes símbolos según esta norma. Resultan diferencias de poca importancia en comparación con DIN 24300, tanto en símbolo como en la denominación. Donde nos parece oportuno, se agregan explicaciones de la norma antigua (2).

4.1.5 Tipos de compresores, aplicaciones y ventajas

- **Compresores de émbolo**

Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar) (2).

Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa por el primer émbolo, seguidamente se refrigera, para luego ser comprimido por el siguiente émbolo. El volumen de la segunda cámara de compresión es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema de refrigeración (2).

Los compresores de émbolo oscilante pueden refrigerarse por aire o por agua, y según las prescripciones de trabajo las etapas que se precisan son:

hasta 400 kPa (4 bar = 57.14 psi), 1 etapa

hasta 1500 kPa (15 bar = 217.14 psi), 2 etapas

más de 1500 kPa (15 bar = 217.14 psi), 3 etapas o más (2).

Tabla VI Simbología

SIMBOLOGÍA			Denominación	Significado	Símbolo																																							
Denominación de las conexiones Líneas de utilización..... A, B, C Alimentación, tosa de aire comprimido..... r Escape, purga..... R, S, T Fuga..... L Líneas de mando..... Y, Z			Cilindro con amortiguación	Con amortiguación simple no regulable (efecto solo en un sentido)																																								
				Con amortiguación en ambos lados, no regulable (efecto en ambos lados)																																								
				Con amortiguación simple, regulable																																								
				Con amortiguación en ambos lados, regulable																																								
			Freno hidráulico	Regulación en un sentido																																								
				Regulación en ambos sentidos																																								
			Amortiguación hidráulica	Regulación en un sentido																																								
			Unidad de avance oleo neumática	Unidad que consta de cilindro neumático y freno hidráulico con regulación de velocidad en dos sentidos.																																								
			Cilindro con accionamiento constante	Cilindro neumático, en el que una vez conectado el aire comprimido y alcanzada una posición final del émbolo, el movimiento del émbolo se invierte automáticamente hasta que se cierra el aire de entrada.																																								
			Multiplicador de presión	Dispositivo que convierte una presión X a una presión Y mayor. Para medios de presión con idénticas características, p.e. una presión neumática X se convierte a una presión Y mayor. Para dos medios de presión diferentes, p.e. una presión neumática X se convierte a una presión Y hidráulica mayor.																																								
			Convertidor de presión	Dispositivo que convierte una presión neumática a una presión hidráulica siempre igual, ó viceversa.																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Denominación</th> <th>Significado</th> <th>Símbolo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Transformación de la energía</td> </tr> <tr> <td>Compresor</td> <td>Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Motor neumático</td> <td>Con volumen de desplazamiento constante</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con un sentido de flujo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con dos sentidos de flujo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con volumen de desplazamiento variable</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"></td> <td>Con un sentido de flujo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con dos sentidos de flujo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motor giratorio</td> <td>Neumático (motor neumático con giro limitado)</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cilindro de simple efecto</td> <td>Cilindros, en los que la presión solo tiene efecto en un mismo sentido (para avance)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Retroceso por una fuerza no determinada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Retroceso por muelle</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Cilindro de doble efecto</td> <td>Cilindros en los que la presión tiene efecto en ambos sentidos, a voluntad (avance y retroceso)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con un solo vástago</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Con doble vástago</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Denominación	Significado	Símbolo	Transformación de la energía			Compresor	Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)		Motor neumático	Con volumen de desplazamiento constante		Con un sentido de flujo		Con dos sentidos de flujo		Con volumen de desplazamiento variable			Con un sentido de flujo		Con dos sentidos de flujo		Motor giratorio	Neumático (motor neumático con giro limitado)		Cilindro de simple efecto	Cilindros, en los que la presión solo tiene efecto en un mismo sentido (para avance)		Retroceso por una fuerza no determinada		Retroceso por muelle		Cilindro de doble efecto	Cilindros en los que la presión tiene efecto en ambos sentidos, a voluntad (avance y retroceso)		Con un solo vástago		Con doble vástago			
Denominación	Significado	Símbolo																																										
Transformación de la energía																																												
Compresor	Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)																																											
Motor neumático	Con volumen de desplazamiento constante																																											
	Con un sentido de flujo																																											
	Con dos sentidos de flujo																																											
	Con volumen de desplazamiento variable																																											
	Con un sentido de flujo																																											
	Con dos sentidos de flujo																																											
Motor giratorio	Neumático (motor neumático con giro limitado)																																											
Cilindro de simple efecto	Cilindros, en los que la presión solo tiene efecto en un mismo sentido (para avance)																																											
	Retroceso por una fuerza no determinada																																											
	Retroceso por muelle																																											
Cilindro de doble efecto	Cilindros en los que la presión tiene efecto en ambos sentidos, a voluntad (avance y retroceso)																																											
	Con un solo vástago																																											
	Con doble vástago																																											

Tabla VI Simbología (continuación)

Denominación	Significado	Símbolo	Denominación	Significado	Símbolo
Cruce de conducciones	Conducciones no unidas entre sí		Unidad de mantenimiento	Unidad de aparatos que consiste de filtro, regulador de presión, manómetro, y lubricador	
Lugar de escape del aire				Símbolo simplificado	
Orificio de salida	Sin dispositivo para conexión		Indicación óptica	Indicación de presión mediante color	
	Con rosca para conexión		Tipos de accionamiento		
Toma de energía	Conexión de presión en aparatos y conducciones para toma de energía o para mediciones Con tapón de cierre Con conducción de conexión		Accionamiento muscular	En general (sin indicación del tipo de accionamiento) Mediante pulsador Mediante palanca Mediante pedal	
Acoplamiento rápido	Unido, en válvula antirretorno que abre mecánicamente Unido, con válvulas antirretorno que abren mecánicamente Desacoplado, con final abierto Desacoplado, fin cerrado mediante válvula antirretorno sin muelle		Accionamiento mecánico	Mediante leva (básico) Mediante muelle Mediante rodillo Mediante rodillo escamoteable, trabaja solo en un sentido (retroceso en vacío)	
Unión de giro	Unión de conducción que permite giro en ángulo durante el funcionamiento 1 paso 3 pasos		Accionamiento neumático	Efecto directo por medio de la aplicación de presión Mediante escape en el piloteje Mediante diferentes superficies de mando. El rectángulo mayor en el símbolo representa la mayor superficie de mando, es decir, la fase con prioridad Accionamiento indirecto, servopilotado Mediante aplicación de presión de la válvula servopilotada Mediante compensación de la válvula servopilotada	
Silenciador			Accionamiento eléctrico	Mediante electroimán con un bobinado Con dos bobinados de efecto del mismo sentido Con dos bobinados de efecto en sentido inverso	
Recipiente (depósito aire comprimido)			Accionamiento combinado	Mediante electroimán y válvula servopilotada Mediante electroimán ó válvula servopilotada	
Filtro	Aparato para separar partículas de suciedad		Enclavamiento	Dispositivo que mantiene una posición prefijada	
Separador de agua	Accionamiento manual Con purga automática		Mecanismo de avance	Evita, p.e., que un émbolo que se encuentra en posición media se quede parado	
Filtro con separador de agua	Este aparato es una combinación de filtro y separador de agua Accionamiento manual Con purga automática				
Secador de aire	Aparato en el que se seca el aire (p.e. mediante químicos)				
Lubricador	Aparato en el que se enriquece el aire con un pequeño flujo de aceite para la lubricación de los elementos de trabajo				
Manómetro					

Tabla VI Simbología (continuación)

Denominación	Significado	Símbolo
Válvulas de mando		
2/2-vías	Dos conexiones, posición de reposo cerrada	
	Dos conexiones, posición de reposo abierta	
3/2 vías	En primera posición de conexión, entrada cerrada, p. e., un cilindro de simple efecto a escape o conectado a una conducción de escape.	
	En reposo, entrada abierta, conectada a la utilización.	
4/2 vías	Con dos posiciones de conexión, p. e., para cilindros de doble efecto	
5/2 vías	Con dos posiciones de conexión, p. e., para cilindros de doble efecto	
3/3 vías	Con posición central cerrada y tres posiciones	
4/3 vías (ejemplos)	Con posición central a depósito y 2 posiciones de distribución	
	Con posición central, salidas a escape y 2 posiciones de distribución	
5/3 vías	Con posición central cerrada y dos posiciones de distribución	
5/4 vías	Con posición central cerrada y 3 posiciones de distribución	
3/6 vías	La entrada P está unida a una de las 6 salidas. Las salidas que no conectan están a escape.	
Válvula anti-retorno	Sin muelle	
	Abre cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida. Bajo presión del muelle abre, cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida, sobre la fuerza de resorte del muelle.	
Válvula selectora	Cualquiera de las dos entradas conecta con la salida, mientras que la otra entrada queda cerrada cuando se establece presión en una de ellas.	
Denominación	Significado	Símbolo
Válvula de escape rápido	Cuando la abertura de entrada está sin aplicación de presión, entonces la salida está a libre escape a la atmósfera.	
Válvula de estrangulación	Con estrangulación regulable	
Regulador unidireccional (válvula anti-retorno con estrangulación)	Regulador con paso de aire en un sentido y estrangulación constante en el otro sentido.	
	Con estrangulación regulable	
Válvula secuencial	Cuando la presión en la entrada sobrepasa un cierto valor, se abre su paso hacia la salida	
Válvula reguladora de presión	Válvula que mantiene ampliamente constante la presión de salida, a pesar de alteraciones en la presión de entrada	
	Sin escape (no se compensan los regímenes excesivos) Con escape (se compensan los regímenes excesivos)	
Regulador de presión diferencial	La presión de salida se reduce a un valor fijo, que depende de la presión de entrada.	
Válvula de aislamiento o cierre		
Válvula de simultaneidad	La salida solamente conduce aire a presión cuando las dos entradas se hallan bajo presión	
Transmisión y acondicionamiento de la energía		
Fuente de presión		
Conducción de trabajo	Conducción para transmisión de energía	
Conducción de mando	Conducción para transmisión de la energía de mando (ajuste y regulación incluidos)	
Conducción de salida o fuga	Conducción para escape de aire	
Unión de conducción flexible	Para unir piezas móviles	
Conducción eléctrica	Conducción para transmisión de energía eléctrica	
Unión entre conducciones	Uniones fijas, p. e. soldado, atornillado (inclusive Filings y recores)	

- **Compresor de membrana**

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por lo tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite. Estos compresores se emplean con preferencia en las industrias alimenticias, farmacéuticas y químicas (2).

- **Compresor de émbolo rotativo**

Consiste en un émbolo que ésta animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético (2).

- **Compresor rotativo multicelular**

Un rotor excéntrico gira alrededor de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas (2).

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente (2).

- **Compresor de tornillo helicoidal**

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente (2).

- **Compresor roots**

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos (2).

- **Turbocompresores**

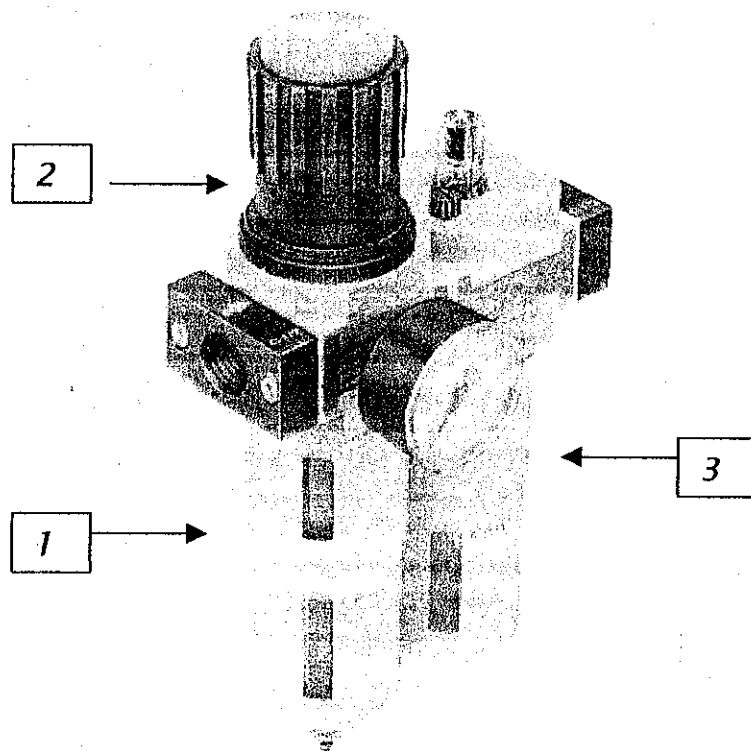
Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en energía elástica de compresión (2).

Existen dos tipos: axial y radial, el primero la rotación de los álabes acelera el aire en sentido axial de flujo. El segundo tipo, la aceleración progresiva de cámara a cámara en sentido radial hacia fuera; el aire en circulación regresa de nuevo al eje. Desde aquí se vuelve a acelerar hacia fuera (2).

4.1.6 Unidad de mantenimiento

Una unidad de mantenimiento debe preparar el aire antes de su utilización en un dispositivo neumático. El aire debe ser depurado y de él debe extraerse el agua. Esta operación también la efectúa el filtro con separador de agua. La presión del aire puede ajustarse a un valor determinado y constante, por medio de la válvula reguladora de presión. Finalmente, el aire debe enriquecerse con una fina niebla de aceite, para lubricar las guías de los elementos de mando y de trabajo. El lubricador cumple con este cometido (2).

Figura 21 Unidad de mantenimiento



Funcionamiento

Los tres elementos se conectan uno a continuación del otro (Fig. 21) Algunos constructores disponen la válvula reguladora de presión encima del filtro, formando con él una sola unidad (2).

El aire es depurado en el filtro 1 y atraviesa la válvula reguladora de presión 2 donde la presión es reducida a un valor constante. El valor ajustado puede leerse en un manómetro, para permitir un funcionamiento uniforme, la presión ajustada debe ser ligeramente inferior a la presión mínima de la red (2).

El lubricador 3 colocado a continuación, proporciona el aire en circulación una niebla fina de aceite. No obstante, no debe exagerarse la lubricación, ya que podrían obstruirse los conductos más pequeños de los elementos sin embargo algunos elementos, de ciertas industrias, (por ejemplo la de productos alimenticios y hospitales), exigen que el aire esté exento de aceite (2).

Aplicación.

La unidad de mantenimiento se encuentra a la entrada de toda instalación neumática. A continuación de toda unidad de mantenimiento, hay que prever una válvula de mantenimiento para conectar y desconectar rápidamente la tubería de alimentación (2).

4.1.7 Cilindros neumáticos

Son dispositivos que permiten transformar la energía de presión a energía mecánica. Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos según sea la

aplicación a la que estén dirigidos. A continuación se describe el funcionamiento y las partes de que está compuesto un cilindro neumático de simple efecto con muelle de retorno y un cilindro de doble efecto*. En la tabla VI se presenta la simbología de los diferentes tipos de cilindros que existen en el mercado (2).

