

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de ingeniería Electricidad y Electrónica**



**Diseño de un Sistema Automático de Control  
de polvo para Descarga de Piedra Caliza en la  
Fabrica de Cementos Norte Pacasmayo S.A**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFECIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**VICTOR MIGUEL SANCHEZ GUAYLUPO**

**Promoción 1978 - 2**

**Lima - Perú  
1985**

"DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE  
POLVO PARA DESCARGA DE PIEDRA CALIZA EN LA FA-  
BRICA DE CEMENTOS NORTE PACASMAYO S.A."

## C O N T E N I D O

### INTRODUCCION

#### 1. GENERALIDADES

1.1 Descripción del Problema

1.2 Propiedades del Material

1.3 Maneras de controlar el Polvo

#### 2. SELECCION DEL SISTEMA

#### 3. DISPOSICION DE EQUIPO

#### 4. CALCULOS MECANICOS

#### 5. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

5.1 Diseño

5.2 Adaptación

#### 6. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

#### 7. COSTOS

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFIA

### ANEXOS

## INTRODUCCION

La fábrica de Cementos Norte Pacasmayo S.A., se encuentra ubicada en el distrito de Pacasmayo, Dpto. de La Libertad en el Km. 666 de la Panamericana Norte. Su principal actividad es la fabricación de Cemento tipo PORTLAND, bajo normas nacionales dadas por el ITINTEC (Instituto Nacional de Normas Técnicas) y normas de la A.S.T.M. (Sociedad Americana para pruebas de materiales).

La fabricación del cemento es internacionalmente semejante, por lo que existe un esquema básico para la manufactura del producto, diferenciándose unas fábricas de otras por su volumen de producción, tipo de maquinaria que emplean y por su disposición particular.

En el proceso se usa la vía seca y las materias primas para la fabricación del cemento son las calizas (85%), las arcillas (8%) y los aditivos de corrección como la sílice (6%) y el mineral oxidado de hierro (1%) los cuales al ser manipulados para su molienda, originan gran cantidad de polvo.

En la industria del cemento tanto las materias primas, el producto final, como los intermedios son pulverulentos. La producción de polvo es la inevitable secuela que acompaña al proceso de desmenuzamiento y de la manipulación tecnológica de los componentes materiales, indispensables para la fabricación del cemento PORTLAND.

Para impedir que el polvo pase al ambiente, las máquinas y demás dispositivos funcionales de las fábricas, trabajan a depresión, lo que hace necesario la manipulación y limpieza de masas

o volúmenes importantes de aire, por ejemplo para una fábrica de 2000 TM/día de caudal, es necesario tratar o limpiar 25,200 m<sup>3</sup>/min. de aire y gases.

En su mayoría los métodos usados para desempolvadura son mecánicos y los costos de explotación representan el 5 al 7% de los costos totales de explotación de la fábrica.

El presente trabajo trata sobre el método de despolvorización por CHORRO QUIMICO (CHEM JET) aplicado en la sección de descarga y almacenamiento de la piedra caliza en la fábrica de Cementos Norte Pacasmayo S.A., donde el área de las instalaciones es de gran extensión y abierta. Este método es el más económico y en la mayoría de los casos la instalación cuesta solo 1/10 de los otros métodos mecánicos y su eficiencia es de más del 90%. Se ha estructurado el diseño mecánico y eléctrico haciendo las respectivas consultas técnicas a los fabricantes de los dispositivos, equipos y productos que requiere para su funcionamiento el mencionado método.

La disposición, ubicación, montaje del equipo y maquinaria eléctrica se realiza siguiendo las normas que establece el Código Eléctrico del Perú, especialmente cuando se trabaja en medios húmedos con baja tensión. De igual forma los montajes y especificaciones mecánicas se realizan de acuerdo con normas DIN.

Este método de supresión de polvo, puede ser usado para polvos liberados de rocas, carbón y clinker, también soluciona problemas que se presentan en fundiciones, fábricas químicas, plantas

de energía, fabricas de vidrios, cerámicas, asfaltos, fertilizantes, coke, yeso, plantas sedimentadoras de hierro, terminales de carga y descarga marítimos y otros.

## 1.- GENERALIDADES

Para realizar el diseño del Método de despolvorización por CHORRO QUIMICO, se ha tenido que analizar y considerar los siguientes aspectos ó premisas.

a. ROCIADO

a.1.- Teoría de la Dispersión de gotitas líquidas

El mecanismo fundamental de la formación de gotitas consiste en hacer salir el líquido en forma de una corriente muy fina o de filamento.

Se ha demostrado que un cilindro de corriente líquida es inestable y que cualquier ligero desplazamiento hará que se estreche en unos sitios y se ensanche en otros, rompiéndose y desmenuzándose finalmente en gotitas. Precisamente en el momento en que empieza a desmenuzarse se forma un segundo grupo de gotitas mucho más pequeñas procedentes de los últimos filamentos del líquido que unen las gotitas primarias. La existencia de éstas gotitas secundarias puede demostrarse haciendo pasar corriente de ese tipo por una brisa suave, la cual desviará las gotitas secundarias de modo que puedan cogerse y estudiarse.

La formación directa de corrientes líquidas lo bastante finas para producir rociados finos no es por lo general práctica, por lo que se recurre a acciones secundarias.

Dos de estos métodos son los siguientes:



a.1.1 Se arrancan filamentos líquidos por el choque de chorros turbulentos de aire o vapor a gran velocidad que rastrean sobre la superficie del líquido.

a.1.2 El otro método para formar filamentos es extender el líquido en una lámina delgada. De esta lámina sale luego un filamento de su borde libre, y este filamento a su vez se rompe en gotitas.

b. RELACIONES DE ENERGIA

La energía necesaria para descomponer un líquido en gotitas se compone principalmente de tres partes.

b.1 Energía necesaria para formar la superficie venciendo la tensión superficial, la cual es el producto de esta tensión superficial por la superficie adicional formada. Para el caso del agua a la temperatura ambiente, la energía por unidad de volumen necesaria para formar gotitas de diámetro 1 micra, corresponde a una presión sobre el líquido de sólo  $0.00035 \text{ kg/cm}^2$ .

b.2 Puesto que el tiempo durante el cual tiene lugar la formación de gotitas es muy corto (microsegundos), la rapidez de deformación del líquido es muy grande y las fuerzas viscosas son enormes. La energía para producir esta deformación es pues apreciable y difícil de calcularla.

b.3 Energía perdida debido al mal rendimiento en la aplicación de la energía de fluido. Cuando la energía se suministra por una bomba directamente al líquido y se deja a éste en

libertad en una tobera bien diseñada, este último rendimiento es probablemente alto, pero en el caso de chorros de aire a vapor que chocan sobre el líquido, la transmisión de energía es relativamente baja.

La aplicación de cantidades crecientes de energía a la atomización de un líquido tiende a producir partículas cada vez más finas, existe probablemente un límite teórico y un límite práctico para este aumento. A medida que los filamentos de líquido van siendo más y más finos, aumenta grandemente la rapidez con que se rompen o desmenuzan debido a la elevada energía superficial por unidad de volumen de líquido. La rapidez y la cantidad de deformación necesarios aumentan también.

Se ha comprobado que a velocidades elevadas del aire, la atomización en un tipo determinado de tobera se acerca a sintomáticamente a un tamaño de gotitas de unas 6 micras.

### c. TOBERAS DE ROCIADA

Una tobera o boquilla pulverizadora es un dispositivo empleado para dividir un líquido en gotitas. Se emplean en gran número de modelos según sus aplicaciones y pueden clasificarse en alguno de los tipos siguientes.

c.1 Toberas de presión.- En las que el líquido está a presión y se divide por su inherente inestabilidad y su choque con la atmósfera o bien por su choque con otro chorro o una placa fija.

c.1.1 Tobera de Cono Hueco.- En ellas se alimenta el líquido a una cámara por pasajes tangenciales o por una espiral fija, de modo que adquiera un rápido movimiento de rotación. El orificio está colocado en el eje de la cámara de remolinos y el líquido sale en una lámina con forma de cono hueco que luego se divide en gotas. (Ver Anexo A1, figura 1 y 2). Estas toberas se constituyen generalmente con orificios de 0.5 mm (0.02") a 51 mm. (2") de diámetro con gastos de derrame correspondientes de 0.038 a más de 760 lt/min. (Ver Anexo A2).

Su capacidad es casi proporcional a la raíz cuadrada de la presión, salvo a presiones extremadamente altas a las cuales los razonamientos limitan la descarga o derrame. Las presiones de trabajo no suelen ser superiores a  $21 \text{ kg/cm}^2$  excepto en casos especiales como en la pulverización de la leche (70 a  $490 \text{ kg/cm}^2$ ), la descarga a presión constante es aproximadamente proporcional al área del orificio; aunque en este no corra el líquido llenándolo totalmente, la descarga no varía mucho con la viscosidad del fluido.

El ángulo comprendido en el cono de rociada suele aumentar con la presión lentamente hasta un máximo y luego disminuye, pero depende en gran parte de las

proporciones de la tobera. Una espiral con un paso corto produce una rociada de cono ancho, mientras que una espiral de paso grande da una de cono cerrado. El ángulo puede ser de 15 a 135 grados, pero no siempre resulta posible la obtención de toberas comerciales que nos dan el ángulo deseado cuando la presión y el gasto de derrame son también fijos. Las toberas de cono cerrado tienden más bien a la producción de un cono macizo que uno hueco.

c.1.2 Tobera de Cono Macizo.- Esta tobera es una modificación de la de cono hueco y se emplea cuando se desea abarcar por completo una superficie fija. La tobera es en esencia una de cono hueco a la que se le ha añadido un chorro axial que choca contra el líquido de rotación justamente en el orificio (Ver Anexo A1, figura 3).

La división del líquido se debe en gran parte a este choque y a la turbulencia resultante. El fluido parece salir del orificio en forma de gotas, mientras que en la de cono hueco suele observarse por lo general una lámina cónica corta que luego se rompe en gotitas fuera del orificio. Para obtener una distribución espacial uniforme es necesario diseñar la tobera de modo que exista una proporción adecuada entre la cantidad de líquido alimentado al chorro central,

la cantidad del que se hace girar y el tamaño del orificio. Normalmente es mayor la cantidad de líquido que se hace girar que la del chorro axial. El ángulo comprendido en el cono macizo es función del diseño de la boquilla y es casi independiente de la presión. Las toberas comerciales de cono macizo, producen conos con ángulos que van desde 30 a 100 grados.

Con un diseño especial puede conseguirse una rociada de cono macizo sin chorro central con ángulo tan grande como 100 grados.

Los tamaños corrientes de estas toberas tienen gastos de derrame que van desde menos de 3.8 lt/min. hasta varios centenares de litros por minuto (Ver Anexo A2).

c.1.3 Tobera de Abanico.- Por medio de cortes fresados o canales en la cara posterior de la placa del orificio, y a veces de un orificio alargado, o por medio de dos chorros inclinados, se hace que el fluido salga en lámina de forma de abanico que luego se rompe en gotitas.

El ángulo del abanico es de 10 a 130 grados en las toberas normalizadas y sus capacidades oscilan entre 0.38 y 76 lt/min.

c.1.4 Toberas de Choque.- En esta tobera se hace chocar una corriente maciza de líquido a presión contra una superficie fija o contra otra corriente análoga. Mediante una orientación y una forma adecuada de la placa, o variando el tamaño y la dirección de las dos corrientes de fluidos, es posible obtener un cono hueco ó una lámina en forma de abanico o de disco. Con estas toberas es posible producir gotas de tamaños mas uniformes que con otros tipos de toberas de presión, si se mantiene la corriente o flujo laminar si se toman las precauciones apropiadas.

c.1.5 Toberas de Niebla.- Para extinguir incendios.

Estas toberas de presión se diseñan para producir una densa capa o niebla de gotas de agua relativamente pequeñas.

Trabajan a presiones de 3.5 a 14 kg/cm<sup>2</sup> y descargan hasta 760 lt/min.

c.2 Toberas Giratorias.-

El líquido o fluído se alimenta a baja presión hasta el centro de un disco o una copa que gira con rapidez. La fuerza centrífuga hace que el fluído se divida en gotitas. Se emplean diversos modelos de discos para mejorar las características de la rociada, son particularmente útiles para pulverizar líquidos viscosos, lechados y líquidos que

contengan partículas sólidas.

Las toberas pequeñas solo rocian unos filtros por hora para humedecer aire, en tanto que las grandes funcionan con un gasto de derrame de 378 lt/min.

Necesitan por lo general mas potencia para funcionar que las de presión debido a las pérdidas por rozamiento entre el disco y el líquido y entre éste y el aire.

### c.3 Toberas Atomizadoras por gas.-

El fluido o líquido es sometido al efecto disruptor de un chorro de gas a gran velocidad, generalmente de aire o vapor. El líquido puede alimentarse bajo presión, por la carga hidráulica debida a su densidad o por aspiración por el efecto de inyector de la corriente de gas. El contacto entre el líquido y el gas puede tener lugar completamente fuera de la tobera o dentro de la cámara, de la cual sale el líquido pulverizado por un orificio. La nube de rociado se controla variando la forma del orificio en los tipos de mezcla interna y por medio de chorros auxiliares de gas en el de mezcla externa . Se emplea cuando se desea producir gotas sumamente pequeñas como para pulverizar pinturas, humedecer aire, aplicar insecticidas y en los quemadores de petróleo.

### d. MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA TOBERAS

Las toberas de presión son por lo general de fundición y latón

ó bronce fundido en los tamaños mayores y de acero, latón,  
ó bronce en los tamaños más pequeños.

Cuando la corrosión y la erosión son importantes, se fabrican con un material apropiado que pueda maquinarse, fundirse o moldearse. Algunos de los materiales especiales mas comunes son el acero inoxidable, el metal MONEL, el plomo crudo, materiales cerámicos, ebonita y vidrio. Cuando halla de darse a la erosión importante consideración, se ponen puntos o boquillas de ESTELITA o de alguna otra aleación dura, las toberas de metal MONEL son especialmente útiles para las aplicaciones a alta temperatura.

#### e. TAMAÑO DE LAS GOTAS

Existen muchas aplicaciones de las toberas donde tiene importancia el tamaño de las gotas producidas. Así para el presente trabajo es necesario que las toberas a usar produzcan una nube de gotas muy pequeñas; porque de lo contrario en la manipulación del material se formará lodo que ocasionaría problemas en la operación del sistema.

Cuando se rompe un líquido, se descompone primero en pequeños filamentos que se desprenden de su masa. Los filamentos se contraen por efecto de la tensión superficial y se establece una oscilación que conduce a la formación, en cada filamento, de una o más gotas grandes y varias más pequeñas. Cuanto mayor sea la fuerza receptora y más delgada la lámina en la ro-



tura, más pequeños serán los filamentos y menores las gotas. La fuerza es proporcionada por el movimiento relativo entre lámina líquida y el aire y por consiguiente aumenta con la presión del fluido. La ruptura de la lámina líquida se debe al rozamiento superficial, la longitud de la lámina desde el orificio hasta que se rompe es primordialmente función de la presión del fluido y no es muy afectada por la descarga o derrame total.

Para conseguir mayor uniformidad en los tamaños de las gotas, es necesario que la región de ruptura sea estrecha y se presente a distancia uniforme del orificio.

Con las toberas menores se producen gotas más pequeñas y más uniformes que con las mayores y el tamaño de las gotas disminuye con el aumento de la presión.

Las propiedades físicas del líquido también afectan el tamaño de las gotas, la energía cinética de la lámina líquida crece cuando aumenta la densidad del líquido, lo que conduce a gotas pequeñas y aumenta lentamente con la viscosidad. Con un aumento de la tensión superficial aumenta la distancia del orificio a la ruptura y acrecienta también el diámetro de los filamentos líquidos y sus longitudes antes de la ruptura, dando como resultado un lento decrecimiento del tamaño de las gotas con disminución de la tensión superficial.

Las toberas de cono hueco dan por lo general gotas algo más pequeñas que las de cono macizo; las de abanico dan gotas mu-

cho más grandes y las más pequeñas se consignan con una tobera de impacto ó choque.

Cuando se necesita un número máximo de gotas pequeñas, deben emplearse toberas del tamaño más pequeño factible y hacerlas funcionar a la presión mas alta posible.

Debido al amplio intervalo de tamaño de gotas formadas por una tobera de pulverización, no es posible definir un tamaño medio de las gotas para todos los fines; sin embargo en el Anexo "A3" se dan algunas distribuciones típicas de tamaños de gotas que ilustran el efecto de las variaciones de la presión y del tamaño de la tobera.

En cuanto a las toberas rotativas y atomizadoras por gas. el efecto de las variaciones en la viscosidad, densidad y tensión superficial sobre el tamaño de las gotas, se rige por leyes algo diferentes a las de presión.

#### f. TENSION SUPERFICIAL

Debido a la atracción intermolecular, la superficie interfacial ó de separación de dos fluídos no miscibles, tiende a adoptar el área mínima compatible con el volúmen de fluído encerrado y con las fuerzas exteriores que actuan sobre los fluídos.

Para extender el área "A" de la superficie de separación, isotérmicamente es necesario gastar un trabajo  $dw = \sigma dA$ , siendo el trabajo realizado por aumento unitario de área al que se da el nombre de TENSION INTERFACIAL,  $\sigma$  es la energía libre de

la interfaz por unidad de área y es función del estado del sistema. Su valor varía bastante con la composición de los fluidos y con la temperatura, mientras que su variación con la presión es pequeña.

Cuando uno de los fluidos es un gas, un cambio en su naturaleza de éste, en igualdad de las demás condiciones, comúnmente no produce variación apreciable en  $\sigma$ , por esta razón la tensión interfacial para los sistemas líquido-gas suele tratarse como una propiedad del líquido solo, y se denomina generalmente tensión superficial del líquido en cuestión. Salvo en el intervalo de 20 a 30°C de la temperatura crítica  $t_c$  (°C), se halla con aproximación por medio de la ecuación de EOTVOS.

$$\sigma = \left(\frac{\rho}{M}\right)^{2/3} (B - K_E t) \quad \text{dinas/cm.}$$

$$\rho = \text{densidad del líquido } \text{gr/cm}^3$$

$$M = \text{Peso molecular.}$$

$$B = \text{constante}$$

$$K_E = \text{cte} = 2.1 \quad (\text{para los líquidos normales, es decir sin moléculas asociadas.})$$

$$B = K_E (t_c - 6)$$

Ver anexo A.4 donde se dan algunos valores de tensión superficial de líquidos.

## ANEXO - A1

### Toberas de presión



FIG. 1.\_ Una pequeña tobera de cono hueco del tipo de espiral fija.  
(Schutte and Koerting Co.)

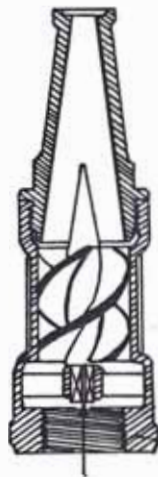


FIG. 2.\_ Una gran tobera de cono hueco  
(Schutte and Koerting Co.)



FIG. 3.\_ Tobera de cono macizo.  
(Spray Engineering Co.)

## ANEXO A 2

Gastos de derrame y ángulo comprendido por la rociada de toberas típicas de presión

Tipo de tobera	Diámetro del orificio		Gasto, 1/min., ángulo comprendido por la rociada							
			0.7Kg/cm <sup>2</sup>		1.75Kg/cm <sup>2</sup>		3.50Kg/cm <sup>2</sup>		7.00Kg/cm <sup>2</sup>	
	Pulg.	cm.	Gastos de derrame	Angulo, grados	Gastos de derrame	Angulo, grados	Gastos de derrame	Angulo, grados	Gastos de derrame	Angulo, grados
Cono hueco	0.046	0.117			0.38	65	0.511	68	0.693	75
	0.140	0.356	2.025	82	3.07	88	4.16	90	5.68	93
	0.218	0.554	4.73	83	7.12	86	9.65	89	13.1	92
	0.375	0.952	27.2	62	44.7	70	62.4	70		
Cono macizo	0.047	0.119			0.632	65	0.889	70	1.29	70
	0.188	0.477	6.06	55	9.31	58	12.9	60	18.1	60
	0.250	0.635	12.7	65	20.44	70	28.4	70	39.4	75
	0.500	1.270	66.2	86	104.0	84	146.5	73		
Abanico	0.031	0.079	0.32	40	0.500	90	0.689	110	0.954	110
	0.093	0.236	2.65	70	4.24	76	5.94	80	8.52	80
	0.187	0.475	8.52	50	14.00	59	20.2	65	29.1	65
	0.375	0.952	36.0	66	58.3	74	83.6	75	116	75

Datos proporcionados por la Spray Engineering Co.

## ANEXO A 3

Distribución de tamaños de gotas producidas por tres boquillas de cono hueco del mismo diseño.

Diámetro nominal de las gotas, $\mu$	Número de gotas de cada grupo de tamaño					
	Diámetro del orificio, 1.6 mm.			Diámetro del orificio, 2.2 mm.		Diámetro del orificio, 3.25 mm.
	3.5Kg/cm <sup>2</sup>	7Kg/cm <sup>2</sup>	14Kg/cm <sup>2</sup>	7Kg/cm <sup>2</sup>	14Kg/cm <sup>2</sup>	14Kg/cm <sup>2</sup>
10	375	800	1700	100	300	100
25	200	280	580	60	150	50
50	160	180	260	41	100	45
100	50	60	70	26	34	27
150	27	31	35	14	18	15
200	19	23	27	9	12	11
300	8	9	11	5	8	6
400	2	4	4	4	7	3
500	1	1	.....	2	1	2
600	1	.....	.....	1		1

NOTA:  $1\mu$  (micrón) =  $10^{-4}$  cm.

## ANEXO A 4

### 1. Tensión superficial de los líquidos comunes en contacto con el aire.

Líquido	Tensión superficial, dinas/cm.						Constante de Eötvös, kE
	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	
Benceno, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ...	31.6	28.9	26.3	23.7	21.3	18.8 +	2.22 <sup>0-100°C.</sup>
Etanol, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH...	24.1	22.3	20.6	19.0	.....	15.5 +	1.0 <sup>20°C.</sup> 1.3 <sup>150°C.</sup>
Metanol, CH <sub>3</sub> OH...	24.5	22.6	20.9	.....	.....	15.7 +	1.0 <sup>100°C.</sup>
Tolueno, C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> ....	30.7	28.4	26.1	23.8	21.5	19.4	
Agua, H <sub>2</sub> O.....	75.6	72.8	69.2	66.2	62.6	58.9	1.03 <sup>25°C.,</sup> 1.18 <sup>100°C.,</sup>

### 2. Tensión interfacial del mercurio y el agua en contacto con ciertos fluidos.

#### Mercurio

Segundo fluido	$\sigma$ dinas por cm.	Temp., °C
Aire, $\mu$ O <sub>2</sub> .....	487 +	15
Hidrógeno, H <sub>2</sub> .....	470	19
Nitrógeno, N <sub>2</sub> .....	496	15
Vacío .....	470-480	0
Benceno, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	357	20
Etanol, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH .....	364	20
Agua, H <sub>2</sub> O .....	375	20

#### Agua

Segundo fluido	$\sigma$ dinas por cm.	Temp., °C
Benceno, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	35.0	20
Tetracloruro de carbono CCl <sub>4</sub> .....	45.0	20
Ciclohexanol, C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH .....	39.2	16.2
Eter etílico, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O .....	10.7	20
n-Hexano C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> .....	51.1	20
Acido oleico, C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> .....	15.6	20
Tolueno, C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> .....	36.1	25

### 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Para el almacenamiento de la piedra caliza en fábrica, los trailer provenientes de la cantera la depositan en tolvas y de aquí se alimenta mediante vibradores ubicados en la parte inferior de las mismas, a una faja transportadora (63-02) que transfiere el material a una segunda faja (63-03) y ésta a una tercera (63-04) o TRIPPER, instalada sobre un puente de 17 mts. de altura por 122 mts. de longitud, desde donde el material es precipitado para su almacenamiento (Ver Anexo A5).

Como las instalaciones son abiertas y de gran extensión, durante la manipulación del material se genera gran cantidad de polvo que crea dificultades en la operación, mantenimiento de equipos y maquinaria, mermas en la cubicación del material (8%) y polución ambiental.

Instalar un método mecánico de recolección de polvo en esta área presenta gran dificultad debido a que se necesitaría gran cantidad de costosos ductos, canaletas, filtro recolector, compresor de aire etc.; y no se podría instalar en el puente donde va el TRIPPER, puesto que es un sistema de descarga en movimiento (cambia de posición a lo largo del puente).

Para solucionar este problema se optó por usar el método de despolvorización por CHORRO QUIMICO (CHEM JET), que ha probado ser el único método práctico para controlar el polvo donde



el área que lo produce es tan extensa y compleja como en estas instalaciones, proporcionando más del 90% de eficiencia. Como el polvo de piedra caliza es al menos parcialmente hidrórepelente, éste método usa un compuesto activo de superficie llamado "Compuesto M-R" que mezclado en pequeñas cantidades con el agua resulta una solución altamente humectante que al ser inyectada mediante toberas pulverizadoras en diferentes puntos seleccionados, durante la manipulación del material, evita que el polvo antes de llegar al medio ambiente sea devuelto a la superficie del material en movimiento, previnando así el desperdicio del mismo. Una vez que el material es tratado, retiene sus características libres de polvo y puede ser trasladado en fajas transportadoras de gran longitud, puesto en almacenamiento y recobrado para procesarlo sin ninguna incidencia en el producto final.

En Cementos Norte Pacasmayo S.A. se manipula 3,500 T.M./día de piedra caliza, lo cual representa un alto volumen fluyente, y este método proporciona la humedad necesaria para eliminar la gran cantidad de polvo creado, reduciendo también el costo de tiempo de limpieza y mantenimiento en comparación con los métodos mecánicos.

El sistema funciona automáticamente, utilizando como señal para el automatismo el material que pasa a través de las fajas transportadoras y alimentadores vibratorios.