4.1.7.1 Cilindro de simple efecto con muelle de retorno

Objeto del cilindro de simple efecto

El cilindro de simple efecto debe producir una fuerza y un movimiento en sentido rectilíneo.

Debido a la elasticidad necesaria del muelle incorporado, la carrera de los cilindros de simple efecto está limitada a 100-200 mm según el diámetro del émbolo (2).

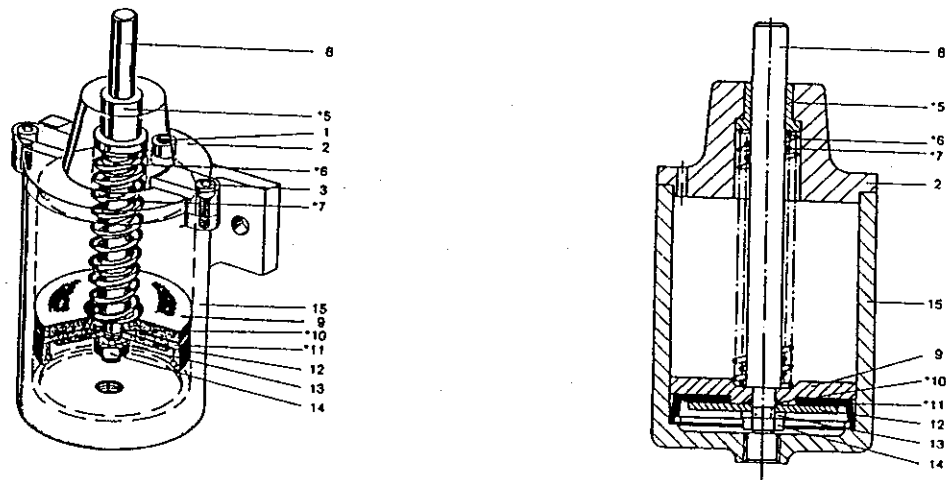
Funcionamiento

El aire comprimido entra en el cilindro por el conducto (18) del lado del émbolo (alimentación por un solo lado). La presión que se va formando produce una fuerza F sobre la superficie del émbolo (9) junto con el vástago (8). Una vez que el vástago (8) ha salido totalmente, la presión sigue aumentando hasta alcanzar la presión de trabajo disponible en la alimentación. Después de que se ha liberado la presión en el cilindro, los muelles incorporados (6 y 7), hacen que el émbolo vuelva a su posición de partida (retroceso). La fuerza de los muelles ha sido calculada exclusivamente para hacer retroceder al émbolo a

* El cilindro de doble efecto es el tipo de cilindro que se utilizará en el presente proyecto (Ver figura 32).

su posición de partida. Por ello, no se pueden hacer retroceder piezas pesadas (2).

Figura 22 Cilindro de simple efecto (construcción)



Pos.	Denominación
1	Casquillo tamiz
2	Culata delantera
3	Tornillo de sujeción
4	Conjunto culata delantera comp.
5*	Cojinete guía
6*	Muelle
7*	Muelle

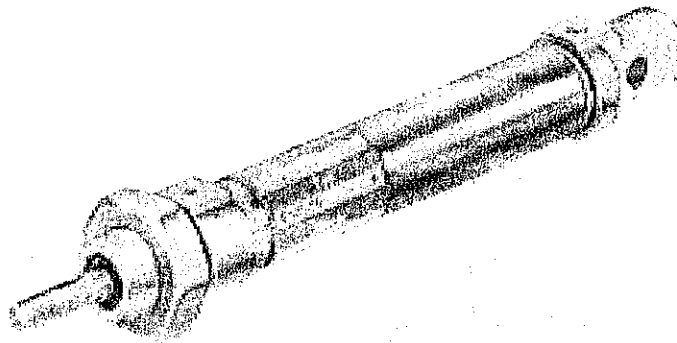
Pos.	Denominación
8	Vástago
9	Embolo
10*	Junta tórica
11*	Junta émbolo
12	Disco de sujeción
13	Arandela de presión
14	Tuerca hexagonal
15	Cuerpo del cilindro

Los cilindros de simple efecto, son alimentados por aire comprimido por un solo lado, por lo que únicamente pueden trabajar en una dirección. Debido al muelle incorporado, la carrera debe ser relativamente corta, ya que al aumentar ésta, disminuye la fuerza efectiva del émbolo (2).

Aplicación

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, expulsar, prensar, elevar, alimentar, etc.

Figura 23 Fotografía de un cilindro de simple efecto



Catálogo electrónico de neumática FESTO.

4.1.7.2 Cilindro de doble efecto

Objeto del cilindro de doble efecto

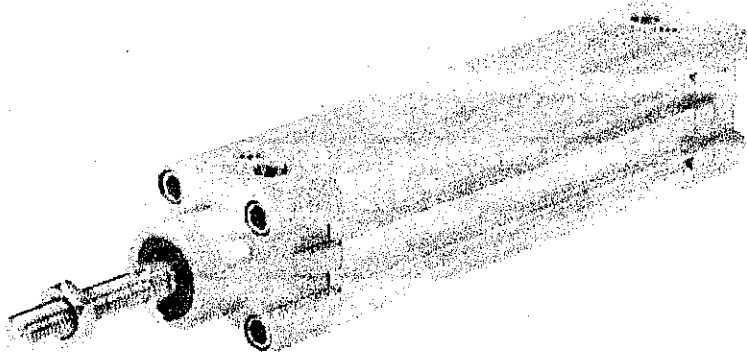
Según la presión que actúe sobre la superficie del émbolo, el cilindro de doble efecto puede producir una fuerza y un movimiento rectilíneos (2).

Funcionamiento

Por la culata posterior del cilindro entra el aire. El émbolo se desplaza y el vástago sale (Fig. 25).

Cuando llega aire al émbolo por la culata anterior, entonces retrocede el émbolo y vástago a su posición de reposo (2).

Figura 24 Fotografía de un cilindro de doble efecto



Catálogo electrónico de neumática FESTO.

Aplicación

Se utiliza cuando se necesitan fuerzas en el avance y el retroceso, y cuando se precisan carreras mayores de las que se pueden obtener con cilindros de simple efecto, ejemplos: Elevar, sujetar, empujar, introducir y expulsar herramientas y piezas en cualquier posición.(2)

Figura 25 Cilindro de doble efecto (descripción de funcionamiento)

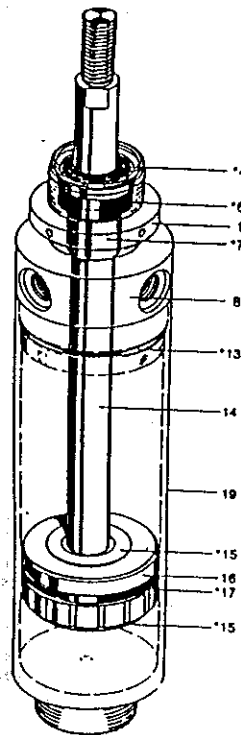
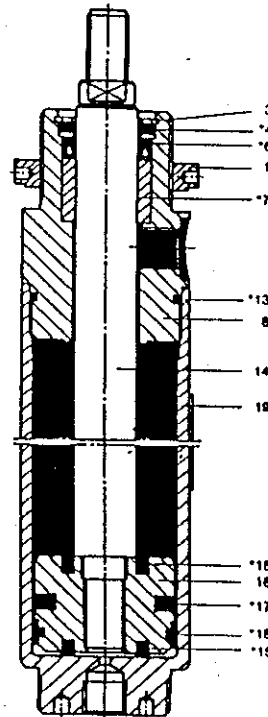
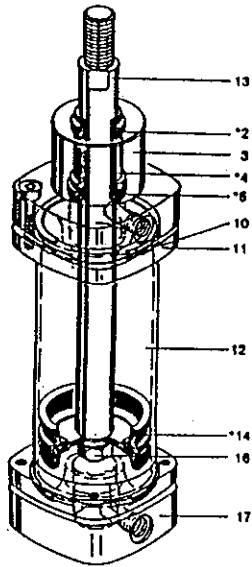


Figura 26 Cilindro de doble efecto (construcción)



Pos.	Denominación
1	Tuerca fijación
2	Brida de sujeción
3	Arandela seguridad
4	Junta resacadora
5	Arandela sujeción
6	Junta de labios
7	Cojinete guía
8	Culata anterior
9	Culata posterior
10	Soporte oscilante
11	Tornillo guía
12	Fijación
13	Junta tórica
14	Vástago
15	Junta amortiguación
16	Embolo
17	Junta embolo
18	Junta de guía del embolo
19	Cuerpo del cilindro

4.1.8 Válvulas neumáticas

Las válvulas neumáticas cumplen con la función de introducir o evacuar el aire comprimido a los cilindros neumáticos en los momentos precisos que el proceso lo requiera. Existen diferentes tipos según sea su aplicación, sin embargo, se hará la descripción de una válvula 5-2, ya que será la que se utilizará en el proyecto. En la tabla VI se muestra la simbología de las diferentes válvulas neumáticas que existen en el mercado (2).

4.1.8.1 Electroválvula neumática distribuidora 5-2 vías (servopilotaje, accionamiento manual)

La válvula 5-2 vías está compuesta por 2 válvulas 3-2 vías y tiene la función de controlar un cilindro de doble efecto o de encargarse del control de otras válvulas. Una señal eléctrica provoca la conmutación del inducido (2).

El aire atraviesa el canal de aire en dirección del émbolo de la válvula, conmutándolo. En el centro de la válvula está abierto el paso de 1(P) hacia 2(B) por efecto de una junta(asiento) (2).

La purga de aire se produce de 4 (A) hacia 5 (R) o de 2 (B) hacia 3 (S). Al interrumpir la señal eléctrica, la válvula vuelve a su posición normal acción del muelle de reposición, por lo que queda el paso de 1(P) hacia 2 (B) (2).

4.1.8.2 Válvula de estrangulación y antirretorno

La válvula de estrangulación y antirretorno reduce el caudal del aire solamente en una dirección. La válvula de antirretorno cierra el paso del aire en una dirección y el aire sólo puede pasar a través de la válvula de antirretorno abierta (2).

Estas válvulas son utilizadas para regular la velocidad de cilindros neumáticos. Es recomendable instalarlas lo más cercanas posible a los cilindros (2).

Figura 27 Electroválvula 5-2 Vías

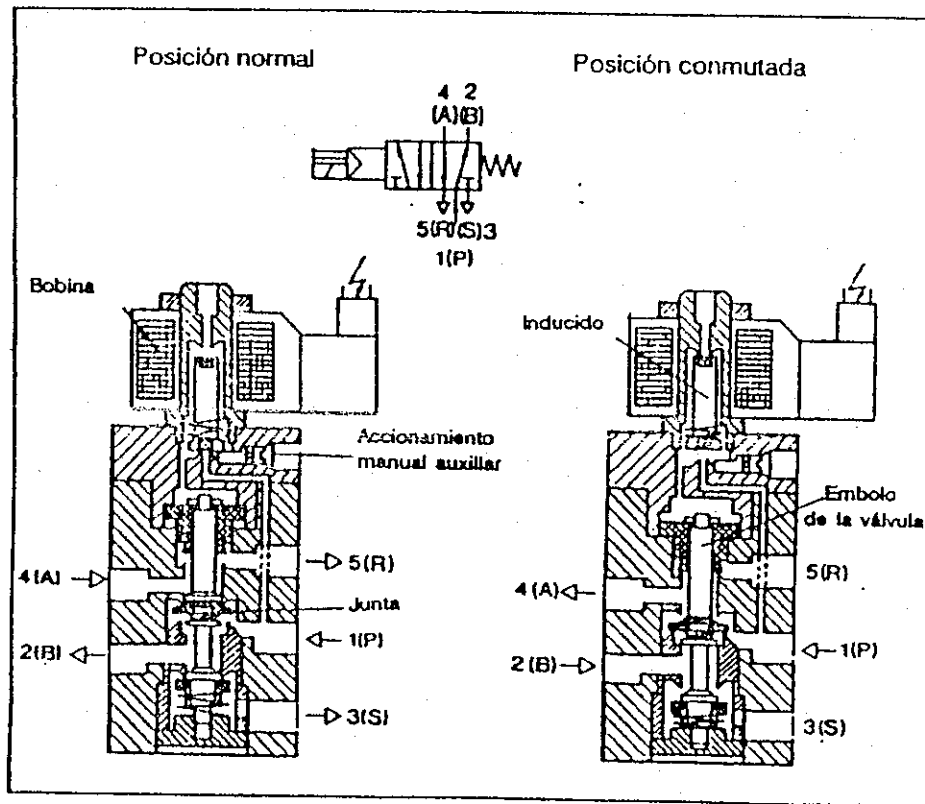
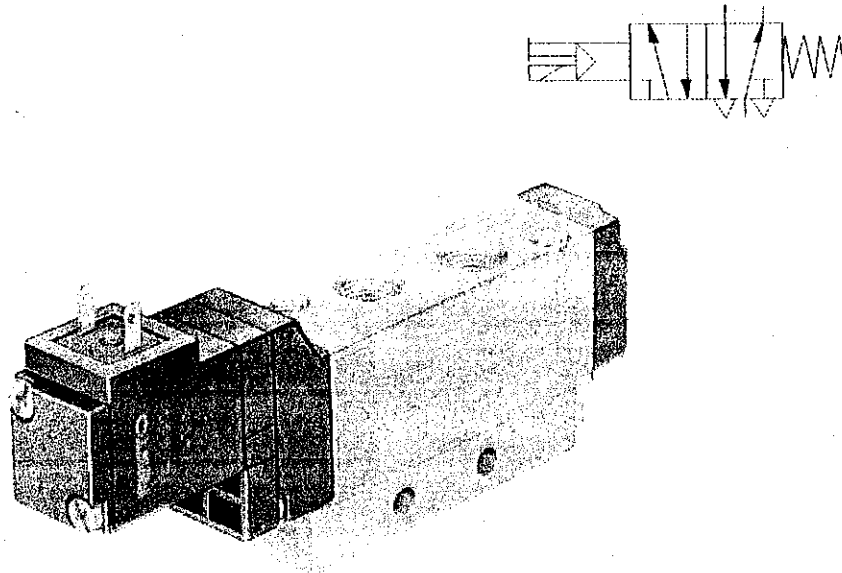
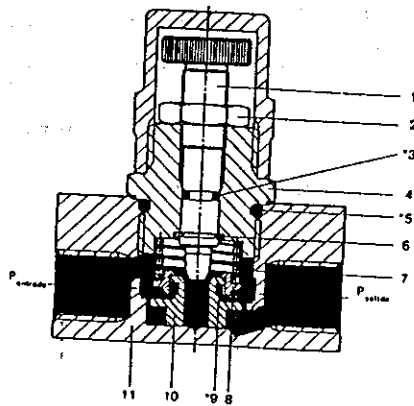


Figura 28. Fotografía de una electroválvula 5-2 vías



Cátalogo electrónico de neumática FESTO.