## 1.2 PROPIEDADES DEL MATERIAL

En la naturaleza abunda el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) y para fabricar Cemento PORTLAND, es adecuado el procedente de todas las formaciones geológicas. Las formas más puras de la caliza son el Espato calizo (Calcita) y el Aragonito que cristalizan en el sistema hexagonal y rómbico respectivamente. El peso específico del Espato calizo es 2.70 y del Aragonito 2.95.

Las formas más comunes del carbonato cálcico están constituidas por la caliza y la creta. La caliza posee por lo general estructura cristalina de grano fino, su dureza está comprendida entre 1.8 y 3.0 de la escala de Mohs, su peso específico varía de 2.6 a 2.8. Es de color blanco cuando es muy pura; pero usualmente contiene otros materiales como sustancias arcillosas o minerales de hierro que influyen en su color.

Esta materia prima obtenida en cantera por voladura, se ha de desmenuzar para efecto de su elaboración posterior. La subdivisión se realiza mediante trituradores y comprende dos etapas: trituración primaria y trituración secundaria. En la primera etapa el material es subdividido hasta tamaños de escala relativamente gruesos (50 mm a 80 mm) pero durante el proceso también se originan finas partículas (polvo) que es lo que ocasiona dificultades en su manipulación para ser almacenado, debido a que se convierte en un material altamente pulverulento.

En la segunda etapa el material se reduce a tamaños pequeños (1-1 1/2" )quedando listo para su molturación de gran finura debidamente dosificado, en los molinos de bolas.

El polvo de caliza así formado, tiene las siguientes características:

GRANULOMETRIA:

FINOS		
MALLA		%
N°	um	
70	212	25
170	90	50
<170	<90	25

Densidad: 1.55

Es parcialmente hidrófobo.

Para el presente trabajo se ha comprobado que al formar una nube de agua mediante pulverizadores, este polvo no se precipita tan rápidamente en el ambiente, como cuando se realiza un tratamiento previo al agua, que consiste en preparar una solución cuya propiedad principal es la disminución de la tensión superficial del agua.

### 1.3 MANERAS DE CONTROLAR EL POLVO EN LAS INDUSTRIAS DE CEMENTO

En la explotación de una fábrica de cemento se producen las siguientes clases de polvo: polvo de materias primas es decir de caliza, marga, calcárea, arcilla, minerales de hierro, escorias etc.; polvo de crudo; de carbón, polvo de gases residuales; polvo de clinker; polvo de yeso, polvo de cemento.

En la fabricación del Cemento Portland el factor mas importante de emisión son las partículas sólidas a las que generalmente se les califica de polvo. Para su separación se utiliza los siguientes tipos de desempolvadores mecánicos: ciclones para desempolvadura, cámaras de polvo, filtros de tejidos, desempolvadores por capa de gravilla, filtros electrostáticos y los dispositivos que emplean agua como elemento activo en la separación del polvo. (Ver Anexo A6).

Los desempolvadores se valoran según su rendimiento, por tanto si en un desempolvador se recogen 95 gr. por cada 100 que entran su rendimiento es del 95%.

### 1.3.1 CAMARAS DE SEDIMENTACION DE POLVO

El modo de operar de estas cámaras se basa en el principio de la disminución de la velocidad en la vena gaseosa lo que da lugar a la sedimentación del polvo.

El gas que contiene polvo se hace llegar a cámaras de gran volumen, donde la velocidad disminuye de modo correspondiente, lo que da lugar a la sedimentación de las partículas gruesas por acción de la gravedad; para separar polvos más finos, sería necesario de disponer de cámaras de más 35mts. El rendimiento de las cámaras de separación sobre polvos típicos en las fábricas de cemento varía entre el 30-70%. En estas cámaras la velocidad de los gases no debe sobrepasar 0.5 m/seg, la pérdida de carga está en el intervalo de 5-25 mm. de agua.

### 1.3.2 CICLONES

Un ciclón consta de dos partes, una cilíndrica y otra cónica. El gas entra por la parte alta del cuerpo cilíndrico, tangencialmente y se mueve en espiral a lo largo de la pared, hacia abajo, casi hasta la parte inferior del cono (torbellino exterior), desde aquí comienza a ocupar el espacio interno del ciclón, en donde se mueve hacia arriba y también en espiral (torbellino interior). La fuerza centrífuga hace que las partículas de polvo del gas se depositen sobre la pared del ciclón y tanto por la acción de la gravedad, como por la del torbellino exterior, se desplazan hacia abajo. La mayor parte de las partículas cae en un colector, de donde se extraen mediante una exclusiva de sectores por un tornillo sin fin.

El rendimiento de un ciclón es inversamente proporcional a su diámetro, los ciclones con 225, 400, 600 y 3150 mm. tienen rendimientos de 96.7, 92.6, 88.2. y 57.5% respectivamente. Hay ciclones con diámetros de 300 hasta 2,300 mm. en grupos de 1, 2, 4 y 6 unidades. Se usan para desempolvar los gases de los hornos rotatorios, enfriadores de Clinker, trituradores, molinos, etc.

La pérdida de carga de los ciclones está entre los 30-165 mm. de columna de agua y depende de : la temperatura del gas, del tamaño del ciclón y la velocidad de entrada de gas.

### 1.3.3 FILTROS DE TEJIDO

Los filtros de tejido que se utilizan en las industrias del cemento son filtros de mangas con diámetros de aproximadamente 300 mm. y de una longitud de hasta 10 mts.; las mangas están fabricadas con tejido o filtros de fibras naturales o sintéticas. Los filtros de mangas pueden retener partículas inferiores a 1  $\mu$ m. y obtener rendimientos del 99.95%. Pueden trabajar con gases a temperaturas de 285 °C. Los gases con polvo pasan a través de un medio poroso (el tejido del filtro) y depositar partículas en sus huecos. Cuando estos se han llenado, comienza a formarse una capa de polvo, que constituye la parte más importante de la acción filtrante. Antes de formarse la capa de polvo en el filtro, operación que dura poco tiempo, el rendimiento del filtro es pequeño. Si la capa es demasiado gruesa, la pérdida de carga comienza a subir lo que exige su limpieza. Según las propiedades del polvo y del tipo de tejido se suele emplear cuatro métodos para la limpieza del filtro : oscilación de las mangas, inyección de aire en sentido inverso, presión pulsátil limpieza con ondas sonoras. El proceso de limpieza se realiza periódicamente y la mayoría de las veces entra en funcionamiento mediante un dispositivo de relojería.

#### 1.3.4 FILTROS DE LECHO DE GRAVILLAS

Llamado también filtro de lecho de cantos, consiste en una combinación de separador ciclónico y de lecho de cantos, que en la industria del cemento se le conoce como filtro de lecho de gravillas. Estos filtros, pueden trabajar en combinación con predepuradores de polvo y responden al sistema de varias cámaras, de 8 a 20 unidades con diámetros de 1300 a 2800 mm. Cada uno de los dispositivos internos de tamaño idéntico está conectado en paralelo a un tubo común para el gas cargado de polvo y otro también común para el gas depurado. El gas bruto es llevado al filtro a lo largo de un canal colector común en donde ya se produce cierta sedimentación de polvo, el correspondiente a las partículas más gruesas. De allí, entra después en un predepositor de tipo ciclónico, en que se deposita el polvo grueso, conducido todavía por el gas y se vacía mediante un órgano de extracción (compuertas). El gas predepurado sube a lo largo de un tubo de inmersión al recinto de filtración y pasa de abajo arriba a través del lecho de gravillas en donde abandona el polvo fino residual que se deposita en los huecos existentes en el lecho. El gas depurado penetra en el recinto del gas depurado por encima de una válvula de cierre y luego pasa al canal de gas depurado.

Un dispositivo programado conduce la limpieza de las u



nidades de sedimentación. Cuando entra en funcionamiento la válvula de cierre, esta unidad queda aislada de la corriente de gas. Luego se inyecta aire de limpieza a presión en dirección contraria a la cámara de limpieza y con ello pone la capa de gravillas en estado suelto. Durante el proceso de limpieza se mueve un dispositivo en forma de rastrillo igualador, mediante un motorreductor con lo cual la capa de gravilla queda limpia de polvo. El aire de limpieza conduce el polvo aglomerado a lo largo del tubo de inmersión al recinto de sedimentación, cae en él debido a la velocidad notablemente reducida y la fuerte inflexión a que se le obliga.

El aire de limpieza con el polvo residual se mezcla con el que llega por el canal del gas bruto y entonces pasa a las otras unidades del filtro para una despolvadora conjunta.

Este tipo de filtro es resistente al desgaste, insensible a las altas temperaturas (50°C), su rendimiento llega hasta el 99.9%, la pérdida de presión promedio es de 150 mm. de columna de agua.

Se usan para depurar el aire de los enfriadores de clinker, gases de hornos rotatorios, instalaciones de carga y transporte.

### 1.3.5 FILTROS ELECTROSTATICOS

El principio de la sedimentación de polvo con filtros electrostáticos se basa en aprovechar el efecto de ionización de los gases en un campo eléctrico intenso formado entre los electrodos emisores (descarga por efecto corona, negativos) y los electrodos de precipitación positivos. Si la tensión eléctrica entre ambos electrodos es lo suficientemente alta (48,000 a 80,000 VDC) el electrodo emisor comienza a emitir electrones y con ello se logra que las moléculas del gas que rodean el electrodo queden cargadas en forma de iones positivos y negativos. Bajo la influencia de la intensidad del campo, los iones negativos se desplazan hacia los electrodos positivos conectados a tierra. Si el gas contiene polvo entonces los iones negativos ceden su carga a las partículas de polvo, las cuales se desplazan hacia el electrodo positivo, se depositan allí y quedan neutralizados. Por percusión se suelta, el polvo acumulado sobre los electrodos y cae en la cámara colectora. Sin embargo, una parte pequeña resulta cargada positivamente y se deposita sobre los electrodos emisores y por ello se les ha de limpiar también por percusión. Por tanto hay tres procesos principales, aunque parciales, que determinan la depuración eléctrica de los gases: la descar-

ga corona, la carga de las partículas y su sedimentación.

Dependiendo del estado del gas, de su temperatura y del tipo de polvo, ocurre que la fuerza de atracción del electrodo de sedimentación se debilita y el rendimiento del electrofiltro falla. Para las condiciones más favorables de un depurador electrostático, la resistencia eléctrica de las partículas de polvo debe estar situada entre  $10^4$  y  $10^{11}$  ohms/cm. La resistencia eléctrica de la mayoría de los polvos que se originan en las fábricas de cemento está dentro de estos límites. El polvo con resistencia eléctrica baja pierde rápidamente su carga eléctrica en el electrodo de sedimentación y resbala después de la pérdida de su polaridad y se incorpora de nuevo a la corriente de gas. Con temperatura creciente, aumenta la resistencia eléctrica del polvo y si alcanza el valor de  $10^{14}$  ohm/cm. tal polvo se pega en el electrodo de sedimentación y forma allí una capa aislante que malogra considerablemente el grado de sedimentación, se crean puntos emisores a través de los que se produce una ionización inversa. Para evitar este problema se produce una humectación de los gases que contienen el polvo, para disminuir su resistencia eléctrica (humedad del 15-18% en volumen). Esto requiere la instalación de torres de

inyección de agua o de enfriadores por evaporación.

Si la temperatura es próxima al punto de rocío, la acción de la humedad es más eficiente, dando por resultado un mejor grado de separación.

Existen dos tipos fundamentales de desempolvadores eléctricos: desempolvadores de tubos y de placas. El desempolvador de tubos sirve para la desempolvadura de suspensiones húmedas de gases. En la industria del cemento se emplean únicamente desempolvadores eléctricos secos, para ese fin sirven los electrofiltros del tipo de placas.

Su pérdida de carga es de 15-20 mm de columna de agua; el consumo específico de energía varía de 0.2 - 0.3 kw-h/1000m<sup>3</sup> de gas o alrededor de 0.65 kw-h/t de Clin-ker, en condiciones favorables se consiguen grados de sedimentación del 99.75%.

#### 1.3.6 DESEMPOLVADORES POR CHORRO QUIMICO

Utilizan una solución de agua con gran poder humectante que precipitan el polvo antes que se disperse en el medio ambiente. Este es el método que trata del presente trabajo y que se desarrollará en detalle en los próximos capítulos.

## ANEXO - A 6

Diagrama de los diferentes tipos de filtros.

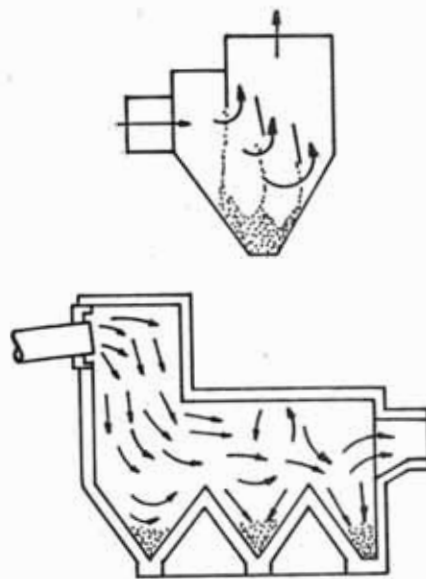


Fig. 1. Cámaras de deposición de polvo para gases residuales de horno rotatorio y de secaderos.

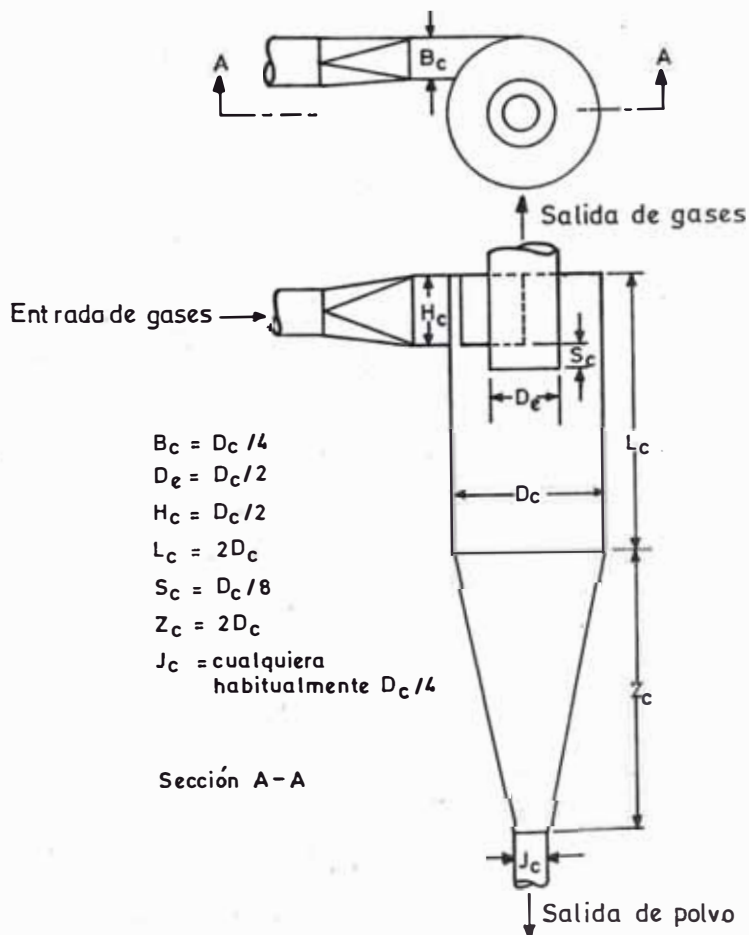


Fig. 2. Relaciones dimensionales de los elementos constructivos de un ciclón para depósito de polvo.

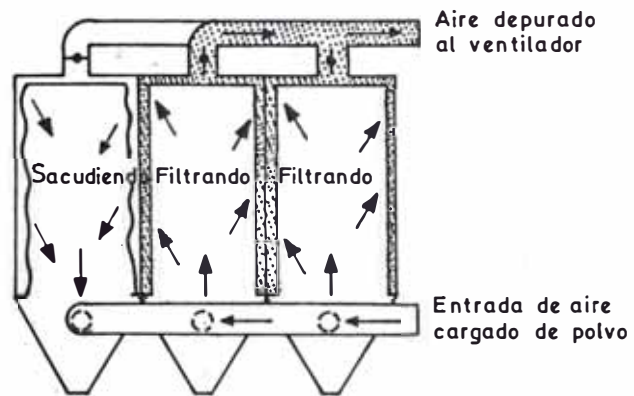


Fig. 3. A efectos de limpieza de las mangas una cámara de deposición es puesta fuera de servicio; durante el tiempo de inactividad el resto de las cámaras están en explotación normal.

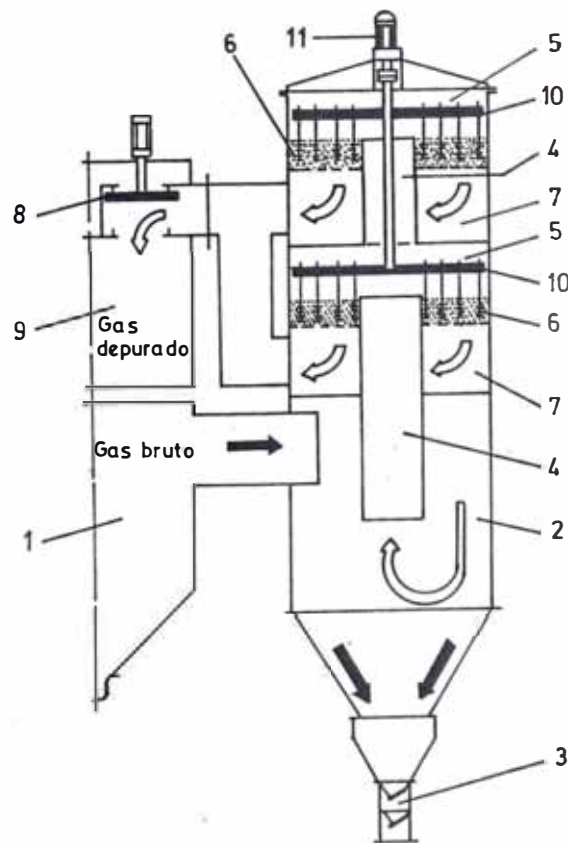


Fig. 4. Filtro de lecho de gravillas con dos capas superpuestas. Fase de trabajo.

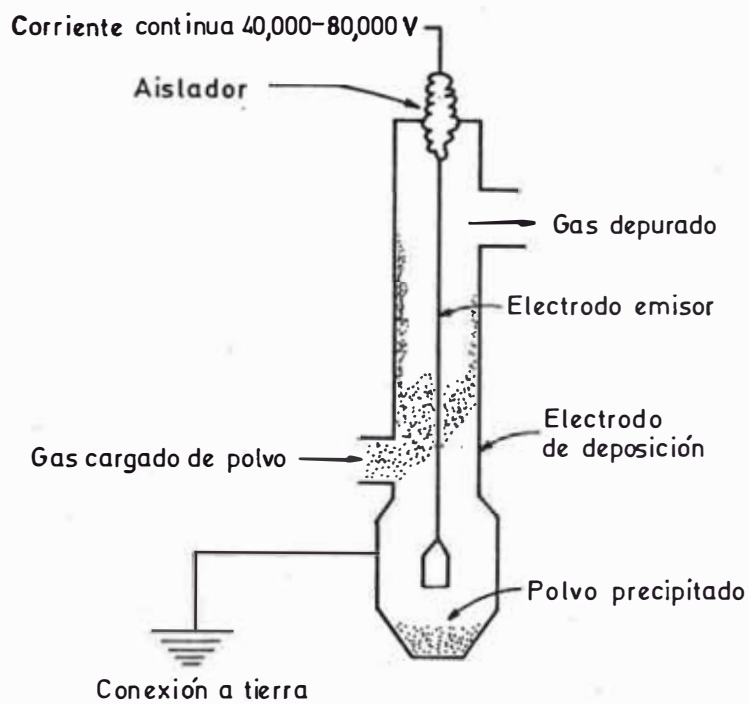


Fig. 5. Representación esquemática de desempolvado eléctrico (tipo de tubos).

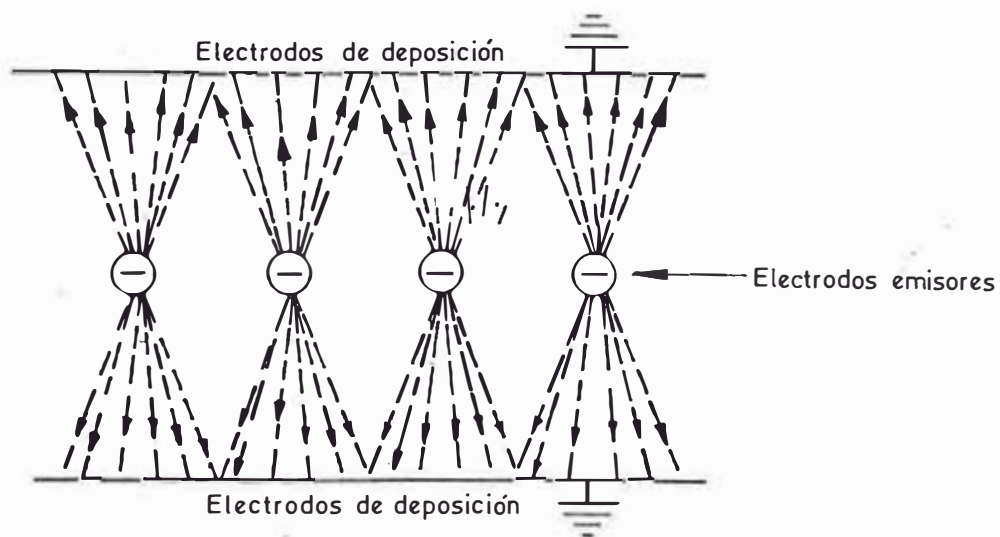


Fig. 6. Representación esquemática de desempolvado eléctrico (tipo de placas).



## 2.- SELECCION DEL SISTEMA

El sistema de Chorro Químico mediante pulverizadores (Sistema Chorro-Jet) para el control del polvo de piedra caliza, carbón, clínker de cemento y otros, ofrece muchas ventajas sobre los métodos mecánicos antiguos ó de recolección en seco. Este sistema suprime el polvo de su origen antes de que llegue al medio ambiente, en vez de recolectarlo, lo cual requiere otra disposición y manejo que constituye en sí un problema.

El principio empleado mediante este sistema reconoce las cualidades hidrofóbicas de los diferentes tipos de polvo. El agua corriente en cantidades permisibles no alivia efectivamente el polvo originado en el manejo de la mayoría de los materiales crudos. Con el compuesto M-R, un compuesto activo de superficie, altamente efectivo, agregado al agua en pequeñísimas cantidades, produce una solución con características poderosas humedificantes, penetrantes y dispersantes (Una parte de M-R a 1,000 partes de agua ó una parte de M-R a 2,000 partes de agua), disminuye la tensión superficial del agua de 75 dinas/cm a menos de 25 dinas/cm. Esta solución es extremadamente efectiva en contactar, confinar y aglomerar el polvo; sólo con el compuesto M-R es posible controlar con tan pequeño porcentaje de humedad (0.5% a 1%).

Para el presente trabajo se realizó la siguiente experiencia: Se tomaron dos vasos conteniendo agua, a uno de ellos se le agregó una gota de compuesto M-R y luego se vertió polvo de caliza sobre la superficie del agua contenida en los vasos. En el vaso

que contenía compuesto M-R, todo el polvo se precipitó al fondo, mientras que en el otro casi todo el polvo se quedó en la superficie del agua.

La instalación de este sistema requiere un espacio mínimo, debido a que chimeneas, ventiladores o ductos pesados y caros, no son necesarios para la recolección y eliminación del polvo. La manipulación costosa, pérdida de tiempo y el deshecho del polvo recolectado es innecesario debido a que el polvo es retenido en la superficie del material en sí, tratado con el compuesto M-R. Al transportar el material (piedra caliza) el efecto del tratamiento por chorro químico en unos pocos puntos seleccionados cuidadosamente, elimina la necesidad para ulterior tratamiento en más puntos, lo cual habría de ser equipado con chimeneas y ductos en el caso de un sistema mecánico.

Considerables ahorros adicionales entre los costos iniciales y de operación son efectuados como un resultado de requerimientos muy pequeños de energía, lo cual es solamente una fracción de aquellos de cualquier otro método.

El sistema por Chorro Químico es el método más económico y efectivo jamás diseñado para el control de polvo en la manipulación de los materiales crudos. Las instalaciones en la mayoría de los casos cuestan tan poco, como 1/10 de aquellos de los otros métodos. Este sistema único y diferente, alivia y suprime el polvo previniéndolo de mezclarse con el medio ambiente. A través de múltiples inyectores, , que aplican muy pequeñas cantidades

de la solución activa de superficie (Compuesto M-R), el polvo creado en diferentes puntos por la manipulación de materiales es retenido sobre la masa del material en sí.

Debido a las grandes cualidades de humedificación del compuesto M-R, un promedio de solo  $1\frac{1}{2}$  galones de solución por tonelada de material es agregado a través de la operación de manipulación de los materiales. La adición 0.5 a 1% de humedad no excede las tolerancias normales.

Este sistema de bajo costo, adecuadamente dirigidos a sus necesidades específicas, son económicos en operación, requieren muy poco espacio y funcionan automáticamente con un mínimo de mantenimiento.

### 3.- DISPOSICION DE LOS EQUIPOS

### 3.1 COMPONENTES BASICOS DEL SISTEMA DE CHORRO QUIMICO (CHEM-JET)

#### 3.1.1 Compuesto M-R

Es la base para la efectividad del sistema. Es un poderoso compuesto activador de superficie que mezclado con el agua produce una solución altamente humectante y de penetración máxima de las partículas de polvo, esto es logrado por reducción de la tensión superficial del agua, logrando la humedificación de todas las partículas de polvo con la menor adición posible de humedad a los materiales crudos. El compuesto M-R no tiene el menor efecto en el producto final y es alimentado al sistema mediante una bomba dosificadora en forma automática. Se suministra en bidones de 55 galones.