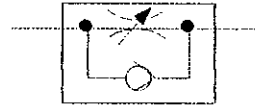
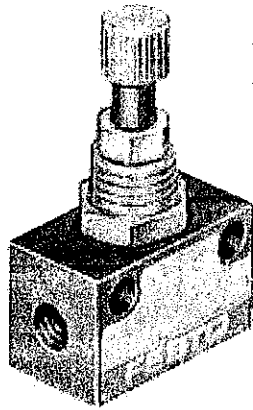
Figura 29 Válvula de estrangulación y antirretorno



Pos.	Denominación
1	Tornillo regulador
2	Tuerca hexagonal
3	Junta tórica
4	Pieza intermedia
5	Junta tórica
6	Arandela sujeción
7	Muelle
8	Junta
9	Junta asiento
10	Pieza intermedia del asiento
11	Cuerpo

Introducción a la neumática. Página 67

Figura 30 Fotografía de una válvula de estrangulación y antirretorno



Catálogo electrónico de neumática FESTO.

4.2 Criterios de diseño del sistema neumático con base en las pruebas de laboratorio

El aire comprimido es rentable solamente cuando se utiliza hasta un determinado esfuerzo. Debido a que la presión normal de utilización es del orden de 700 kpa (7 bar), el límite está alrededor de los 20000 y 30000 newton, influido además, por el recorrido y la velocidad. Si la fuerza necesaria sobrepasa estos valores es preferible utilizar la hidráulica (2).

Con base en las pruebas de laboratorio se determinó que:

La cantidad más alta de kilogramos por segundo fue de 37.7258 kg. por lo tanto es nuestra fuerza real a tomar, y el punto de partida para el cálculo de los cilindros neumáticos, ya que con la fuerza real, es posible permite jugar con los diámetros interno y externo de los cilindros, tomando los más adecuados que se encuentran en el mercado.

4.2.1 Diagrama espacio/tiempo

Es la representación gráfica de la secuencia lógica del ciclo de funcionamiento del equipo neumático (ilustrado en la figura 31). En este diagrama la función de los órganos motrices se descomponen en operaciones individuales en función del tiempo.

En el diagrama mostrado en la figura 31 se considera el tiempo para una dosificación de material en particular. Teniendo como base el diagrama espacio/tiempo, se puede realizar el circuito neumático del diseño en cuestión.

4.2.2 Diagrama del circuito neumático

El diagrama o circuito neumático es el gráfico donde se representa el contenido y disposición del equipo neumático de mando y potencia. En este tipo de plano no es necesario un diseño a escala, puesto que no interesa las longitudes de las líneas, sino se consideran la interrelación mutua de los componentes individuales, funciones y magnitudes (2).

4.2.3 Descripción del mando eléctrico por microprocesador

Los mandos eléctricos permiten un control a distancia sin pérdidas en la señal y con gran velocidad, lo cual representa una gran ventaja al ser comparados con los mandos neumáticos.

Actualmente es difícil encontrar un diseño neumático de maquinaria que no considere los mandos eléctricos como gran auxiliar.¹

4.2.4 Diagrama eléctrico

En la figura 4.11 se muestra el diagrama del mando eléctrico por microprocesador PLC; cuya función la describiremos de la siguiente manera.

El microprocesador recibe las señales que emiten los sensores capacitivos (PNP), ya sea de alto o bajo nivel, éste lo interpreta mediante la programación en escalera que proporciona señales de mando, dirigidas hacia los respectivos solenoides, o arrancadores.

El orden de la activación de los solenoides y la activación y desactivación de los arrancadores, va a depender de la señal que reciba el microprocesador, sea ésta de alto o bajo nivel.

De igual manera, si se utilizan celdas de carga para la dosificación, las señales digitales (PNP) que emiten éstas previo a su calibración son procesadas en el programa del PLC; éste a su vez gobierna los solenoides que

¹ En la sección 1.3.1.2 se dio a conocer el PLC micrologix 1000 programable marca Allen-Bradley), los cuales permiten conocer cómo un microprocesador ejecuta su trabajo, mediante señales eléctricas (3)

controlan las válvulas, las cuales abren el paso al aire, para que los cilindros neumáticos actúen sobre las compuertas de mandíbula, ya sea para abrir o cerrar, según sea el caso. Si se realiza la dosificación por tiempo, se utilizarán contadores internos en el PLC para poder hacerlo.

Bajo nivel

Se necesita iniciar el ciclo del proceso a bajo nivel. El microprocesador emite señales hacia los solenoides S.1, S.2, S.3, S.4 S.5 y el arrancador CR1, el cual activa el motor de la mezcladora. Al energizarse los solenoides, éstos activan las válvulas neumáticas 5-2, así ingresa el aire hacia los cilindros neumáticos, y éstos a la vez abren las compuertas de flujo, para que el material fluya hacia la mezcladora. Los solenoides permanecerán energizados el tiempo estipulado en que caerá la cantidad deseada de material.

Después de transcurridos 4 minutos y segundos (esto con el fin de ahorrar energía y evitar mantener siempre activados los motores eléctricos), el microprocesador envía una señal de activación hacia el arrancador CR2, el cual acciona el motor eléctrico de la banda transportadora B1 (Ver inciso 2.2).

Al cumplirse 5 minutos se emite otra señal que energiza el solenoide S.5, el cual por medio del proceso antes mencionado, activa la compuerta de salida, para que fluya la mezcla de materiales hacia la banda transportadora B1 (Ver inciso 2.2).

Luego, como se describió en el capítulo 2 inciso 2.3, la mezcla es transportada hacia la tolva almacenadora en espera de ser envasada por medio de la báscula ensacadora (Ver capítulo 5).

Alto nivel

Es necesario detener el proceso para evitar rebases de material. Al recibir la señal de alto nivel, el microprocesador analiza y cesa de emitir señales de mando hacia los solenoides S.1, S.2, S.3, S.4 Y S.5. El microprocesador ejecuta órdenes de paro hacia los arrancadores CR1 y CR2, un tiempo prudente es estimado para que se finalice el ciclo actual.

Por medidas de seguridad, el sistema está en condiciones de ser operado manualmente por medio de botones pulsadores (BT1, BT2 y BT3) esto para los arrancadores y por interruptores de enclavamiento (IE1, IE2, IE3, IE4 e IE5) que activan los distintos solenoides.

4.2.5 Descripción de los sensores capacitivos

El sensor capacitivo forma un capacitor con la pared de la tolva, cuando el nivel del material aumenta, éste interfiere en dicho capacitor, la capacitancia de referencia cambia en un momento anterior la del aire (4).

Al detectar este cambio de capacitancia el transmisor del sensor transforma este cambio en salida PNP, NPN o Relé, lo cual depende de la aplicación y las condiciones de trabajo (4).

Se tendrán dos sensores, uno en la parte superior, y otro en la parte inferior de la tolva almacenadora de mezcla, esto con el fin de detectar el momento donde la tolva está por llenarse o al mismo tiempo cuando está éste por vaciarse.

La señal PNP que emiten estos sensores, es recibida por el microprocesador y éste a su vez emite órdenes a los arrancadores de los motores eléctricos, ya sea para que detengan el ciclo o den por comienzo el mismo, según sea el nivel de material en la tolva (Ver figura 34).