#### 3.1.2 Proporcionador de Flujo Automático

Proporciona la relación correcta del compuesto M-R con el agua en forma automática (1 parte de M-R a 1000 partes de agua ó 1 parte de M-R a 2000 partes de agua). Consta de un depósito de acero inoxidable (61 x 45 x 42 cm) donde se realiza la mezcla o solución; bomba de alta presión y motor eléctrico, que mantiene la presión deseada en el sistema; electrodos de nivel para mantener un volumen constante de la solución durante el funcionamiento; válvula eléctrica que controla la entrada de agua automáticamente al depósito de mezcla; bomba

dosificadora del líquido químico (émbolo de desplazamiento positivo); electrofiltro de autolimpieza para el agua; válvula eléctrica de bola para purga de electro-filtro.

Los proporcionadores están disponibles en un rango de tamaño para todos los requerimientos y los suministra JOHNSON - MARCH CORPORATION.

### 3.1.3 Control de Flujo de los rociadores

Regulan la aplicación adecuada de la solución en los puntos donde sea requerida. Cada rociador o grupo de rociadores en el sistema tiene un controlador el cual gobierna el flujo de solución entregada por el proporcionador. Consta de una electro-válvula, una válvula DEZURIK y un filtro. La acción de la válvula es positiva tanto completamente abierta o cerrada; previene el desperdicio de la solución, los rociadores (toberas) son operativos solo cuando el material está fluyendo.

### 3.1.4 Dispositivos Actuadores de Control

Detectan automáticamente la presencia del material que va a ser tratado con el chorro químico y transmiten la señal al control de flujo de los rociadores. Estos dispositivos funcionan por desplazamiento mecánico, peso, proximidad de masas o enclavamiento eléctrico.

### 3.1.5 Cabezas Pulverizadoras (Spray Jet Header)

Contienen los rociadores o pulverizadores, los cuales

aplican la mezcla o solución al material, una ó más cabezas rociadoras son colocadas en cada punto de tratamiento, el arreglo exacto se determina por el tipo de rociador (tobera) patrón usado y por el efecto requerido sobre el control de polvo.



### 3.2 DISPOSICION GENERAL DE LOS EQUIPOS

El sistema de descarga para piedra caliza en Cementos Norte Pacasmayo consta de: una balanza de plataforma; 1 plataforma con 7 tolvas para descarga de Trailers; 7 alimentadores vibratorios montados en la parte inferior de cada tolva y 3 fajas de transferencia del material (63-02, 63-03, 63-04). La faja 63-04 está montada sobre el puente de descarga y toda esta disposición se puede ver en el anexo A.7.1.

En cada uno de estos componentes se instalarán los equipos del método de despolvORIZACIÓN por chorro químico, así tenemos que:

- a) El proporcionador de flujo automático: se instalará lo más cerca posible del sistema, para acortar las distancias de la instalación de tuberías y asegurar la mínima pérdida de carga por fricción.
- b) El Control de flujo de los Spray: irá instalado junto al punto de aplicación es decir en los 7 alimentadores vibratorios, transferencia de faja 63-02 a 63-03, transferencia de faja 63-03 a 63-04 y por debajo del nivel de las cabezas pulverizadoras.
- c) Las cabezas pulverizadoras: al igual que el control de flujo se instalarán en los puntos mencionados y su ubicación será donde hay disgregación de material es decir transferencia de los alimentadores vibratorios a faja 63-02, transferencia de faja 63-02 a 63-03, transferencia de faja 63-03 a

63-04 y en el pantalón de descarga del tripper. (Ver Anexo A.7.4)

- d) Los dispositivos actuadores de control: específicamente se instalarán en la salida de cada alimentador vibratorio, faja 63-03, y faja 63-04.

El compuesto M-R que lo suministra Johnson-March Corp. en bidones de 55 galones, se instalará en los mismos junto al proporcionador automático y se administrará al depósito de mezcla mediante un succionador que se conecta a la bomba dosificadora y ésta a su vez lo inyecta al depósito de solución.

También se debe tener presente que uno de los más importantes aspectos a considerar en la disposición de los equipos a usar es la zonificación de los mismos para propósitos de mantenimiento.

Todos los equipos del método de despolvorización están instalados de tal manera que sean accesibles para su rápido mantenimiento, tanto mecánico como eléctrico.

El sistema de descarga de piedra caliza es actuado desde el Tablero de control general a distancia y desde un Tablero de pie ubicado dentro de una caseta de 4.33 x 4 x 2.1 mts., ubicada frente a las tolvas de descarga.

Las fajas transportadoras se gobiernan desde el tablero de control general; los vibradores y los componentes del sistema automático de despolvorización desde el tablero

de pié.

El proporcionador de flujo automático y el tablero de control de pié se instalarán uno cerca del otro y dentro de la caseta de control ocupando un área mínima de 4 x 1.5 mts.; esto se realiza con la finalidad de que el operador pueda controlar fácilmente el funcionamiento de los alimentadores vibratorios, normal operación del proporcionador automático y todo el sistema de despolvORIZACIÓN.

#### 4. CALCULOS MECANICOS

#### 4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

En el diseño de este método, hay que considerar que la presión de la solución en el sistema debe mantenerse constante, para asegurar una correcta pulverización de los Spray o toberas, por consiguiente es importante considerar las pérdidas de presión que se originan en las tuberías, codos, válvulas, elevación de flujo y otros para realizar la elección correcta de la bomba que proporcionará al sistema la presión adecuada de funcionamiento.

Para iniciar los cálculos respectivos es necesario considerar los siguientes conceptos:

- a) Flujo Estacionario: Se dice que una cantidad tiene un valor estacionario ó es estacionario, cuando su valor no varía con el tiempo. Cuando un flujo se describe como estacionario, se infiere siempre que la masa que pasa en la unidad de tiempo es constante y por lo general que todas las demás cantidades (temperaturas, áreas de las secciones transversales, etc.) necesarias para definir la corriente se mantienen constantes con respecto al tiempo.
- b) Flujo uniforme: Cuando la forma y las dimensiones de su sección transversal son las mismas o aproximadamente en todo el conducto. La temperatura o velocidad son uniformes en una región cuando tienen el mismo valor en todas las partes de la región en un instante dado.
- c) Masa velocidad media: De una corriente que pasa por una

sección transversal dada, perpendicular a la dirección general del flujo a través de un aparato, es el gasto masa del flujo dividido por el área de la sección transversal dada.

- d) Velocidad lineal media: De una corriente en una sección transversal dada, es la cantidad que se obtiene dividiendo la masa velocidad correspondiente por la densidad media en dicha sección. Esta velocidad, excepto otra forma de estado, se refiere a la media o velocidad promedio dada en una sección transversal y es determinada por la ecuación de continuidad para flujo de estado estacionario.

$$v = \frac{q}{A}$$

- e) Número de REYNOLDS: El trabajo de OSBORNE REYNOLDS muestra cuando la naturaleza del flujo en una tubería es laminar o turbulento, dependiendo del diámetro de la tubería de la densidad y viscosidad del curso del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de la combinación dimensional de estas 4 variables se conoce como número de REYNOLDS.

$$Re = \frac{Dv \rho}{\mu} = \frac{Dv}{\gamma}$$

$$\gamma = \text{viscosidad cinemática} \quad (\text{m}^2/\text{seg})$$

Para los propósitos de ingeniería el flujo en tuberías es usualmente considerado como laminar, si el número de REYNOLDS es menor que 2,000 y turbulento si el número de REYNOLDS es mayor que 4,000. Entre estos dos valores está la ZONA CRITICA y no determina donde el flujo es laminar, turbulento, ó en el proceso de cambio, dependiendo de muchas posibles condiciones en variación tampoco es posible pronosticar.

Cuidadosos experimentos tiene demostrado que la zona laminar debe ser limitada a un número de REYNOLDS tan bajo como 1,200 ó extendido a uno tan alto como 40,000; pero estas condiciones no se dan comúnmente en la práctica.

f) Fórmula de DARCY: El flujo dentro de una tubería está siempre acompañado por fricción debido al frotamiento de las partículas del fluido entre sí, y en consecuencia por pérdida de energía gastado al desarrollar trabajo, en otras palabras debe haber una caída de presión en la dirección del flujo.

La ecuación general para caída de presión conocida como fórmula de DARCY y expresada en m. de agua es:

$$h_L = f \frac{Lv^2}{2Dg}$$

Es válida para flujo laminar o turbulento de cualquier líquido en tuberías . Sin embargo cuando ocurren velocidades excesivas en una tubería se origina disminución del flujo, la presión cae a la presión de vapor del líquido, se produce cavitación y el cálculo del flujo en relación, será inexacto.

Con ciertas restricciones, la ecuación de DARCY puede ser usada cuando gases y vapores (fluidos compresibles) son en esencia manejables.

Esta ecuación nos da las pérdidas en presión debido a la fricción y es aplicable a tuberías de diámetro constante conduciendo fluidos de peso específico constantes o contaminados en tuberías angostas sea horizontal, vertical. Para tuberías inclinadas, vertical de diferentes diámetros, la variación en presión debido al cambio de elevación, velocidad y peso específico del fluido puede hacerse en conformidad con el Teorema de BERNOULLI.

- g) Factor de Fricción (f) : La fórmula de DARCY puede ser racionalmente deducida por análisis dimensional con excepción del factor de fricción (f), el cual debe ser determinado experimentalmente. El factor de fricción, para la condición de flujo laminar ( $Re \leq 2000$ ), es solamente una función del número de REYNOLDS, mientras que para flujo turbulento ( $Re > 4000$ ) es también función de las características de la pared de la tubería.



La región conocida como "Zona Crítica" ocurre aproximadamente entre los números de REYNOLDS 2000 y 4000.

En esta región el flujo puede ser uno de los dos, laminar ó turbulento dependiendo de diferentes factores, estos incluyen cambios en la sección o dirección del flujo y obstrucciones tales como válvulas, tuberías de elevación de flujo.

El factor de fricción en esta región es indeterminado y tiene límites inferiores basado en flujo laminar y límites superiores para la condición de flujo turbulento.

Para número de REYNOLDS encima de 4,000 aproximadamente, las condiciones del flujo otra vez se vuelven mas estables y el factor de fricción definido puede ser establecido. Esto es importante porque permite al ingeniero determinar las características de flujo de cualquier fluido en movimiento en una tubería, suministrando a éste condiciones conocidas: viscosidad y el peso específico. Por esta razón la ecuación de DARCY es recomendada de preferencia, que algunas de las ecuaciones empíricas comúnmente conocidas para el flujo de agua, aceites, y otros líquidos; también para flujo de fluidos compresibles cuando restricciones previamente establecidas son observadas.

Si el flujo es laminar ( $Re < 2000$ ), el factor de fricción debe ser determinado por la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64 \mu e}{Dv\rho}$$

#### h) Rugosidad Relativa

Cuando el flujo es turbulento ( $Re \gg 4000$ ), el factor de fricción depende no solamente del número de REYNOLDS, sino también de la rugosidad relativa.

$$\frac{E}{D}$$

E : rugosidad de las paredes de la tubería.  
D : diámetro de la tubería

Para muchas tuberías de paredes lisas tales como: tubos de bronce estirado y vidrio, el factor de fricción disminuye más rápidamente con incremento del número de REYNOLDS que para tuberías con paredes relativamente rugosas.

Puesto que la característica de la superficie interna de las tuberías comerciales, es independiente del diámetro, la rugosidad de las paredes tiene un gran efecto sobre el factor de fricción en los calibres pequeños. En consecuencia tuberías de pequeño diámetro se aproximarán a la condición de muy rugosas y en general tendrán alto factor de fricción que grandes tuberías del mismo material.

Lo más útil y datos muy aceptados del factor de fricción para usos con la fórmula de DARCY, están presentados por L.E.MOODY y son reproducidos en el Anexo A8, páginas 1,2 y 3.

El factor de fricción es trazado en la página A8-2 en base a la rugosidad relativa obtenida del gráfico de la pá-

gina A8-1 y el número de REYNOLDS. El valor de  $f$  es determinado por la proyección horizontal de la intersección de la curva E/D con el número de REYNOLDS calculado.

#### 4.2 SELECCION DE TOBERAS O SPRAY

Para su selección se deberá considerar lo siguiente:

- a) Calidad del material en su fabricación, que se determina por el tipo de solución a usar.
- b) Tipo de tobera, que se determina por la forma del chorro, la superficie que se desea abarcar, y el tamaño de las gotas producidas.
- c) Gasto de caudal, que se determina según la cantidad o flujo de material a manipular.
- d) Facilidad de mantenimiento.

Para el presente trabajo se ha considerado recomendaciones de la compañía JOHNSON - MARCH, que provee todo tipo de equipos para el método de despolvorización por chorro químico. Según tablas del anexo A.2 se seleccionó las toberas de las siguientes características:

Tipo F94, de cono sólido, ángulo estrecho, adaptador macho de 1/4" NPT, cuerpo de bronce, punta SS

TAMAÑO	ANGULO DE PULVERIZACION EN GRADOS	CAPACIDAD EN G.P.H. 60 P.S.I.
15.3	15, 30, 45, 60	11.8
24	15, 30, 45, 60	18.6
72	15, 30	55.8

Y teniendo en cuenta el diagrama simplificado de tuberías del sistema (Ver Anexo A7-3) se empleará el siguiente número de toberas ó Spray.