Figura 31 Diagrama espacio / tiempo

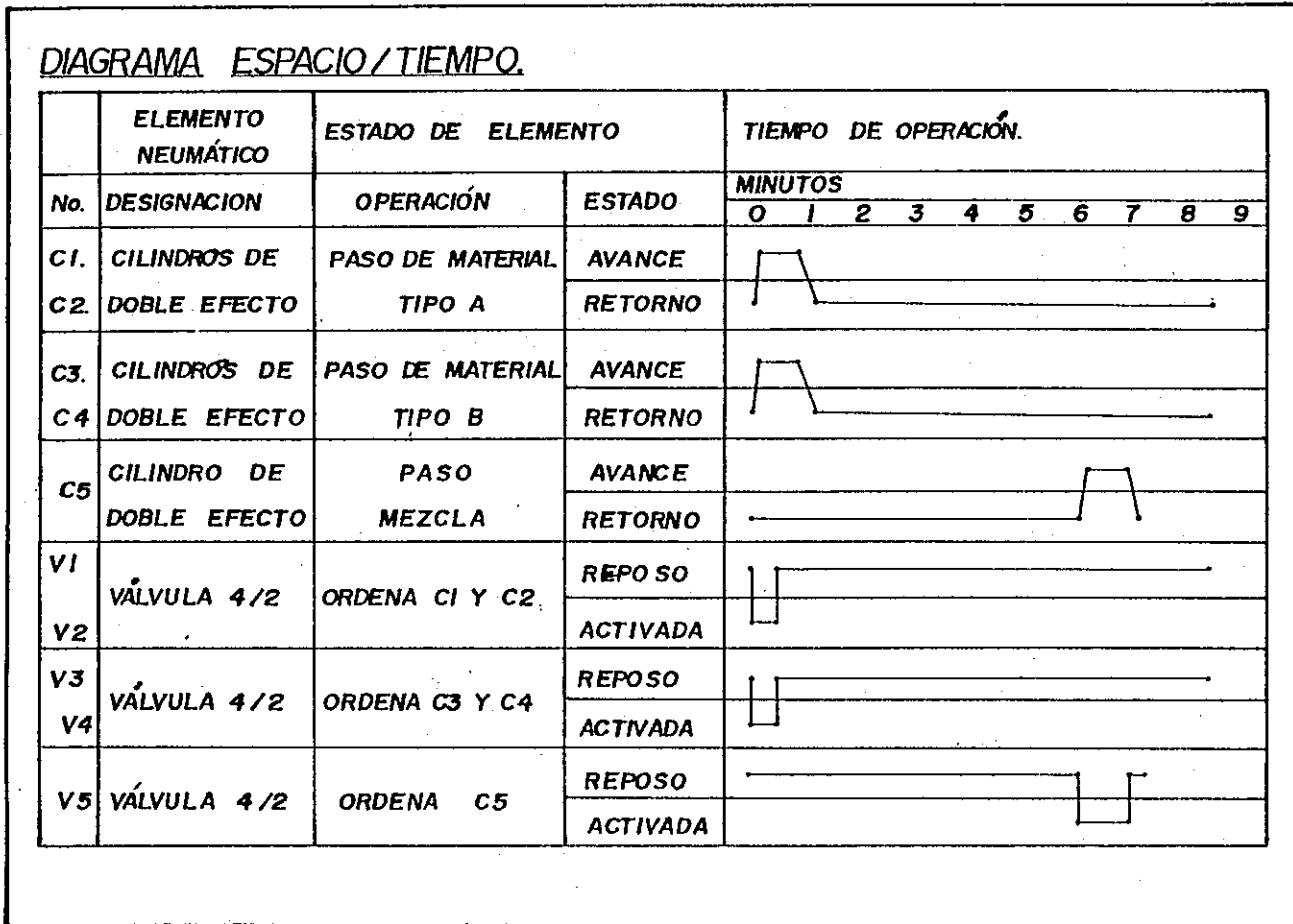


Figura 32 Circuito neumático

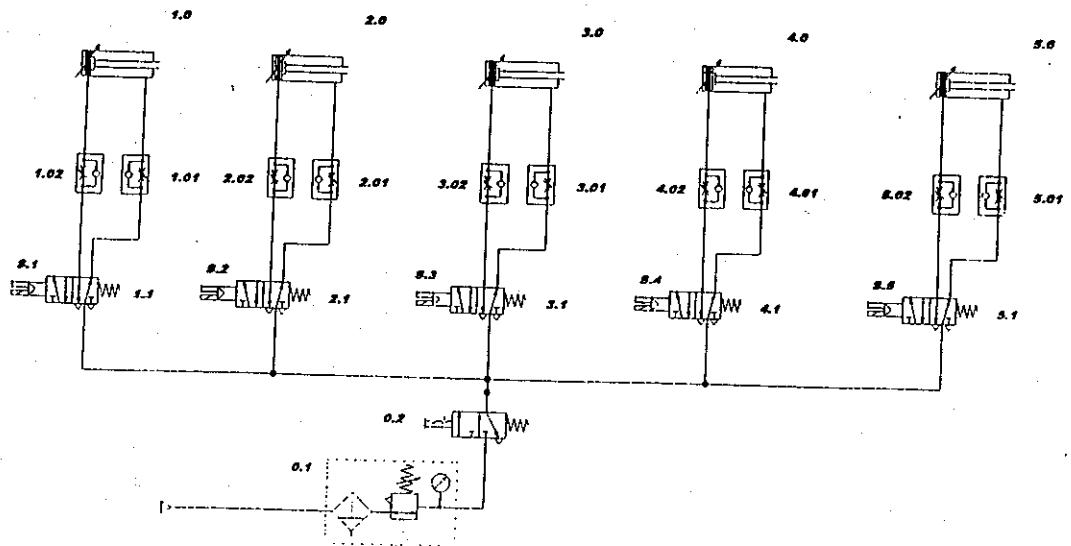


Figura 33 Diagrama de mando eléctrico por microprocesador

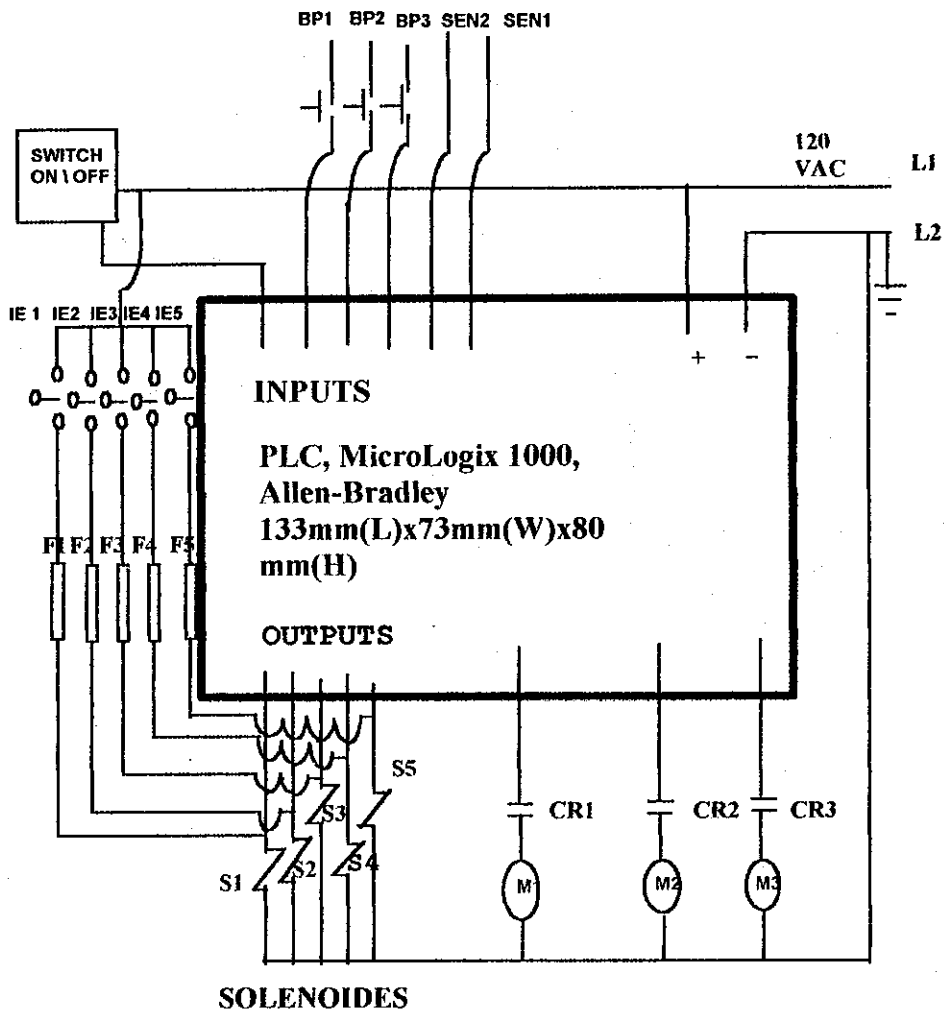
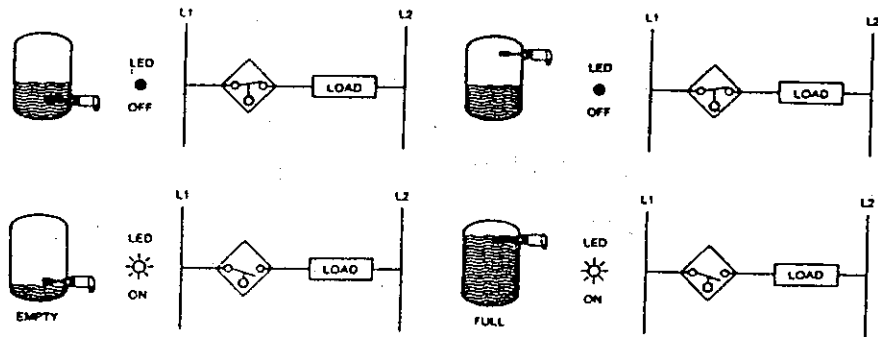
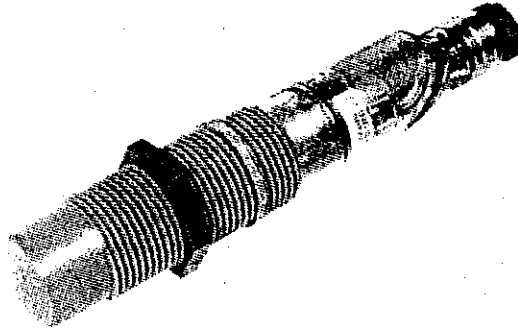


Figura 34 Sensores capacitivos



4.3 Descripción del equipo a utilizar

- Un compresor de 1 HP de 1 etapa y capacidad del tanque receptor de 60 galones. Estas especificaciones del compresor fueron obtenidas con los cálculos del consumo de aire.
- 5 cilindros neumáticos de doble efecto con las siguientes especificaciones:
 - Diámetro externo = 5.08 cm, (2")
 - Diámetro interno = 2.57 cm, (1")
 - Longitud y diámetro del vástago = 10 pulg y 3/4" sucesivamente.
- Unidad de mantenimiento, que comprende:
 - Un filtro
 - Un regulador de presión
 - Un manómetro
 - Un lubricador
- 5 válvulas 5 vías 2 posiciones con accionamiento eléctrico y muelle de retorno
- 5 solenoides 120 VAC
- 10 válvulas antirretorno con estrangulación
- Accesorios de acople
- 6 vibradores accionados por aire
- Un microprocesador, micrologicx 1000 programable marca Allen-Bradley
- 2 arrancadores
- 5 interruptores de enclavamiento
- 2 sensores capacitivos

4.4 Cálculo de los cilindros

El cálculo de los cilindros neumáticos involucra además de sus dimensiones, la presión con que operará en el sistema y la fuerza real de con que éste trabajará. A continuación se describe la manera de cómo se llegó a los resultados finales (2).

4.4.1 Fuerza del émbolo

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión de aire, del diámetro del cilindro y el rozamiento de las juntas (2).

La fuerza teórica del émbolo se calcula de la siguiente manera:

$$(4.a) \quad F_t = A * P$$

donde:

F_t	= Fuerza teórica del émbolo	(N)
A	= Superficie útil del émbolo	(m ²)
P	= Presión de trabajo	(kPa, 10 ³ N/m ²)

En la práctica es necesario conocer la fuerza real; para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada. Por lo que la fuerza del émbolo queda de la siguiente manera.

Para cilindro de simple efecto (en el avance):

$$(4.b) \quad F_n = A * P - (F_r - F_f)$$

Para cilindro de doble efecto (en el avance):

$$(4.c) \quad F_n = A * P - F_r$$

Para cilindro de doble efecto (en el retorno):

$$(4.d) \quad F_n = A' * P - F_r$$

donde:

F_n = Fuerza efectiva o real de trabajo (N)

A = Superficie útil del émbolo (m²)

$$= \frac{(D^2 * 3.1416)}{4}$$

A' = Superficie útil del anillo del émbolo (m²)

$$= \frac{(D^2 - d^2) * 3.1416}{4}$$

P = Presión de trabajo (kPa, 10³N/m²)

F_r = Fuerza de rozamiento (3 – 20%, o la que indique el fabricante) (N)

Ff = Fuerza del muelle de recuperación (N)

D = Diámetro del émbolo (m)

d = Diámetro del vástago (m)

4.4.2 Consumo de aire

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación (2).

El consumo de aire para un cilindro a una determinada presión de trabajo, se puede calcular de la siguiente forma:

Relación de compresión * Superficie del émbolo * Carrera

La presión total ejercida en un sistema neumático es la presión atmosférica más la presión de trabajo, que es la presión manométrica del sistema. Existe una relación entre la presión total y la presión atmosférica, a la cual se le llama relación de compresión (2).

La relación de compresión referida al nivel del mar se calcula de la siguiente manera (2).

$$Rc = [101.3 + \text{presión de trabajo (kPa)}] / 101.3$$

donde:

Rc = Relación de compresión

101.3 kPa = Es la presión atmosférica al nivel del mar

Por lo tanto el consumo de aire, queda expresado en los cálculos, en litro (aire aspirado) por minuto (lts/min.); y queda de la siguiente manera.

Para cilindro de simple efecto.

$$(4.e) \quad Q = L * N * A * Rc$$

Para cilindro de doble efecto.

$$(4.f) \quad Q = L * N * (A + A') * Rc$$

donde:

Q = Consumo total de aire (lts/min. $10^3 \text{cm}^3/\text{min}$)

L = longitud de carrera (cm)

N = Ciclos por minuto (min^{-1})

A = Superficie útil del émbolo (cm^2)

A' = Superficie útil del anillo del émbolo (cm^2)

Rc = Relación de compresión.

Nota: En los cilindros neumáticos de doble efecto, un ciclo corresponde a dos carreras, de avance y de retorno.

Para el cálculo del consumo total real de aire en todo el sistema, se considera un 20% más sobre el valor calculado. Con esto se toma en cuenta los espacios muertos del sistema, como las mangueras y ductos utilizados para el aire comprimido, vaciados dentro del cilindro, etc., que no ayudan en la carrera del émbolo (2).

4.4.3 Cálculos de las fuerzas reales de avance y retorno de los cilindros

El criterio que se tuvo fue determinar la cantidad de material que pasa en determinada área en un segundo (Ver pruebas de laboratorio inciso 2.4); con esto se tendrá una estimación aproximada de la cantidad real de material que fluye en esa área.

Esta cantidad de material se traduce a masa y ésta a la vez afectada por la gravedad, se convierte en la fuerza real necesaria a vencer por los cilindros neumáticos (Ver figura 1.1), ya sea de avance (inciso 2.4) o de retorno.

El objetivo primordial es encontrar la presión real de trabajo en el sistema, capaz de abrir y cerrar las compuertas de flujo sin ningún problema y además vencer las fuerzas de fricción en los componentes; por lo que partimos de la fuerza real de la siguiente manera:

Para obtener la fuerza real es necesario multiplicar la masa mayor promedio obtenida en las pruebas de laboratorio, por la gravedad.

$$\begin{aligned} \text{Fuerza real}_{(\text{newton})} (\text{avance}) &= (37.7258 \text{ Kg}) (9.810 \text{ m/s}^2) \\ &= 370.09 \text{ N.} \end{aligned}$$

Para un factor de seguridad de 3 tenemos un valor de fuerza real de 1110.27 N.

La presión real en el sistema será:

$$P = F/A$$

De donde:

F = Fuerza real de trabajo de avance (1110.27 N.)

P = Presión de trabajo

A = Área del cilindro ($2.027E-3 \text{ m}^2$)

$$P = F/A$$

$$P = (1110.27 \text{ N.})/(2.027E-3 \text{ m}^2)$$

$$P = 547,740.50 \text{ Pa}$$

$$P = 547.74 \text{ kPa}$$

$$P = 79.44 \text{ psi.}$$

Es muy importante señalar que el resultado teórico de la presión de trabajo fue comparado con la presión con que opera actualmente un sistema neumático utilizado para la misma aplicación que la del proyecto en cuestión, la cual es de 90 psi; esto con el propósito de recordarle al lector que estos resultados son teóricos y que para llevarse a cabo un proyecto de esta magnitud es necesario tomar en cuenta proyectos ya existentes, que permitan una base sólida en la toma de decisiones.

$$\begin{aligned} \text{La fuerza real de retorno} &= P * A' = 547,740.50 \text{ Pa} * 1.536E-3 \text{ m}^2 \\ &= 841.33 \text{ N.} \end{aligned}$$

Concluimos que el valor de la fuerza real no se encuentra en el rango de 20000 y 30000 newton, por lo tanto se opta por el sistema neumático.

4.4.4 Cálculos del consumo total de aire

Como se vio anteriormente, el consumo real total de aire, viene establecido de la siguiente manera(2):

Consumo real total = Consumo total de los cilindros + consumo de accesorios (20% del consumo total de los cilindros)

Por lo tanto, se inicia con el cálculo del consumo de cada cilindro, el cual es el mismo para cada uno.

Datos:

- $P = 79.44$ psi
- $D = 5.08$ cm
- $d = 2.57$ cm
- $L = 10$ pulg
- $N = 0.17$ ciclos por minuto

El consumo de aire para cada cilindro, se calcula de la siguiente manera (2).

$$A = (D^2 \times 3.1416)/4 = (5.08^2 \times 3.1416)/4$$

$$= 20.27 \text{ cm}^2$$

$$A' = [(D^2 - d^2) \times 3.1416]/4 = [(5.08^2 - 2.50^2) \times 3.1416]/4$$

$$= 15.36 \text{ cm}^2$$

$R_c = (\text{presión a nivel del mar} + \text{presión de trabajo}) / \text{presión a nivel del mar}$

$$= (101.30 \text{ kPa} + 547.74 \text{ kPa}) / (101.30 \text{ kPa})$$

$$= 6.41$$

$Q = (L)(N)(A + A')(R_c)$

$$= (25.40 \text{ cm})(0.17 \text{ ciclos})(20.27 \text{ cm}^2 + 15.36 \text{ cm}^2)(6.41)$$

$$= 986.24 \text{ cm}^3/\text{min} = 0.986 \text{ lts}/\text{min}.$$

Consumo total = $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$

$$= 4.93 \text{ lts}/\text{min}.$$

Consumo de accesorios = $0.20 \times 4.93 = 0.986 \text{ lts}/\text{min}.$

Consumo total real = Consumo total + consumo de accesorios
(del sistema)

$$= (4.93 + 0.986) \text{ lts}/\text{min}.$$

$$= 5.92 \text{ lts}/\text{min}.$$

$$= 0.21 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Al conocer el consumo de aire total del sistema y la presión máxima de trabajo, se puede saber qué tamaño y qué tipo de máquina para óptimo servicio debe ser el compresor.

4.4.5 Especificación del compresor

El compresor se especifica por el número de etapas, los HP requeridos y la capacidad recomendada para el tanque receptor. Un aspecto a considerar es si el compresor debe ser de una o dos etapas según necesidades. He aquí algunos datos aplicables a la mayoría de los compresores (1).

Una etapa

- El costo inicial es menor
- Baja presión (menos de 150 psi)
- Adecuado para servicio intermitente
- No es tan eficiente (menos de 70%)
- El costo de operación es un poco más alto
- El costo de mantenimiento es algo mayor (1)

Dos etapas

- Construido para mayor duración
- La eficiencia suele ser mayor (más del 75%)
- Es mejor para servicio continuo
- Para alta presión (más de 150 psi)
- Requiere menos mantenimiento
- Ahorra hasta 25% de energía eléctrica (1)

Un trabajo que requiera una descarga de aire, una vez por minuto durante 10 ó 15 segundos, se aproxima al servicio continuo. Como se sabe el ciclo del sistema es de 0.17 por minuto, esto establece que el servicio sea

intermitente. La presión máxima de trabajo es alrededor de 52.96 psi; por lo que nos permite entre otras cosas seleccionar un compresor de una etapa; según los aspectos que consideramos anteriormente. En conclusión, se sabe que el servicio de este sistema es intermitente, el cual es de 5.92 lts/min.; con una presión máxima de 79.44 psi (1).

Según la tabla VII (Fuente equipos industriales; ver referencias), en la primera columna se indica la instalación y corte del compresor la cual es de 70 – 100 psi, con lo cual indica que se puede optar por un compresor de 1 HP. En la segunda columna se encuentra el aire intermitente, y como el consumo intermitente del sistema es de 0.21 pie³/min, esto especifica un compresor de una etapa. Ahora podría escogerse un compresor de dos etapas, según los aspectos que consideramos anteriormente; por lo que requiere un compresor de 1 etapas y 1/2 HP (Ver figura 35) (1).

La capacidad del tanque receptor se establece según los caballos de fuerza del compresor, que para este caso es de 1/2 HP. En la tabla VIII se da el tamaño del tanque en galones, el cual es de 60 galones (1).

Figura 35 Compresor de una etapa con tanque receptor de 80 galones

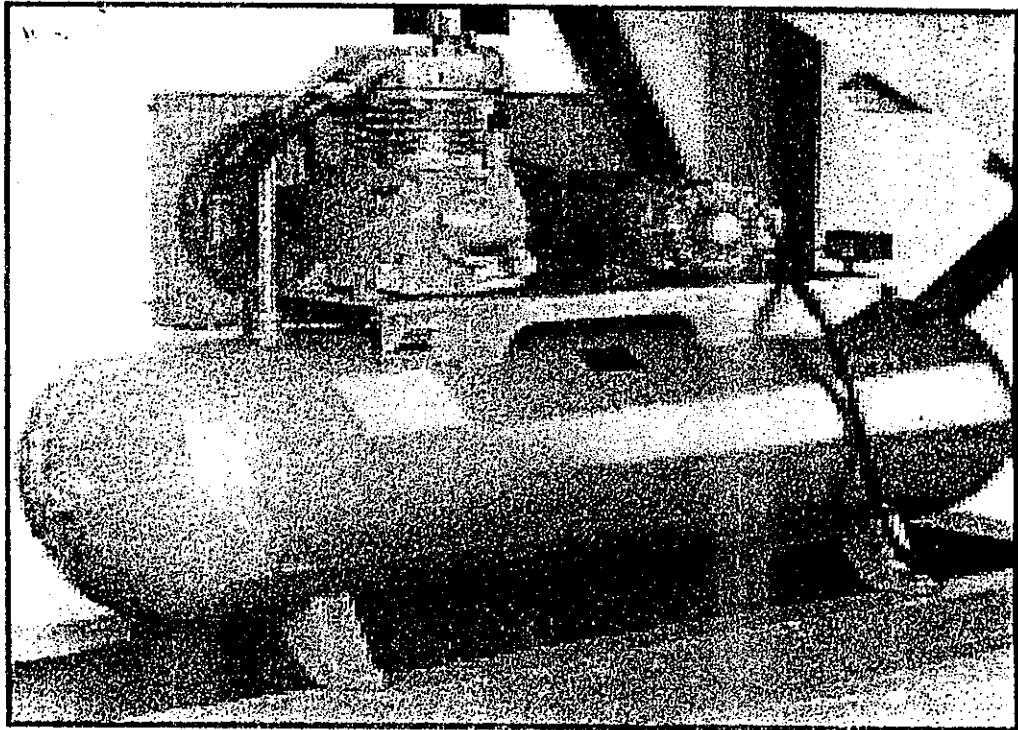


Tabla VII Tamaño y tipo de máquina para óptimo servicio

TAMAÑO Y TIPO DE MÁQUINA PARA ÓPTIMO SERVICIO

Intercalación y corte del compresor (psi)	Aire intermitente a) utilizado (pcm totales)	Aire continuo b) utilizado (pcm totales)	HP requeridos en el compresor	
			Dos etapas	Una etapa
70-100	Hasta 6.6	Hasta 1.9		$\frac{1}{2}$
	6.7- 10.5	2.0- 3.0		$\frac{3}{4}$
70-100	10.6- 13.6	3.1- 3.9		1
	Hasta 14.7	Hasta 4.2	1	
	13.7- 20.3	4.0- 5.8		$1\frac{1}{2}$
	14.8- 22.4	4.3- 6.4	$1\frac{1}{2}$	
70-100	20.4- 26.6	5.9- 7.6		2
	22.5- 30.4	6.5- 8.7	2	
	30.5- 46.2	8.8-13.2	3	
	46.3- 60.0	13.3-20.0	5	
	60.1- 73.0	20.1-29.2	$7\frac{1}{2}$	
120-150	73.1-100.0	29.3-40.0	10	
	Hasta 3.8	Hasta 1.1		$\frac{1}{4}$
	3.9- 7.3	1.2- 2.1		$\frac{3}{8}$
	7.4- 10.1	2.2- 2.9		1
120-150	Up to 12.6	Up to 3.6	1	
	10.2- 15.0	3.0- 4.3		$1\frac{1}{2}$
120-150	12.7- 20.0	3.7- 5.7	$1\frac{1}{2}$	
	15.1- 20.0	4.4- 5.7		2
	20.1- 25.9	5.8- 7.4	2	
	26.0- 39.2	7.5-11.2	3	
120-150	39.3- 51.9	11.3-17.3	5	
	52.0- 67.5	17.4-27.0	$7\frac{1}{2}$	
	67.6- 92.5	27.1-37.0	10	
	145-175	Hasta 11.9	Hasta 3.4	1
145-175	12.0- 18.5	3.5- 5.3	$1\frac{1}{2}$	
	18.6- 24.2	5.4- 6.9	2	
	24.3- 36.4	7.0-10.4	3	
145-175	36.5- 51.0	10.5-17.0	5	
	51.1- 66.0	17.1-26.4	$7\frac{1}{2}$	
	66.1- 88.2	26.5-35.3	10	

Tabla VIII Capacidad recomendada para el tanque receptor

CAPACIDAD RECOMENDADA PARA EL TANQUE RECEPTOR

HP del compresor	Tamaño del tanque (en galones)
$\frac{1}{4}$	30
$\frac{3}{8}$	30
1	60
$1\frac{1}{2}$	60 or 80
2	80
3	80
5	80
$7\frac{1}{2}$	120
10	120

5. DESCRIPCIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA BÁSCULA ENSACADORA.

La R-82 fue diseñada como báscula ensacadora para llenar bolsas de papel, plástico o sacos de boca abierta. Puede pesar materiales alimentados por gravedad de una tolva superior o puede alimentarse con un transportador de banda para materiales apelmazados o de difícil flujo. También puede encontrar aplicación con otros tipos de alimentadores electromecánicos (5).

En el transcurso de este capítulo, se enumerarán las partes de la báscula ensacadora R-82, para hacer más práctica la explicación de las mismas, y se tendrá como referencia los planos (5).

5.1 Descripción

La báscula ensacadora R-82 consta de las siguientes partes básicas (tomando como base los planos mostrados en el inciso 5.7. de este capítulo.):

Ducto de entrada

Compuerta de ducto

Regulador ajustable

Todo, en una caja bastidor de lámina de acero soldado. La tolva de descarga y el soporte de la bolsa, cuelgan en un extremo de la palanca principal y el pilón colgante, así como los contrapesos, del otro extremo. La carátula graduada indicadora se encuentra en el frente de la báscula.

La compuerta de ducto y el regulador ajustable están manualmente accesibles. El mecanismo disparador de la compuerta está montado del lado derecho de la máquina (5).

5.2 Preparación antes de la instalación

La instalación debe ser planeada cuidadosamente para obtener el máximo aprovechamiento de la unidad. Es importante que sea colocada a una altura conveniente del suelo para acomodar la bolsa más grande que se vaya a usar. Si se ha considerado la instalación de una banda transportadora y un cabezal cosedor, se deberá prever la altura adicional que se necesita para que la operación tenga eficiencia (5).

La empresa proveedora de este equipo recomienda instalar un sistema de interruptores ajustables para controlar los niveles máximos y mínimo de producto en la tolva almacenadora y alimentadora del producto o bien un interruptor en el alimentador de banda (5).

Una causa frecuente de operación deficiente de la R-82, es el sistema de alimentación mal diseñado. Si se desea que la precisión se conserve dentro de normas aceptables, el flujo o caída del producto a la báscula debe ser uniforme. Cuanto más se mantenga el mismo nivel de producto en la tolva alimentadora, tanto más precisa será la báscula (5).

5.3 Instalación

La R-82 es embarcada en una caja. Después de desempacarla, se recurre a los dibujos explosivos de arreglo general, incluidos en el inciso 5.7. de este capítulo y se procede como sigue (5).

1. Aflojar los tornillos de las correderas de amarre (5).
2. Colocar la báscula en posición, en su lugar de instalación y apretar las correderas de amarre a la brida de la boda de descarga de la tolva alimentadora o bien del transportador y apretar los tornillos. Asegurar que la báscula quede a nivel (5).
3. Para básculas con alimentación electromecánica: instalar el interruptor (139), en el lado de la caja bastidor (26), como se muestra en la foto. Véase que el brazo del interruptor no esté forzado en los límites de su recorrido normal. Si necesita ajustarse, aflojar la contratuerca del brazo, girar lo necesario y volver a apretar (5).
4. Quitar los amarres, bloqueos, grasa, etc., que se usaron en el embalaje para embarque. Suspender el pilón colgante armado (114) (sin contrapesos), de la brida (127), al final de la palanca principal (88). Soltar los dos seguros de transporte (101), colocados a ambos lados de la tolva de descarga (91). Correrlos hacia abajo hasta liberar la caja bastidor (26), dejando un claro, cuando menos, de 3 milímetros, cuando la palanca principal esté a tope en su posición inferior. Estos seguros protegen, durante el embarque y transporte, los cuchillos y cojinetes de acero templado y demás partes delicadas de la palanca principal sujetándola firmemente contra su tope superior. Vuelva a apretar los tornillos de sujeción (5).
5. El aceite del amortiguador va en un frasco. Una vez instalada la báscula, poner el aceite en el amortiguador siguiendo las indicaciones dadas en este instructivo (5).

6. Con la palanca principal nivelada, el indicador de nivel, debe marcar cero en la carátula graduada (5).

Ahora que la báscula está instalada, asegurarse que los cuchillos de acero se apoyen en los cojinetes de acero en forma de V; no quitar ni aflojar estos cuchillos, si se hiciera alteraría la relación de la palanca y daría, como consecuencia, pesadas falsas. Ver que el disparador esté colocado en el lado de la palanca principal; verificar cuidadosamente que la palanca principal y los manerales se muevan libremente y no se traben en alguna parte de la estructura (5).

Ver que todas las tuercas estén apretadas y todas las chavetas abiertas. En básculas con sujetador de grapas para bolsas, el maneral para liberar la bolsa puede colocarse del lado izquierdo, si así se desea. El cambio se puede hacer al quitar los cuatro tornillos de amarre del sujetador de la bolsa, girarlo 180° y volver a poner y apretar firmemente los tornillos (5).

5.4 Indicaciones antes de operar la báscula

Antes de poner la báscula en operación, revise los siguientes puntos, para asegurarse que no sufrieron maltrato durante el transporte (5).

5.4.1 Bridas de suspensión

Existe la posibilidad de que la palanca principal se haya movido de su centro en relación con las bridas en suspensión. Debe haber una tolerancia de 0.75 a 1.5 milímetros. Si es necesario, las bridas pueden ser suplementadas

para mantener este claro. También pudiera moverse lateralmente la tolva de descarga (91) de la báscula, sobre los cuchillos para obtener la misma tolerancia de 0.75 a 1.5 milímetros. Si es necesario, la brida (90) debe ser corregida para seguir el movimiento libre correcto. Los ajustes arriba mencionados son hechos en fábrica, y en condiciones normales, no requieren de intervención de terceros (5).

5.4.2 Movimiento vertical de la palanca principal

Deberá tener un claro de 9.5 milímetros entre el tornillo de tope y la parte superior de la palanca, cuando ésta esté a nivel. Si es necesario, ajuste el tornillo de tope, aflojando la tuerca, y regúlelo hacia arriba o hacia abajo, apriete nuevamente la tuerca. El movimiento de la palanca principal debe permitir a la aguja indicadora de nivel hacer el recorrido total en la carátula graduada (5).

5.4.3 Sensibilidad del disparador

Se refiere a la sección titulada *Nivelación de la báscula vacía en operación*. Después de nivelar la báscula en vacío y de asegurarse que el flujo de material ha sido interrumpido, proceder como sigue (5):

1. Accionar hacia abajo el maneral para abrir la compuerta. Este movimiento debe trabar el balero del brazo del disparador con el trinquete. En la compuerta abierta, el tornillo del disparador, tocará la palanca principal, sin empujar a la aguja indicadora fuera del cero. Si es necesario, ajustar el tornillo (5).

2. Colgar cuidadosamente 575 gramos de peso en la tolva de descarga. Una ligera presión con la mano sobre la caja bastidor (26), accionaría el disparador y cerraría la compuerta. Si el disparador no está lo suficientemente sensible, se ajusta el tornillo (79) hacia arriba. La báscula está correcta cuando el disparador retiene 575 gramos, pero accionará cuando tenga 625 gramos (5).
3. Repetir la operación reajustando el disparador siguiendo las indicaciones de los pasos 1 y 2. Ejecutar repetidas veces los dos pasos alternativamente hasta que se esté seguro de que funciona bien la báscula y que no necesita más ajustes. Apretar bien todas las tuercas después de cada ajuste (5).

5.5 Operación

Teniendo listo el material en la tolva superior de almacenamiento, colocar en la tolva de descarga de la báscula, una bolsa abierta que se empuja hacia arriba. Las grapas detendrán la bolsa. Nivele el peso de la bolsa con el contrapeso nivelador.

Colocar en el pilón colgante, los contrapesos equivalentes al peso que desea ensacar. Accionar hacia abajo el maneral de la compuerta, hasta que el trinquete se trabe. Entonces soltar el maneral. El material caerá dentro de la bolsa. A medida que la bolsa se llena, va bajando y la palanca principal tocará el disparador, empujando el brazo que liberará el trinquete y cerrará la compuerta parando el flujo de material. Accionando hacia arriba el maneral del sujetador se soltará la bolsa.

Quando se desee mayor precisión y la velocidad y tiempo no son importantes, poner el disparador sensible entre 200 y 900 gramos, y entonces echar con la mano lentamente y en porciones, hasta que haya entrado suficiente producto en la bolsa, de forma que la aguja de nivelación quede a cero en la carátula graduada. Ahí se obtendrá máxima precisión.

5.5.1 Regulación del flujo

Algunos productos son más pesados que otros (peso específico) y algunos fluyen más libremente que otros. Cuando se ensaca producto pesado, el área del flujo debe ser reducida; cuando el producto es liviano, el área del flujo debe ser aumentada para obtener mayor velocidad de caída. Un flujo inadecuado del producto causará peso incorrecto. Para controlar el flujo existe un regulador ajustable y una placa limitadora.(5)

Para ajustar el regulador, se afloja la tuerca de mariposa del maneral y se mueve según requiera el caso: hacia arriba para disminuir el flujo, hacia abajo para aumentarlo, después se aprieta la tuerca de mariposa. Cada vez que se cambie la posición del regulador del flujo, será necesario volver a regular el tornillo del disparador tal como se describe más adelante en compensación. Si la báscula es alimentada por un sistema electromecánico, el regulador ajustable debe estar abierto totalmente y no se tiene que hacer ningún ajuste. Algunas veces el regulador ajustable no se surte cuando la báscula es alimentada por sistema electromecánico (5).

La placa limitadora, tiene agujeros rasgados para ajuste vertical. Ésta ha sido puesta en fábrica para un claro de salida de 13 milímetros, apropiado para materiales granulados o redondos, con espesor máximo de 9 milímetros (5).

Para materiales cuyo espesor no exceda los 16 milímetros, el claro de la compuerta puede ser aumentado a un máximo de 25 milímetros, aflojando los dos tornillos montados en la parte de atrás del ducto de entrada (5).

Cuando se sube o baja la placa limitadora, debe ajustarse el tornillo de 7.9 por 38 milímetros, colocando en el centro del sujetador de cierre de compuerta para que haga simple contacto con la placa o ejerza un respaldo adecuado, lo cual previene que no se deforme la placa, y que con el tiempo, el flujo de material no dañe el cierre sellador de hule, causando fugas del producto (5).

Para materiales que contienen trozos grandes, cubos, briquetas, etc., en medidas mayores de 19 milímetros, la placa limitadora puede ser quitada si se desea, ya que normalmente, estos materiales no requieren de aberturas de alimentación menores de 48 milímetros, que es la abertura mínima del ducto de entrada, con la placa limitadora quitada y el regulador ajustable puesto en la mínima abertura. Si se desea, la placa limitadora puede ser quitada cuando la báscula es alimentada por sistema electromecánico (5).