- e) Alimentadores vibratorios (Shute de descarga de tolvas)

En cada shute.

6 spray, 3 arriba y 3 abajo

Arriba: 3 - 15.3 - 30° a 60 P.S.I , 11.8. G.P.H. c/u.

Abajo: 3 - 24 - 30° a 60 P.S.I , 18.6 G.P.H c/u

f) Shute de transferencia fajas 63-02 a 63-03

3 Spray - 24 - 30° a 60 P.S.I , 18.6 G.P.H c/u.

g) Shute de transferencia fajas 63-03 a 63-04

3 spray - 24 - 30° a 60 P.S.I , 18.6 G.P.H c/u.

h) Shute de descarga ó pantalón del TRIPPER

9 spray - 72 - 30° a 60 P.S.I , 55.8 G.P.H c/u.

#### 4.3 CALCULO DE LA BOMBA DE SOLUCION DEL SISTEMA

##### 4.3.1 Cálculos Previos

###### a) Caudal total del sistema

Según el diagrama (A7 - 3) se proyecta instalar en los 4 puntos de aplicación el siguiente gasto.

$$Q_T = (3 \times 11.8 + 3 \times 18.6)3 + 6(18.6) + 9(55.8) \text{ G.P.H.}$$

$$Q_T = 887.4 \text{ G.P.H.} = 14.79 \text{ G.P.M.}$$

$$\underline{Q_T = Q_1 = 3.4 \text{ m}^3/\text{h}}$$

OBSERVACION : En el punto de aplicación de los vibradores se considera que el gasto máximo será cuando trabajen 3 tolvas, cuya limitación se debe a la capacidad de la faja transportadora 63-02 (300 Tn/h).

###### b) Caudal de cada tramo de tubería del sistema con sus respectivas velocidades.

Del diagrama (A7-3) y considerando que la tubería a usar tiene un diámetro de 1" , se concluye lo siguiente:

$$b.1) Q_1 = 3.4 \text{ m}^3/\text{h} = 14.79 \times 0.00378 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$Q_1 = 0.056 \text{ m}^3/\text{min} = \frac{0.056}{60} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_1 = 0.0009 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Sabemos que:  $v = \frac{4Q}{d^2 \pi}$

Q : caudal m<sup>3</sup>/seg.

d : diámetro de tubería en m.

Entonces:  $V_1 = \frac{4 \times 0.0009}{3.1416 \times (0.0254)^2}$

$V_1 = 1.776 \text{ m/seg.}$

b.2)  $Q_2 = 558 \text{ G.P.H} = 9.3 \text{ G.P.M} = 0.03534 \text{ m}^3/\text{min.}$

Entonces:  $Q_2 = 0.000589 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Luego :  $V_2 = 1.16 \text{ m/seg.}$

b.3)  $Q_3 = 502.2 \text{ G.P.H} = 8.37 \text{ G.P.M} = 0.0316 \text{ m}^3/\text{min.}$

Entonces:  $Q_3 = 0.000527 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Luego :  $V_3 = 1.04 \text{ m/seg.}$

b.4)  $Q_4 = 329.4 \text{ G.P.H} = 5.49 \text{ G.P.M} = 0.02 \text{ m}^3/\text{min.}$

Entonces:  $Q_4 = 0.000346 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Luego :  $V_4 = 0.68 \text{ m/seg.}$

b.5)  $Q_5 = 273.6 \text{ G.P.H} = 4.56 \text{ G.P.M} = 0.0172 \text{ m}^3/\text{min.}$

Entonces:  $Q_5 = 0.00028 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Luego :  $V_5 = 0.56 \text{ m/seg.}$

c) Cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías por rozamiento ó fricción.

Ver diagrama (A7.2) y (A7.3)

c.1) TRAMO A B C

Longitud de tramos rectos:  $L_m = 17.5$

Cálculo de la longitud equivalente de las conexiones.

Codos a 90° :

Cantidad : 7 codos de D = 1" diámetro.

Para un codo standar roscado la longitud equivalente está dada por la fórmula:

$$h_e = K \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad \text{Sistema M.K.S.}$$

De las tablas (Anexo A.9) corresponde K = 1.4

$$\text{Entonces: } h_e = 1.4 \times \frac{(1.77)^2}{2 \times 9.8} = 0.22$$

$$\text{Luego : } h_e = 7 \times 0.22$$

$$h_e = 1.54 \text{ mts.}$$

Válvula de retención:

Cantidad : 1 válvula, D = 1" , roscada.

De las tablas (Anexo A.9) corresponde K = 3.4

$$\text{Luego: } h_e = 3.4 \times \frac{(1.77)^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_e = 0.54 \text{ mts.}$$

Unión "T"

Cantidad : 1 unión "T", D = 1"  $\phi$  , roscada.

De las tablas (Anexo A.9) corresponde K = 1.7

$$\text{Luego: } h_e = 1.7 \times \frac{(1.77)^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_e = 0.27 \text{ mts.}$$

Entonces la longitud total del tramo ABC es:

$$L_{T.1} = 1.54 + 0.54 + 0.27 + 17.5$$



$$L_{T.1} = 19.85 \text{ mts.}$$

Cálculo del factor de fricción (f)

Se calculará mediante el N° de REYNOLDS y la rugosidad relativa de la tubería.

Para una tubería de diámetro 1"  $\leftrightarrow$  2.54 cm., de fierro galvanizado, del diagrama de MOODY (Anexo A.8), se obtiene:

$$\frac{e}{D} = 0.006$$

Cálculo del número de REYNOLDS

$$R = \frac{Dv}{\nu}$$

$\nu$  : viscosidad cinemática del agua a 21°C  
 $9.838 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/seg (Handbook of Hidraulics de KING Y BRATER)

v : velocidad m/seg, para el tramo ABC es 1.776 m/seg.

D : diámetro de la tubería (0.0254 mts.)

Entonces:

$$R = \frac{0.0254 \times 1.776}{9.838 \times 10^{-7}}$$

$$R = 45,853$$

Y según el Diagrama de Moody con:  $\frac{e}{D} = 0.006$  y

R= 45,853 para la tubería de fierro galvanizado

se obtiene el siguiente factor de fricción:

$$f = 0.034$$

Cálculo de la pérdida de presión o pérdida de carga.

Aplicando la ecuación de Darcy - Weisbach.

$$h_L = f \left( \frac{L}{D} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (\text{mts de agua})$$

Entonces reemplazando los datos obtenidos anteriormente tenemos:

$$h_L = 0.034 \times \left( \frac{19.85}{0.0254} \right) \times \frac{1.776^2}{2 \times 9.8} \quad (\text{mts.de agua})$$

---

$$h_L = 4.27 \text{ mts. de agua} \quad \dots\dots(1)$$

---

c.2) TRAMO C D

Longitud de tramos rectos:  $L_m = 79 \text{ mts.}$

Cálculo de la longitud equivalente de las conexiones

Codos a 90°

Cantidad : 3 codos,  $D=1''$ , roscados.

De las tablas (Anexo A.9), corresponde  $K=1.4$

$$\text{Entonces: } h_e = K \frac{v^2}{2g} = \frac{1.4 \times (1.16)^2}{2 \times 9.8} = 0.096$$

Luego:  $h_e = 3 \times 0.096$

$$h_e = 0.29 \text{ mts.}$$

Válvula de compuerta

Cantidad: 1 válvula, D=1<sup>11</sup>, roscada.

De la tabla (Anexo A.9) corresponde K=0.23

$$\text{Entonces: } h_e = \frac{0.23 \times (1.16)^2}{2 \times 9.8} = 0.016$$

Luego :  $h_e = 0.016$  mts.

Unión 'T'

Cantidad : 1 unión 'T', D=1<sup>11</sup>, roscada

De la tabla (Anexo A.9) corresponde K=1.7

$$\text{Entonces : } h_e = \frac{1.7 \times (1.16)^2}{2 \times 9.8}$$

Luego :  $h_e = 0.117$  mts.

Entonces la longitud total del tramo CD es:

$$L_{T.2} = 79 + 0.117 + 0.016 + 0.29$$

$$L_{T.2} = 79.4 \text{ m.}$$

Cálculo del factor de fricción

Rugosidad relativa:  $\frac{e}{D} = 0.006$

Número de Reynolds:  $R = \frac{Dv}{\nu}$

$$\begin{aligned} v &= 1.16 \text{ m/seg} \\ \nu &= 9.838 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg} \\ D &= 0.0254 \text{ mts.} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0.0254 \times 1.16}{9.838 \times 10^{-7}}$$

$$R = 29,949 \cong 30,000$$

Con estos datos del Diagrama de MOODY se obtiene:

$$f = 0.035$$

Cálculo de la pérdida de carga :

Aplicando la ecuación de DARCY - WEISBACH .

$$h_L = 0.035 \times \frac{79.4}{0.0254} \times \frac{(1.16)^2}{2 \times 9.8}$$

$$\underline{h_L = 7.5 \text{ mts. de agua} \dots\dots (2)}$$

c.3) TRAMO D E

Longitud de tramos rectos:  $L_m = 74.4$  mts.

OBSERVACION : Se calculará las pérdidas de carga, para el tramo más alejado. Ver anexo A 7.2 y A 7.3 Consta de 2 codos a 90°, 1 unión "T", 1 válvula compuerta, roscados.

Cálculo de la longitud equivalente de las conexiones

Codos a 90°

Cantidad: 2 codos,  $D=1^{11}$ , roscados

De las tablas Anexo A.9, corresponde  $K=1.4$

también para este tramo  $v=1.04\text{m/seg}$

$$\text{Entonces: } h_e = 1.4 \frac{(1.04)^2}{2 \times 9.8} = 0.08 \text{ mts.}$$

$$h_e = 2 \times 0.08 = 0.16 \text{ mts.}$$

Unión "T"

Cantidad: 1 unión "T", D=1" , roscada

De las tablas corresponde K= 1.7

también para este tramo v= 1.04

$$\text{Entonces: } h_e = \frac{1.7 \times (1.04)^2}{2 \times 9.8}$$

Luego :  $h_e = 0.09$  mts.

Válvula de compuerta

Cantidad : 1 válvula, D=1" , roscada

De las tablas corresponde K= 0.23

La velocidad correspondiente es: v= 1.04

$$\text{Entonces : } h_e = 0.23 \times \frac{(1.04)^2}{2 \times 9.8}$$

Luego :  $h_e = 0.013$  mts.

En este sector, para conectar la tubería del sistema al TRIPPER se usa un tramo de manguera de una longitud equivalente de 6 mts. y diámetro de 1"

Entonces la longitud total de tramo DE es:

$$L_{T.3} = 74.4 + 6 + 0.09 + 0.013 + 0.16$$

$$L_{T.3} = 80.6$$

Cálculo del factor de fricción

$$\text{Rugosidad relativa : } \frac{e}{D} = 0.006$$

$$\text{Número de Reynolds : } R = \frac{Dv}{\nu}$$

$$\begin{aligned} v &: 1.04 \text{ m/seg} \\ \nu &: 9.838 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg} \\ D &: 0.0254 \text{ mts.} \end{aligned}$$

$$R = \frac{0.0254 \times 1.04}{9.838 \times 10^{-7}}$$

$$R = 26,850$$

Con estos datos del diagrama de MOODY se obtiene:

$$f = 0.0355$$

#### Cálculo de la pérdida de carga

Aplicando la ecuación de DARCY - WEISBACH

$$h_L = 0.0355 \times \frac{80.6 \times (1.04)^2}{0.0254 \times 2 \times 9.8}$$

$$\underline{h_L = 6.2 \text{ m de agua} \dots\dots\dots (3)}$$

#### c.4) TRAMO C F

Longitud de tramos rectos :  $L_m = 15.6$  mts.

Cálculo de la longitud equivalente de las conexiones

#### Codos a 90°

Cantidad : 1 codo,  $D = 1''$  , roscado

De las tablas corresponde :  $K = 1.4$

La velocidad correspondiente es:  $v = 0.68$  m/seg.

$$\text{Entonces: } h_e = 1.4 \times \frac{(0.68)^2}{2 \times 9.8}$$

$$\text{Luego : } h_e = 0.033 \text{ mts.}$$

#### Válvula de compuerta

Cantidad : 1 válvula,  $D = 1''$  , roscada:

De las tablas corresponde:  $K = 0.23$

La velocidad correspondiente es:  $v = 0.68$  m/seg.

$$\text{Entonces: } h_e = 0.23 \times \frac{(0.68)^2}{2 \times 9.8}$$

$$\text{Luego : } h_e = 0.0054 \text{ mts.}$$

### Unión "T"

Cantidad : 1 unión "T", D = 1", roscada

De las tablas corresponde: K = 1.7

velocidad correspondiente: v = 0.68 m/seg.

$$\text{Entonces: } h_e = 1.7 \times \frac{(0.68)^2}{2 \times 9.8}$$

$$\text{Luego : } h_e = 0.04 \text{ mts.}$$

Entonces la longitud total del tramo CF es:

$$L_{T,4} = 15.6 + 0.033 + 0.0054 + 0.04$$

$$L_{T,4} = 15.6 \simeq 16 \text{ mts.}$$

### Cálculo del factor de fricción

$$\text{Rugosidad relativa: } \frac{e}{D} = 0.006$$

$$\text{Número de Reynolds: } R = \frac{Dv}{\gamma}$$

$$v : 0.68 \text{ m/seg.}$$

$$\gamma : 9.838 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$D : 0.0254 \text{ m.}$$

$$R = \frac{0.0254 \times 0.68}{9.838 \times 10^{-7}}$$

$$R = 17,556.$$

Con estos datos del diagrama de MOODY se obtiene.

$$f = 0.037$$

Cálculo de la pérdida de carga

Aplicando la ecuación de DARCY -WISBACH

$$h_L = 0.037 \times \frac{16 \times (0.68)^2}{0.0254 \times 2 \times 9.8}$$

---

$$h_L = 0.55 \quad \text{mts. de agua} \quad \dots (4)$$

---

c.5) TRAMO FG.