Si la placa limitadora es quitada, use los tornillos de montaje en el ducto para tapar los agujeros. El tornillo del centro de 7.9 por 50.8 milímetros debe ser cambiado por uno de 7.9 por 25.4 milímetros.

5.5.2 Alimentación por transportador electromecánico.

En las básculas con alimentación electromecánicas, normalmente no se surte el regulador ajustable. Si ha sido surtido, éste debe estar completamente abierto y la proporción de flujo ajustada sin considerar dicho regulador. Si no se

surte el regulador, la proporción de flujo se ajusta al regular la velocidad del alimentador.

Si la báscula es alimentada electromecánicamente debe instalarse un interruptor, en un lado de la caja bastidor. Su función es arrancar y detener el alimentador de producto. El interruptor es accionado por el talón del trinquete (5).

5.5.3 Compensación

El objeto del mecanismo compensador es normalizar el flujo que cae en la bolsa desde el momento en que la palanca principal comienza a moverse hacia la posición de balance hasta que el flujo de material es interrumpido. La compensación no puede controlar de forma automática las variaciones de la columna del material en la tolva superior de alimentación, debido a sus características con problemas de flujo. Si el flujo es inconsistente por alguna razón, se reflejará en la exactitud del peso que darán, irregularmente, de más o de menos (5).

La precisión de una pesada puede ser probada observando la aguja indicadora en la carátula graduada, cuando la bolsa ha sido llenada, o pesando la bolsa en una báscula de plataforma, a título de muestreo, que, en última instancia, le permite conocer el peso de la bolsa llena. Si el peso es más, aflojar la tuerca y bajar el tornillo del disparador; si el peso es menor, subir el tornillo del disparador. Apretar la tuerca del tornillo en cada ajuste y antes de hacer cada prueba (5).

5.5.4 Nivelación de báscula en vacío

Vea que el maneral de compuerta esté cerrado y que no hay contrapesos en el pilón colgante. Centre el contrapeso nivelador de bolsa a la mitad del recorrido de la rosca. Para nivelar la palanca principal de modo que la aguja del indicador de balance esté a cero, se debe quitar y poner unos "plomos" o "perdigones" en el pilón colgante. Originalmente la báscula ya ha sido nivelada en fábrica pero puede haber un pequeño desnivel fácil de corregir como arriba se indica. Si está "pesada" se quitan unos "plomos" del pilón colgante. Si está "liviana", se ponen , levantando la tapa (5).

5.5.5 Nivelación de la bolsa

Coloque la bolsa en la tolva de descarga. La báscula se desnivelará y deberá ser nivelada de nuevo considerando el peso de la bolsa. Añada "plomo" o "perdigones" en el pilón colgante, hasta que la aguja del indicador de balance marque cero en la carátula graduada (5).

Cuando cambie el tipo de bolsa por otra de diferente peso, haga uso del contrapeso nivelador. Si la báscula es equipada con más de un tipo de tolva de descarga, el sistema de palanca debe ser renivelado cuando se cambia de un modelo de tolva a otro. Cuando sucede este caso, se surte normalmente una pesa de destare de color amarillo, la cual se coloca en el pilón colgante, cuando la tolva de descarga que se usa es más pesada (5).

La prueba de nivelación en vacío deberá ser hecha como rutina, cuando menos una vez al día, para mantener la precisión con que ha sido fabricada la báscula (5).

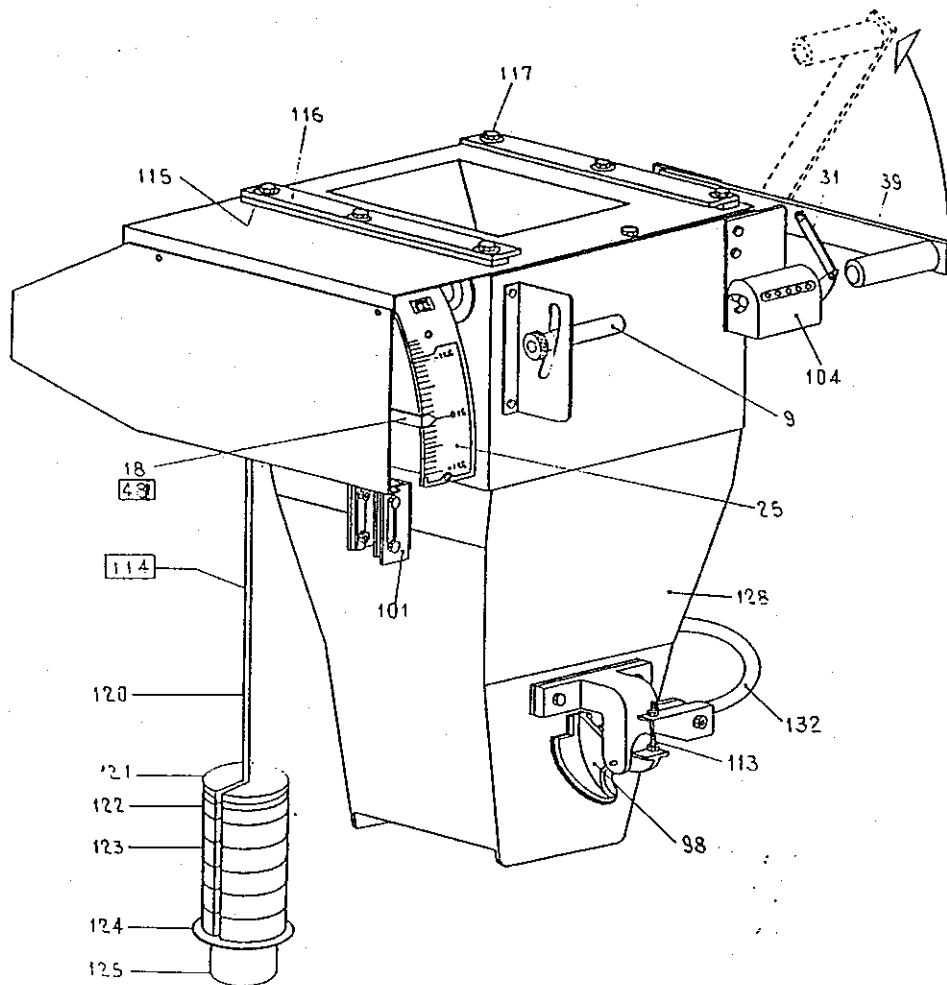
5.6 Contador de pesadas

Opcionalmente, se puede suministrar un contador de pesadas de 5 dígitos, el cual se monta en el frente de la báscula y es accionado cada vez que se cierra la compuerta. Puede contar hasta 99,999 y vuelve a cero, pero puede ser puesto a cero cuando se quiera, al accionar la manecilla correspondiente (5).

5.7 Planos

A continuación se presentan los distintos planos que muestran, la báscula armada, el arreglo general, el arreglo de acoplamiento de báscula a tolva alimentadora y el arreglo general de instalación, incluyendo la nomenclatura que describe cada una de las partes que componen la báscula ensacadora (5).

Figura 36 Báscula armada. Boca de descarga rectangular (292 mm x178 mm)



Instructivo de instalación, operación y mantenimiento. Página 32

Figura 37 Arreglo general. Boca de descarga octogonal (292 mm x 178 mm)