Longitud de tramos rectos:  $L_m = 26$  mts.

Cálculo de la longitud equivalente de las conexiones.

OBSERVACION: Se calculará las pérdidas de carga para el punto más alejado, ver diagramas A7.2 y A7.3 .

Codos a 90°

Cantidad: 2 codos standar, D=1", roscados.

De las tablas corresponde:  $K = 1.4$

La velocidad correspondiente es:  $v = 0.56$  m/seg.

$$\text{Entonces: } h_e = 1.4 \cdot \frac{(0.56)^2}{2 \times 9.8} = 0.022 \text{ m.}$$

$$\text{Luego : } h_e = 2 \times 0.022$$

$$h_e = 0.044 \text{ mts.}$$

Uniones "T"

Cantidad: 1 unión T, D = 1", roscada

De las tablas corresponde:  $K = 1.7$

La velocidad correspondiente es:  $v = 0.56$  m/seg.



$$\text{Entonces: } h_e = \frac{1.7 \times (0.56)^2}{2 \times 9.8} = 0.0272 \text{ mts.}$$

$$\text{Luego : } h_e = 0.0272 \text{ mts.}$$

Entonces la longitud total del tramo FG es:

$$L_{T.5} = 26 + 0.044 + 0.0272$$

$$L_{T.5} = 26.07 \text{ mts.}$$

#### Cálculo del factor de fricción

$$\text{Rugosidad relativa: } \frac{e}{D} = 0.006$$

$$\text{Número de Reynolds: } R = \frac{Dv}{\gamma}$$

$$v : 0.56 \text{ m/seg.}$$

$$\gamma : 9.838 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$D : 0.0254 \text{ m.}$$

$$R = \frac{0.0254 \times 0.56}{9.838 \times 10^{-7}}$$

$$R = 14,458$$

Con estos datos del diagrama de MOODY se obtiene

$$f = 0.038$$

#### Cálculo de la pérdida de carga:

Aplicando la ecuación de DARCY - WEISBACH

$$h_L = 0.038 \times \frac{26}{0.0254} \times \frac{(0.56)^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_L = 0.6 \text{ mts. de agua} \quad \dots (5)$$

Entonces la pérdida de carga total por fricción será:

Sumando  $1 + 2 + 3 + 4 + 5$

$$H_f = 0.6 + 0.55 + 6.2 + 7.5 + 4.27$$

$$H_f = 19.12 \quad \text{m de agua.}$$

#### 4.3.2 Cálculo de la Carga Total sobre la Bomba ( $H_t$ )

Se le denomina también "Carga dinámica total" para distinguir entre la "carga Estática" (altura sin circulación del líquido) y la carga en trabajo (cuando circula el caudal nominal por la bomba).

Según la figura del anexo A7.3 la carga estática sobre la bomba es:

$$H_{EST} = 17.6 \text{ mts. de agua}$$

Entonces la carga total está dada por

$$H_t = H_{EST} + H_f + H_p \quad \dots\dots(1)$$

$$H_f = 19.12 \text{ m de agua (pérdida de carga por fricción).}$$

$$H_p = 60 \text{ P.S.I} = 42 \text{ m de agua (presión en los spray).}$$

Reemplazando los respectivos valores en la ecuación (1) tenemos:

$$H_t = 17.6 + 19.12 + 42 = 78.7$$

Entonces :  $H_t \cong 79 \text{ mts. de agua} \langle \rangle 7.6 \text{ bar.}$

#### 4.3.3 Cálculo de la Potencia Requerida para Impulsar la Bomba

La potencia al freno requerida por una bomba está dada por:

$$W = \frac{Q \times H_t \times p}{e} \dots\dots (1)$$

Q : caudal = 0.0009 m<sup>3</sup>/seg.

p : peso específico del líquido = 9800 New/m<sup>3</sup>

e : rendimiento hidráulico = 70%

Lo normal para una bomba centrífuga es de 60% al 80%.

Reemplazando en la ecuación (1) obtendremos

$$W = \frac{0.0009 \times 79 \times 9800}{0.70}$$

$$W = 995.4 \text{ watos}$$

Entonces la potencia requerida para la bomba es aproximadamente:

$$W = 1 \text{ Kw.}$$

Si consideramos que la longitud eficaz del puente de descarga del TRIPPER es de 122.7 mts. (Ver Anexo A.5) y en los cálculos para el tramo DE solo se ha instalado 74.4 mts. de tubería con sus respectivas válvulas; faltaría para completar la longitud útil 48.3 mts. de tubería.

Haciendo un nuevo cálculo tendremos que considerar lo siguiente:

$$L_{T.3} = 122.7 + 6 + 0.16 + 0.09 + 0.013$$

$$L_{T.3} = 128.963 \approx 129 \text{ mts.}$$

Utilizando el mismo factor de fricción:  $f = 0.0355$

obtendremos:

$$h_L = 0.0355 \times \frac{129 \times (1.04)^2}{0.0254 \times 2 \times 9.8}$$

$$h_L = 9.9 \approx 10 \text{ mts. de agua}$$

Entonces:  $H_f = 12.92 + 10 \approx 23 \text{ mts. de agua.}$

Luego la carga total sobre la bomba es de:

$$H_t = 17.6 + 23 + 42$$

$$H_t \approx 83 \text{ mts. de agua}$$

La potencia requerida por la bomba será de:

$$W = \frac{0.0009 \times 83 \times 9800}{0.70}$$

$$W = 1046 \text{ watio}$$

#### 4.3.4 Seleccionar la clase y tipo de bomba

El caudal requerido por el sistema es de:

$$Q = 3.4 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0009 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Aplicando un factor de seguridad típico del 10% se tendrá que:

$$Q = 0.001 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

La potencia requerida por la bomba según los cálculos es de:

$$W = 1046 \text{ watios}$$

Y la carga total sobre la bomba de: 83 mts.de agua.

$$83 \text{ mts de agua} \langle \rangle 8 \text{ bar.}$$

Según consultas realizadas a JOHNSON MARCH CORPORATION se seleccionará una bomba de las siguientes especificaciones.

CLASE      Centrífuga

TIPO:      Turbina

MODELO:   EX-40

CAPACIDAD: 13.5 G.P.M

PRESION: 150 P.S.I

MOTOR:    3 H.P., 440v, 60HZ,  $\cos\phi$  0.85, 3500 R.P.M.

#### 4.4 CALCULO DE LA CARRERA O DESPLAZAMIENTO DEL PISTON DE LA BOMBA DOSIFICADORA.

Este cálculo se realiza midiendo experimentalmente el caudal de agua que entra al tanque de mezcla en un tiempo determinado; considerando la relación de volumen del compuesto M-R al volumen de agua; usando las curvas de capacidad de la bomba proporcionadas por el fabricante de donde gráficamente se encuentra el desplazamiento del pistón de la bomba dosificadora para las condiciones deseadas.

##### 4.4.1 Cálculo del caudal que entra al tanque de mezcla

Dimensiones del tanque: largo: 61 cm.

ancho: 45 cm.

altura: 42cm.

El caudal se determina haciendo fluir agua al tanque durante 1', después de lo cual se tomará medida de altura obtenida.

Entonces el caudal así calculado será:

Altura de agua medida = 25.2 cm.

Luego: Volumen de agua = 61 x 45 x 25.2 cm<sup>3</sup>.

$$V = 69,174 \text{ cm}^3$$

Entonces:  $Q = \frac{V}{t} \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$

Reemplazando valores:

$$Q = \frac{69,174 \text{ cm}^3}{1 \text{ min}} = 69,174 \text{ cm}^3/\text{min}.$$

#### 4.4.2 Cálculo de caudal del compuesto M-R

Considerando una proporción de mezcla: 1/2000

tendremos que:

$$Q_{M.R} = \frac{69,174}{2000} \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{M.R} = 34.587 \text{ cm}^3/\text{min} = 34.587 \text{ ml/min. } \langle \rangle 0.55 \text{ G.P.H.}$$

#### 4.4.3 Cálculo del desplazamiento del pistón

De las curvas de capacidad suministradas para la bomba tipo 125 S, 90 R.P.M, 60 HZ obtenemos:

Si para: 32.5 ml/min  $\langle \rangle$  10 unidades (abcisa)

$$34.587 \text{ ml/min } \langle \rangle \quad \chi$$

$$\chi = 10.6 \text{ unidades}$$

Luego a 10.6 unidades, en la curva de capacidad, corresponde una carrera del pistón de aproximadamente  $\frac{11''}{16}$

También podemos calcular directamente del gráfico con el valor de 0.55 G.P.H que corresponde a una carrera de un poco menos de  $\frac{11''}{16}$

Entonces se ajusta la carrera de la bomba en  $\frac{11''}{16}$

#### 4.4.4 Cálculo del consumo de compuesto M.R

a) Producción de solución (mezcla) en G.P.M

De las curvas de capacidad obtenemos que:

$$17 \text{ G.P.M (mezcla) } \langle \rangle 10 \text{ unidades (abcisa)}$$

$$\gamma \quad \langle \rangle 10.6$$



$$Y = \frac{17 \times 10.6}{10} \quad \text{G.P.M.}$$

$$Y = 18.2 \text{ G.P.M (mezcla)}$$

b) Cantidad de solución requerida

El sistema está diseñado para un consumo máximo de mezcla de 15 G.P.M.

c) Cantidad de componente M.R requerido

Ver curva: 18.2 G.P.M (mezcla)  $\langle \rangle$  0.55 G.P.H (M.R)

15 G.P.M  $\langle \rangle$  Z

$$Z = \frac{15 \times 0.55}{18.2} \quad \text{G.P.H (compuesto M.R)}$$

$$Z = 0.45 \text{ G.P.H compuesto M.R.}$$

#### 4.4.5 Cantidad de compuesto M.R. requerido por Tn de material

La faja transportadora 63-02, tiene una capacidad máx. de 300 Tn/h

La cantidad de compuesto M.R requerido es: 0.45 G.P.H.

Entonces la cantidad de compuesto M.R. por tonelada de material es:

$$C = \frac{0.45 \text{ Gln/h}}{300 \text{ Tn/h}}$$

$$C = 1.5 \times 10^{-3} \text{ Gln/Tn.}$$

Y considerando una eficiencia de descarga del 80% tenemos:

$$C = 1.5 \times 10^{-3} \times 0.8 \text{ Gln/Tn.}$$

$$C = 1.2 \times 10^{-3} \text{ Gln/Tn.}$$

# SPECIFICATION SHEETS

## SPRAY - JET DATA

A. Type F94, Solid Cone Narrow Angle, 1/4" Male NPT, Brass Body, SS Tip

SIZE	SPRAY ANGLE DEGREES	CAPACITY, GALLONS PER HOUR					
		40 PSI	50 PSI	60 PSI	70 PSI	80 PSI	90 PSI
15.3	15, 30, 45, 60	9.7	10.7	11.8	12.6	13.7	14.5
24	15, 30, 45, 60	15.2	16.9	18.6	20.0	21.3	22.7
37	15, 30, 45	23.2	25.9	28.6	30.7	32.8	34.9
50	15, 30	31.6	35.1	38.7	41.5	44.3	47.1
72	15, 30	45.5	50.6	55.8	59.8	63.9	68.0
88	15	55.6	61.8	68.1	73.1	78.1	83.0
100	15, 30	63.2	70.3	77.5	83.1	88.7	94.3
128	15, 30	81.0	90.0	99.0	106	114	121
175	15, 30	110	123	136	146	156	165
200	45, 60	126	141	155	166	177	188
250	80	158	176	194	208	222	236

B. Type F96, Flat Spray, 1/4" Male NPT, Brass

SIZE	SPRAY ANGLE DEGREES	CAPACITY, GALLONS PER HOUR					
		40 PSI	50 PSI	60 PSI	70 PSI	80 PSI	90 PSI
20	70	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5
25	70	5.1	5.7	6.4	6.9	7.4	7.7
32	70	7.8	8.4	9.1	9.8	10.5	11.2
39	70	13.6	15.3	17.0	18.3	19.6	20.8
59	70	30.0	33.5	37.0	39.8	42.6	45.3
78	70	50.0	55.0	60.0	65.7	71.5	75.7

C. Type F97S, Solid Cone, 1/4" Male NPT, Brass

SIZE	SPRAY ANGLE DEGREES	CAPACITY GALLONS PER HOUR					
		40 PSI	50 PSI	60 PSI	70 PSI	80 PSI	90 PSI
7.0	70	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8
14.5	70	9.0	10.0	11.0	11.8	12.7	13.6
22.5	70	16.0	17.4	18.9	19.8	20.8	21.6
37.0	70	25.1	27.4	29.8	31.8	33.8	35.4
60.0	70	41.3	44.6	48.0	51.0	54.0	57.0
84.0	70	59.5	64.2	69.0	73.0	77.0	80.5

Johnson - March Corp.  
PHILADELPHIA 4, PA.