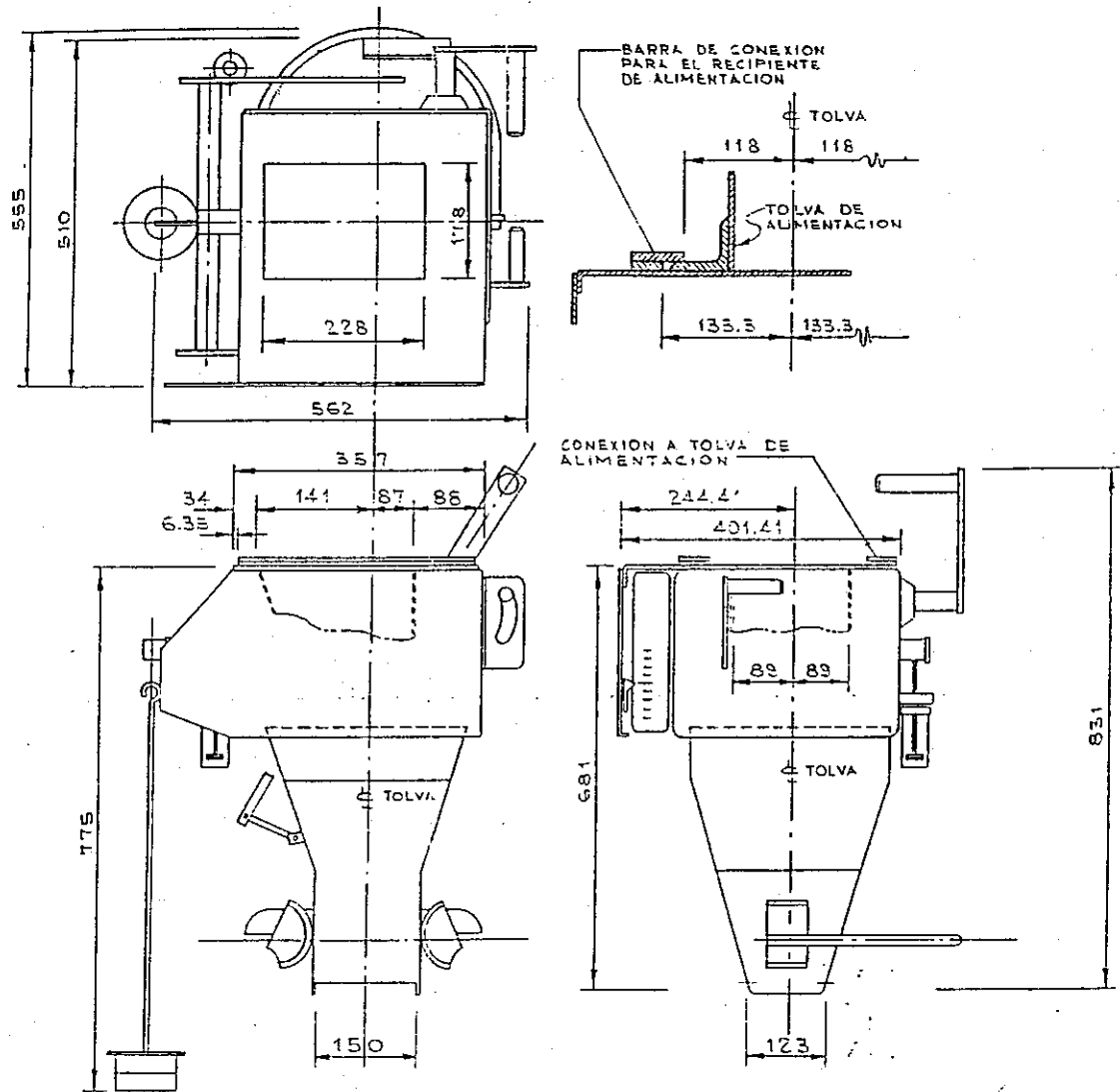


Figura 38 Arreglo de acoplamiento de báscula a tolva alimentadora

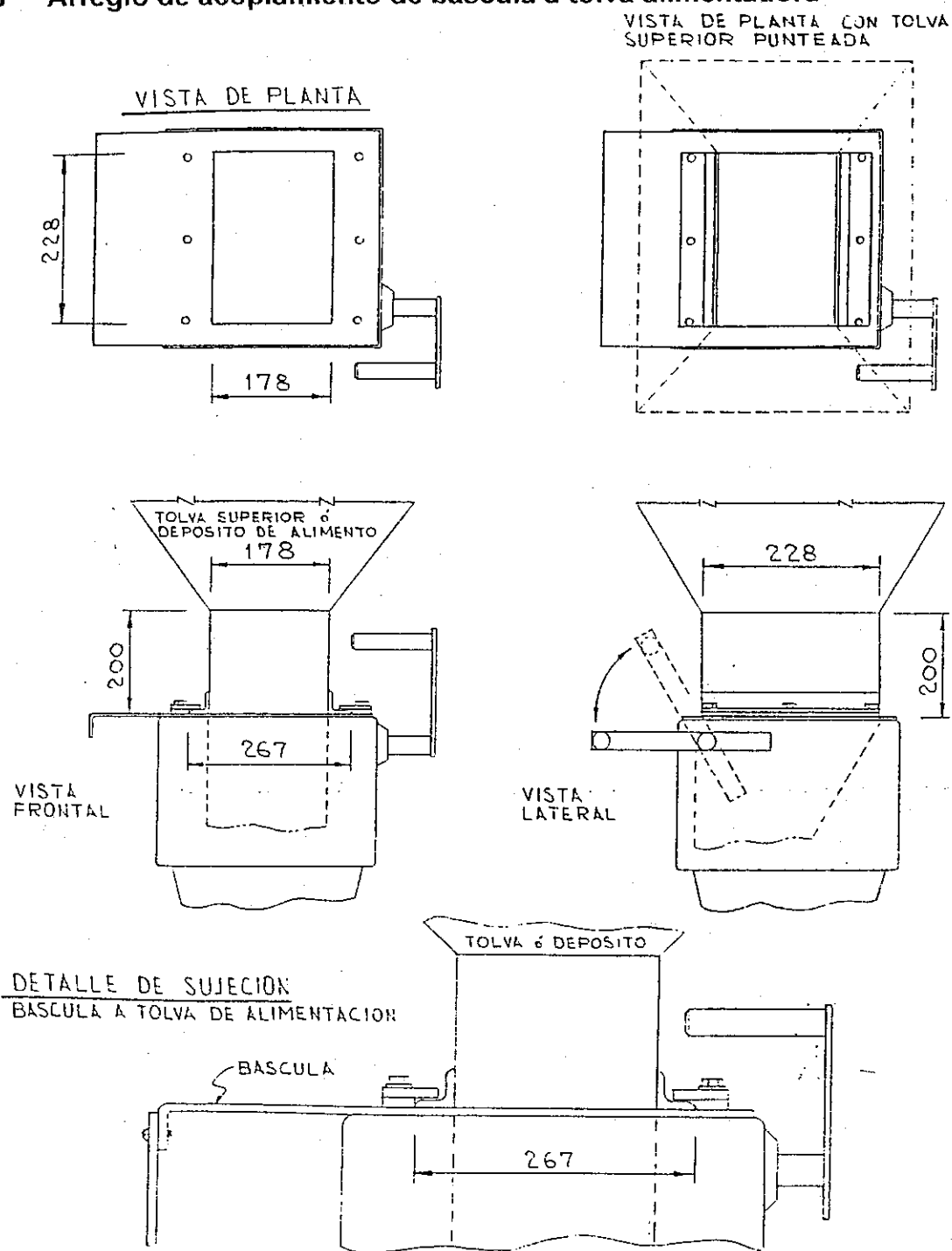


Figura 39 Arreglo general de instalación

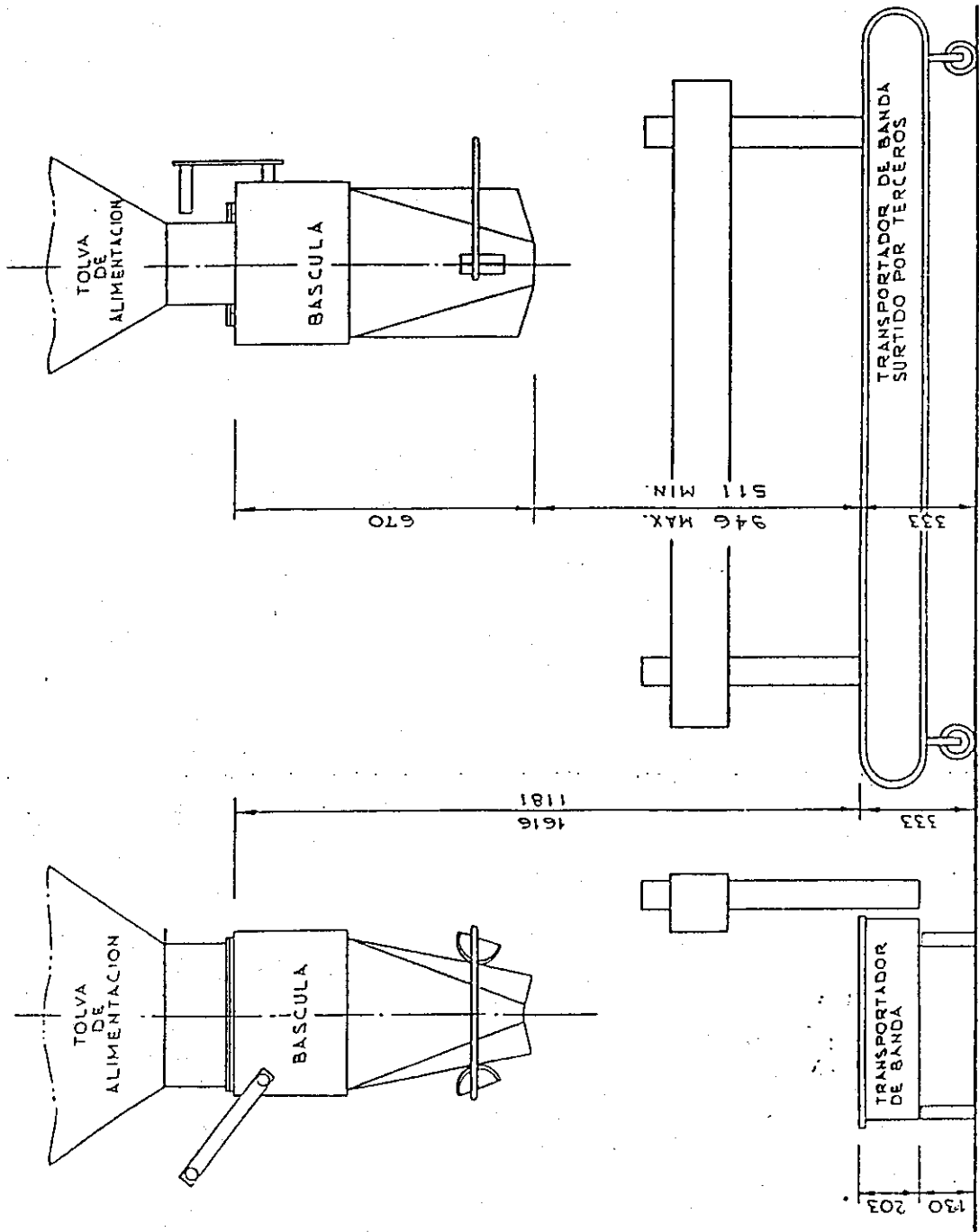


Figura 40 Dibujos explosivos de recambios. Boca de descarga rectangular (150 mm x 123 mm)

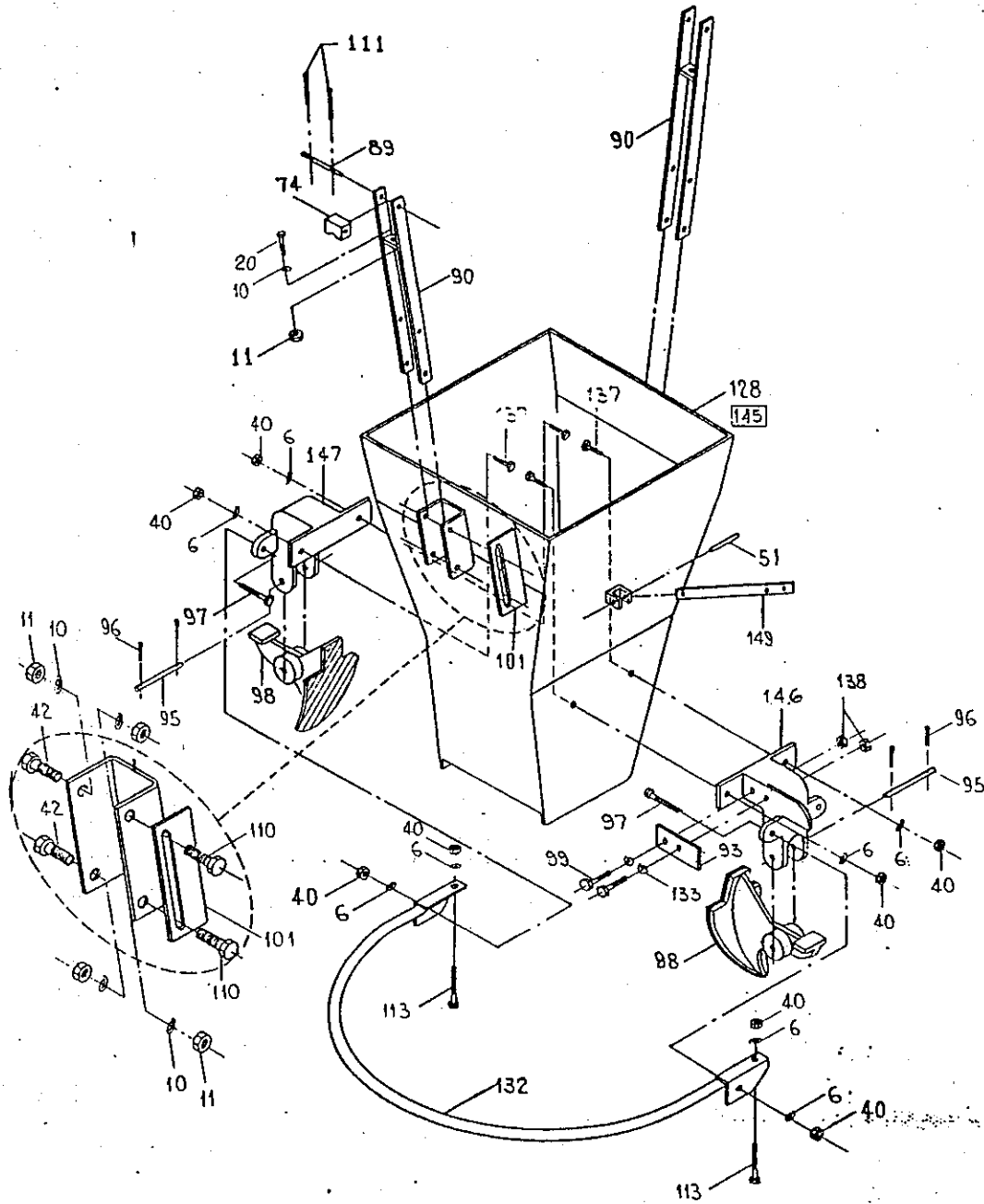
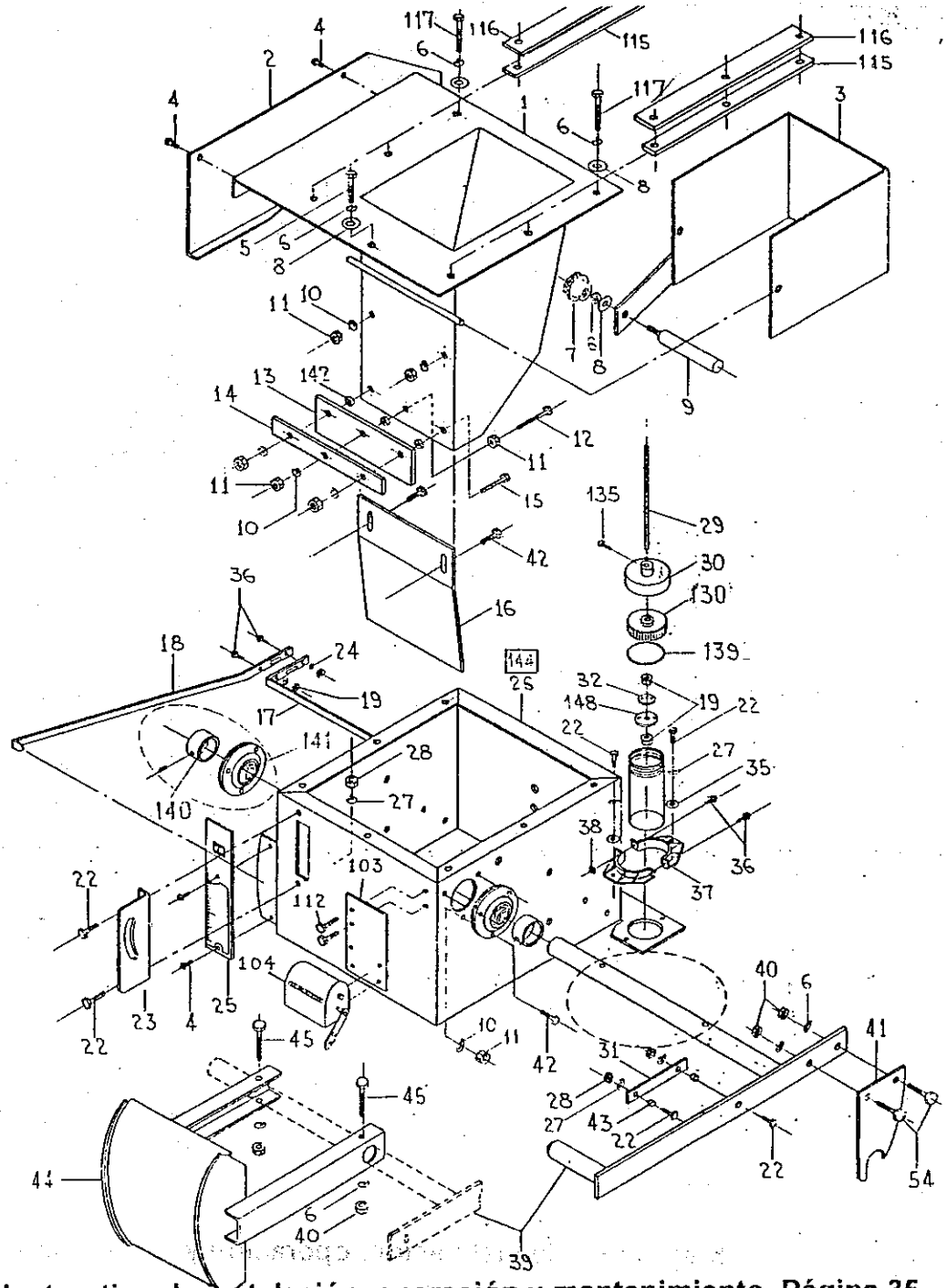
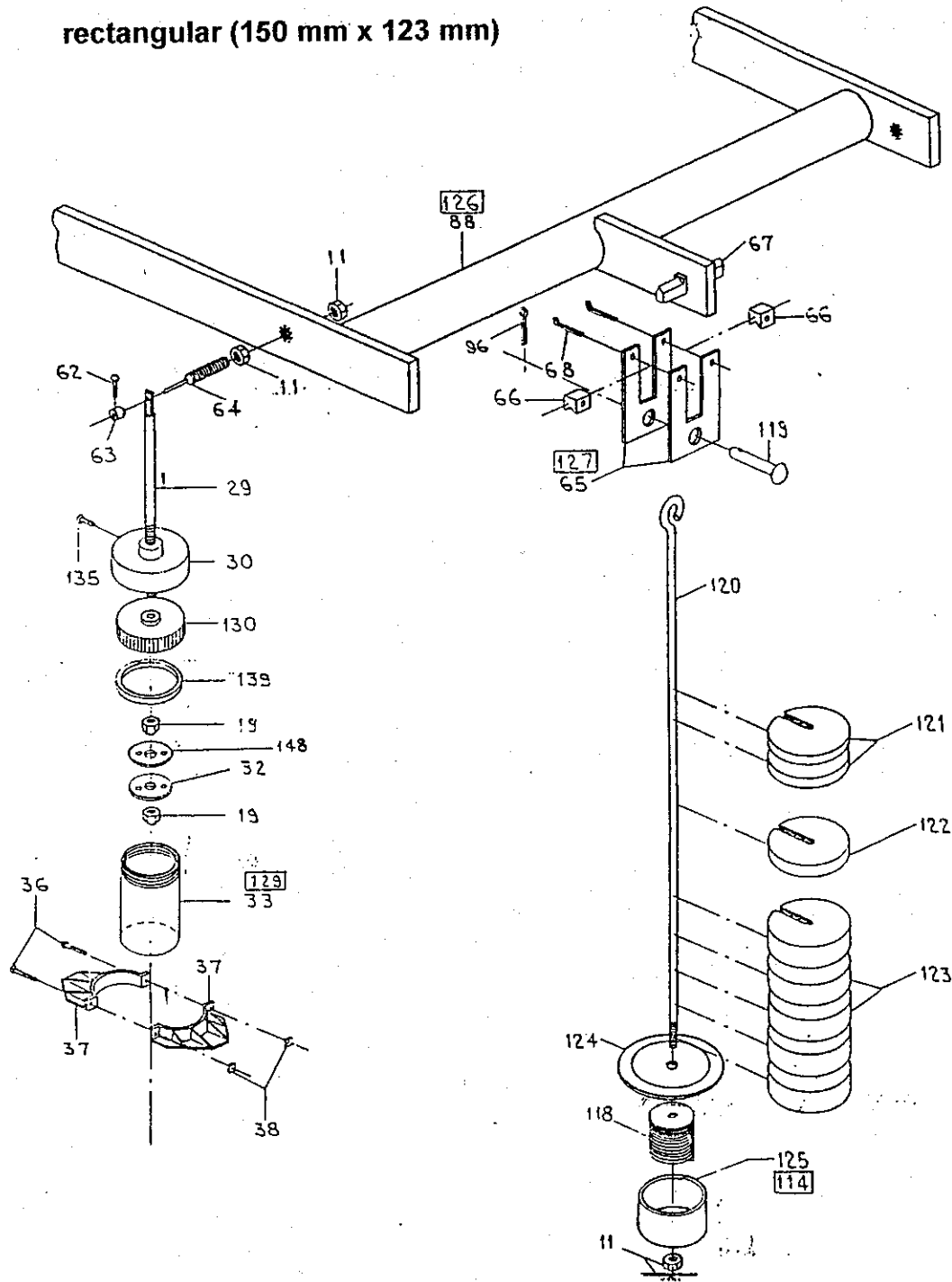


Figura 41 Dibujos explosivos de recambios. Boca de descarga rectangular (150 mm x 123 mm)



Instructivo de instalación, operación y mantenimiento. Página 36

Figura 42 Dibujos explosivos de recambios. Boca de descarga rectangular (150 mm x 123 mm)



CONCLUSIONES

1. La dosificación de los materiales es el problema que se presenta en el proceso de envasado, ya que la dosificación por tiempo presenta altos márgenes de error, debido a que el flujo no es constante; esto porque el mismo se ve afectado por factores como lo son la humedad específica del ambiente donde se instalará el equipo, la granulometría y el propio peso del material en las tolvas.
2. Es necesario adaptar celdas de carga (sensores de peso) a la mezcladora, que controlen electrónicamente el flujo de material que llega a ella; con esto se consigue una dosificación exacta, lo contrario de la dosificación por tiempo.
3. La operación del proceso semiautomático requiere de ocho (8) personas máximo, las cuales estarán distribuidas de la siguiente forma: un supervisor encargado de observar que todas las operaciones del proceso funcionen satisfactoriamente, un envasador de mezcla de agregados, dos personas que colocan la bolsa de cemento dentro del saco de mezcla, una persona encargada de operar la cosedora de sacos, dos personas para estibar los sacos y el conductor del cargador frontal, encargado de transportar la materia prima al área de envasado.

4. La producción mejorará considerablemente con la automatización de la dosificación de materiales, ya que como se observó en la sección 2.7, el incremento en la productividad del envasado semiautomático en relación con el envasado manual es de 41.75 sacos / hora-hombre; esto implica que en un período de tiempo habrá un mayor número de sacos envasados, con un número menor de operarios. Este es uno de los factores que influyen notablemente en la justificación del proyecto, durante la toma de decisiones. Además, el proyecto será ordenado y limpio.

RECOMENDACIONES

1. Al departamento de bolsas de la Empresa Mixto Listo S.A. se le recomienda realizar un estudio sobre vibradores accionados por aire comprimido, para instalarlos en puntos estratégicos de la salida de las tolvas de almacenamiento de material; esto con el fin de evitar que el material se apelmace en la salida de las mismas, ya sea por la humedad del ambiente, la granulometría o el propio peso del material (aspectos que deben tomarse en cuenta a la hora del análisis). Con esto se busca obtener un flujo constante, y así controlar la cantidad de material que fluye por gravedad en tiempos estimados.
2. Al departamento de recursos humanos de la Empresa Mixto Listo S.A., programar cursos de capacitación sobre la operación y manejo de la planta de envasado, dirigidos al personal operativo.
3. Al jefe de producción de envasado, velar porque el personal de operación utilice mascarillas, lentes y guantes, ya que en este proceso se manejan materiales abrasivos que perjudican la salud.
4. Al departamento de mantenimiento, revisar periódicamente la unidad de mantenimiento del sistema de aire comprimido, para garantizar la calidad del aire suministrado para el buen funcionamiento y durabilidad del equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III, **Marks Manual del Ingeniero Mecánico**. (9ª. ed. Tomo 2 México: Editorial McGRAW -HILL, 1999) pp. 10-1_10-72.
2. Allen-Bradley, **The Micro-Perfected, Micrologix 1000 Programmable. Micro Controller**. (Edit. Allen-Bradley: 1996). pp. 1-20
3. Square D. Groupe Schneider, **The industry's preferred source for electrical distribution and control products**, (Edit. Square D. Group Schneider. 1994). pp 18-33.
4. H. Meixner, E. Sauer, **Introducción a la neumática** . (Edit. Festo Didactic KG 1990). pp.1-74
5. Basculas Revuelta Maza S.A., **Instructivo de instalación, operación y mantenimiento, báscula ensacadora R-82 LE**. (Edit. Básculas revuelta Maza S.A. 1983). pp. 1-85.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BASCULAS**, Revuelta Maza s.a. **Instructivo de instalación, operación y mantenimiento. Báscula Ensacadora R-82 LE.** Edit. Básculas Revuelta Maza S.A. 1983.
2. **DIAZ**, Rodríguez Fausto. **Equipos industriales, guía práctica de reparación y mantenimiento.** Tomo 1. USA: Edit. McGraw-Hill. 1,990. 246 pp.
3. **FESTO**, **Introducción en la neumática, manual de estudio.** 3ª. Edición. s.l.i. s.p.i. s.f. 160 pp.
4. **GUERRA**, Marroquín, Juan Carlos. **Manejo de materiales en la industria.** Editorial USAC.
5. **PARKER**, Hannfin. **Parker actuator products. Catálogo 0106-3.** USA: Edit. Parker. 1995. 288 pp.
6. **PEREZ** Rodríguez, Carlos. **Laboratorio de neumática.** Guatemala: Edit. INTECAP. 1,990. 74 PP.
7. **ROCKWELL**, Allen-Bradley. **Catálogo The Micro-Perfected, Micrologix 1000 programmable Micro Controller.** Edit. Rockwell Automation, Allen-Bradley. 1996.
8. **SQUARE D.** Groupe Schneider. **Catálogo: Digest. The industry's preferred source for electrical distribution and control products, systems and service.** Edit. SQUARE D. Groupe Schneider. 1,994.
9. **VETTORAZI**, Demarchena Luis. **Automatización de maquinaria mediante la utilización de sistemas neumáticos.** Guatemala: Edit. USAC, 1,992. 141 pp.

APÉNDICE

NOMENCLATURA DE LA BÁSCULA ENSACADORA

POSICIÓN No.	CANTIDAD POR BÁSCULA	DENOMINACIÓN
1	1	Ducto de entrada.
2	1	Cubierta lateral.
3	1	Regulador ajustable.
4	4	Tornillo 4.7-24 NCx 9.5 cabeza gota galvanizada.
5	1	Tornillo 9.5-16 NCx19.05 cabeza hexagonal galvanizada.
6	27	Rondana de presión 9.52.
7	1	Perilla de regulador 9.5 galvanizada.
8	10	Rondana plana 9.52 galvanizada.
9	1	Maneral de regulador ajustable galvanizado.
10	28	Rondana de presión 7.9.
11	36	Tuerca 7.9 hexagonal galvanizada.
12	1	Tornillo 7.9x50.8 Rosca corrida cabeza hexagonal galvanizada.
13	1	Cierre sellador de ducto.
14	1	Sujetador de cierra.
15	2	Tornillo 7.9-18 NCx31.7 cabeza hexagonal galvanizada.
16	1	Placa limitadora.
17	1	Barra contra apoyo de indicador de nivel.
18	1	Indicador de nivel.
19	6	Tuerca hexagonal 4.76 cabeza bellota galvanizada.
20	2	Tornillo 7.9x31.7 rosca corrida cabeza hexagonal galvanizada.
21	2	Soporte de apoyo armado.
22	8	Tornillo 6.35-20 NCx19 cabeza hexagonal galvanizada.
23	1	Placa de ajuste de regulador galvanizada.
24	2	Rondana de presión 4.76.
25	1	Escala graduada.
26	1	Caja.
27	15	Rondana de presión 6.35.
28	14	Tuerca hexagonal 6.35 galvanizada.
29	1	Flecha de pistón amortiguador galvanizada.
30	1	Campana contra polvo galvanizada.
31	1	Eslabón de contador galvanizado.
32	1	Disco chico de émbolo amortiguador.
33	1	Vaso amortiguador.
34	2	Tirante de tensor regulable galvanizado.
35	4	Rondana plana 6.35 galvanizada.
36	4	Tornillo 4.7-24 NCx12.7 cabeza de gota galvanizada.
37	2	Abrazadera porta amortiguador.
38	2	Tuerca 4.7 cuadrada galvanizada.
39	1	Maneral de compuerta.
40	13	Tuerca 9.5 hexagonal galvanizada.

Nota: Las dimensiones utilizadas en la nomenclatura se dan en milímetros.

Continuación

POSICIÓN No.	CANTIDAD POR BÁSCULA	DENOMINACIÓN
41	1	Trinquete galvanizado.
42	14	Tornillo 7.9-18 NCx19 cabeza hexagonal galvanizado.
43	2	Espaciador de eslabón galvanizado.
44	1	Compuerta de ducto.
45	2	Tornillo 9.5-16 NCx50.8 cabeza hexagonal galvanizada.
46	2	Soporte de apoyo.
47	2	Suplemento de soporte de apoyo galvanizado.
48	1	Armado indicador de nivel.
49	2	Soporte de control de vaivén.
50	1	Tornillo 6.35-20 NCx32 cabeza hexagonal galvanizada.
51	2	Seguro de presión o perno espiral 4.76x3.17 galvanizado.
52	1	Tope de vara.
53	1	Tornillo 6.35x38 rosca corrida cabeza hexagonal galvanizada.
54	7	Tornillo 9.52-16 NCx25.4 cabeza hexagonal galvanizada.
55	1	Ménsula soporte.
56	1	Varilla de torsión.
57	1	Perno de ajuste grande galvanizado.
58	3	Rondana plana 7.93 galvanizada.
59	1	Contrapeso nivelación de bolsa galvanizado.
60	1	Ángulo de soporte.
61	4	Cuchillo de acero apoyo y carga.
62	3	Tornillo 3.17-40 NCx9.5 cabeza de gota galvanizada.
63	3	Seguro de eje empujador.
64	3	Perno empujador.
65	2	Cachete brida portacojinete galvanizado.
66	2	Cojinete de acero de brida de pilón.
67	1	Cuchillo de acero de carga de pilón.
68	2	Chaveta 4.76x38.1 galvanizada.
69	1	Tensor regulador galvanizado.
70	4	Rondana de presión 11.11.
71	4	Tuerca hexagonal 11.1 galvanizada.
72	1	Perno de ajuste chico galvanizado.
73	2	Seguro de cojinete 6.35x43 galvanizado.
74	4	Cojinete de acero apoyo y carga.
75	1	Espaciador chico de ménsula galvanizado.
76	1	Espaciador grande de ménsula galvanizado.
77	1	Ménsula de brazo disparador.
78	2	Tornillo 7.9x38 rosca corrida cabeza hexagonal galvanizada.
79	1	Tornillo 6.35x63 rosca 50.8 cabeza hexagonal galvanizada.
80	1	Ménsula de chumacera.

Nota: Las dimensiones utilizadas en la nomenclatura se dan en milímetros.

Continuación

POSICIÓN No.	CANTIDAD POR BASCULA	DENOMINACIÓN
121	2	Contrapeso 5 lbs. Y 1 lbs.
122	1	Contrapeso 10 lbs. Y 2 lbs.
123	6	Contrapeso 20 lbs. Y 4 lbs.
124	1	Tapa de cazuela pilón colgante.
125	1	Cazuela de pilón colgante.
126	1	Armado palanca principal.
127	1	Brida armada.
128	1	Tolva de descarga rectangular.
129	1	Vaso amortiguador (armado).
130	1	Tapa de vaso amortiguador.
131	1	Tuerca hexagonal 9.52 rosca fina galvanizada.
132	1	Maneral sujetador de bolsa, ensacadora rectangular.
133	2	Rondana de presión 6.35
134	1	Brazo del disparador (armado)
135	1	Tornillo 4.76-24 NCx9.5 cabeza de gota galvanizada.
136	4	Tornillo 7.93-18 NCx 22.2 cabeza hexagonal galvanizada.
137	4	Tornillo 9.5-16 NCx31.7 cabeza hexagonal galvanizada.
138	2	Tuerca hexagonal 6.35 galvanizada.
139	1	Empaque de tapa de vaso amortiguador.
140	2	Balero de chumacera.
141	4	Brida de chumacera galvanizada.
142	3	Espaciador de cierre galvanizado
143		Tolva de descarga octogonal.
144		Caja ducto de entrada.
145		Tolva de descarga rectangular.
146	1	Soporte de grapa con tope. Tolva rectangular.
147	1	Soporte de grapa. Tolva rectangular.
148	1	R-82 disco grande 1.21x 43 embolo amortiguador.
149	1	Retén.
150	1	Ducto de entrada inoxidable.
151	1	Regulador ajustable inoxidable.
152	1	Sujetador de cierre inoxidable.
153	1	Placa limitadora inoxidable.
154	1	Compuerta de ducto inoxidable.
155	1	Tolva de descarga octogonal inoxidable.
156	1	Tolva de descarga rectangular inoxidable.

Nota: Las dimensiones utilizadas en la nomenclatura se dan en milímetros.

Continuación

POSICIÓN No.	CANTIDAD POR BÁSCULA	DENOMINACIÓN
81	2	Tornillo 9.5-16 NCx89 cabeza hexagonal galvanizada.
82	1	Balero de brazo disparador.
83	1	Tornillo 6.35-20 NCx25.4 cabeza hexagonal galvanizada.
84	1	Seguro de retención 27.6
85	1	Tornillo 9.5-24 NFx41 cabeza cilíndrica galvanizada.
86	1	Nylon de chumacera.
87	1	Casquillo de chumacera galvanizado.
88	1	Palanca principal.
89	2	Perno brida de carga 6.35x47 galvanizado.
90	2	Brida de carga portacojinete.
91	1	Tolva de descarga octogonal.
92	1	Eslabón de control lateral.
93	1	Suplemento soporte de grapa 4.75x25.4x100 galvanizado.
94	1	Soporte de grapa con tope. Tolva octogonal.
95	2	Seguro de grapa 9.5x71.5 galvanizado.
96	5	Chaveta 3.7x19.05 galvanizada.
97	2	Tornillo 9.5x76.2 rosca 31.7 cabeza hexagonal galvanizada.
98	2	Grapa de sujeción.
99	2	Tornillo 6.35-20 NCx12.7 cabeza hexagonal galvanizada.
100	1	Maneral sujetador de bolsa ensacadora octogonal.
101	2	Seguro de transporte galvanizado.
102	1	Soporte de grapa. Tolva octogonal.
103	1	Placa de soporte para contador (opcional).
104	1	Contador de pesadas (opcional).
105	1	Armado de tensor regulable.
106	1	Brazo del disparador.
107	1	Espaciador de chumacera galvanizado.
108	2	Espaciador de brazo disparador galvanizado.
109	1	Espaciador de sellador de ducto galvanizado.
110	4	Tornillo 7.93-18 NC x25.4 cabeza hexagonal galvanizada.
111	8	Chaveta 2.38x12.7 galvanizada.
112	4	Tornillo 6.35-20 NC x13 cabeza hexagonal galvanizada.
113	2	Tornillo 9.52-63.5 rosca 47.6 cabeza hexagonal galvanizada.
114	1	Pilón colgante armado.
115	2	Suplemento de corredera de amarre.
116	2	Corredera de amarre.
117	6	Tornillo 9.5-16 NCx38 cabeza hexagonal galvanizada.
118	6	Rondana lastre.
119	1	Pasador galvanizado.
120	1	Tirante de pión colgante galvanizado.

Nota: Las dimensiones utilizadas en la nomenclatura se dan en milímetros.