NOZZLE №	40 PSI		50 PSI		60 PSI		70 PSI		80 PSI		
	G.P.H.	GPM	GPH	GPM	GPH	GPM	GPH	GPM	GPH	GPM	
F975-	5.5	3.1	.05	3.6	.06	4.1	.07	4.4	.073	4.8	.08
	7.0	4.2	.07	4.7	.08	5.2	.087	5.7	.095	6.2	.103
	12.5	8.1	.135	9.0	.15	10.0	.167	10.5	.16	11.1	.18
	14.5	9.0	.15	10.0	.167	11.0	.18	11.8	.19	12.7	.21
	20.0	13.0	.183	14.5	.26	16.0	.27	17.2	.29	18.5	.31
	22.5	16.0	.267	17.4	.29	18.9	.31	19.8	.33	20.8	.35
	30.0	18.5	.31	21.2	.35	24.0	.40	25.9	.43	27.8	.46
	37.0	25.1	.42	27.4	.36	29.8	.50	31.8	.53	33.8	.56
	46.5	32.3	.54	34.9	.58	37.5	.63	39.8	.66	42.1	.7
	60.0	41.3	.69	44.6	.73	48.0	.80	51.0	.65	54.0	.9
	72.0	47.0	.78	51.7	.86	56.5	.94	60.1	1.0	64.8	1.08
	84.0	59.5	1.0	64.2	1.07	69.0	1.15	73.0	1.21	77.0	1.28
F94-	15.3	9.7	.16	10.7	.18	11.8	.20	12.6	.21	13.7	.23
	24.0	15.2	.25	16.9	.28	18.6	.31	20.0	.33	21.3	.36
	30.0	19.0	.32	21.1	.35	23.2	.39	24.9	.42	26.6	.44
	35.0	22.1	.37	24.6	.41	27.1	.45	29.1	.49	31.1	.52
	37.0	23.2	.39	25.9	.43	28.6	.48	30.7	.54	32.8	.55
	40.0	25.3	.42	28.1	.47	31.0	.52	33.2	.55	35.5	.59
	45.0	28.4	.47	31.6	.53	34.8	.58	37.3	.62	39.9	.67
	50.0	31.6	.53	35.1	.59	38.7	.65	41.5	.69	44.3	.74
	72.0	45.5	.76	50.6	.84	55.8	.93	59.8	1.00	63.9	1.07
	88.0	55.6	.93	61.8	1.03	68.1	1.14	73.1	1.22	78.1	1.30
	100.0	63.2	1.05	70.3	1.17	77.5	1.29	83.1	1.39	88.7	1.48
	128.0	81.0	1.35	90.0	1.50	99.0	1.65	106.2	1.77	113.5	1.89
	175.0	110.0	1.83	123.0	2.05	136.0	2.27	145.7	2.43	155.5	2.59
	200.0	126.0	2.10	140.5	2.34	155.0	2.58	166.2	2.77	177.5	2.96
	250.0	158.0	2.63	176.0	2.93	194.0	3.23	208.0	3.47	222.0	3.70
	380.0	240.0	4.00	267.0	4.45	294.0	4.23	315.5	5.26	337.0	5.61
F96-	20	3.1	.05	3.4	.06	3.7	.06	4.0	.067	4.3	0.07
	22	4.0	.07	4.5	.075	5.0	.08	5.4	.09	5.3	.10
	25	5.1	.09	5.7	.095	6.4	.11	6.9	.115	7.4	.12
	28	6.0	.10	6.7	.11	7.5	.125	8.1	.135	8.7	.145
	32	7.8	.13	8.4	.14	9.1	.15	9.8	.16	10.5	.175
	35	9.5	.16	10.7	.18	12.0	.20	12.9	.215	13.8	.23
	39	13.6	.23	15.3	.255	17.0	.28	18.3	.305	19.6	.33
	46	16.6	.28	18.3	.305	20.0	.33	21.5	.36	23.0	.38
	59	30.0	.50	33.5	.56	37.0	.61	39.8	.66	42.6	.71
	67	39.0	.65	43.5	.725	48.0	.80	51.0	.85	54.0	.90
	78	50.0	.83	55.0	.91	60.0	1.00	65.7	1.09	71.5	1.09
	99	83.0	1.38	92.5	1.54	102.0	1.70	108.0	1.80	115.0	1.91
	116	112.0	1.87	125.0	2.08	138.0	2.30	149.0	2.48	160.0	2.67
	147	189.0	3.15	214.0	3.57	240.0	4.00	259.0	4.31	278.0	4.63

<u>Nozzle</u>	<u>Orifice</u>		<u>Slots</u>	
	<u>Drill</u>	<u>—</u> <u>Size</u>	<u>N°</u>	<u>—</u> <u>Size</u>
F 97S- 7.0	74	.0225	4	.014 x .015
14.5	65	.035	4	.016 x .025
22.5	58	.042	4	.025 x .025
37.0	54	.055	4	.033 x .033
60.0	50	.070	4	.040 x .043
84.0	47	.0785	4	.040 x .055
F 96- 20		.020		
25	71	.026		
32	67	.032		
59	58	.042		
59	1/16	.0625		
F 94- 15.3	67	.032	2	.062 x .096
24.0	60	.040	2	.062 x .065
37.0	55	.052	4	.093 x .080
50	53	.0595	4	.093 x .080
72	49	.073	4	.125 x .090
88	46	.081	4	.125 x .090
100	31	.120	2	.093 x .090
128	41	.096	4	.125 x .090
175	30	.1285	2	.093 x .090
200	30	.1285	2	.093 x .090
250	23	.154	2	.093 x .090

THE JOHNSON MARCH CORPORATION  
 PHILADELPHIA, PA.

# CAPACITIES

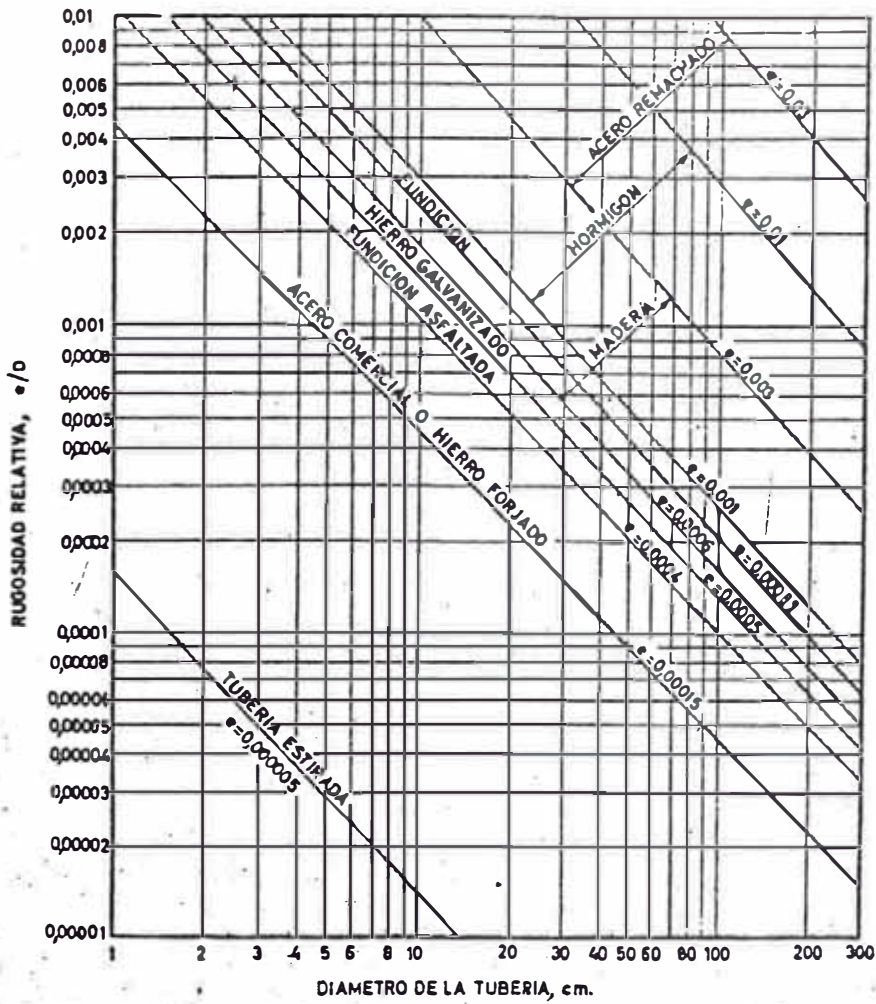
CAPACITY AT 60 PSI x FACTOR = CAPACITY AT NEW PRESSION

PSI	FACTOR
60	1.00
70	1.01
80	1.14
90	1.22
100	1.29
110	1.35
120	1.42
130	1.48
140	1.54
150	1.59
160	1.64
170	1.69
180	1.74
190	1.79
200	1.84
210	1.88
220	1.93
230	1.97
240	2.01
250	2.05

THE JOHNSON - MARCH CORPORATION  
PHILADELPHIA, PA.



ANEXO A.8.1



ANEXO A.8.2

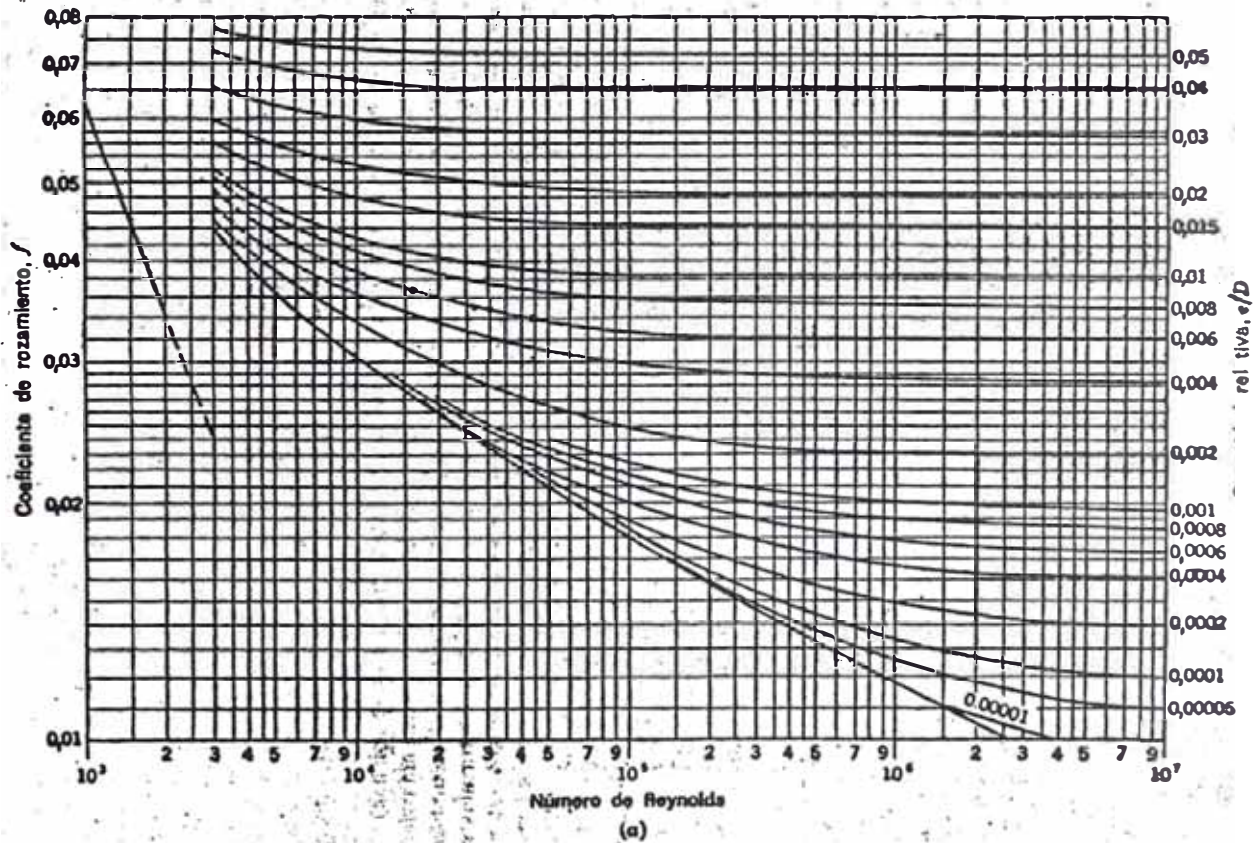








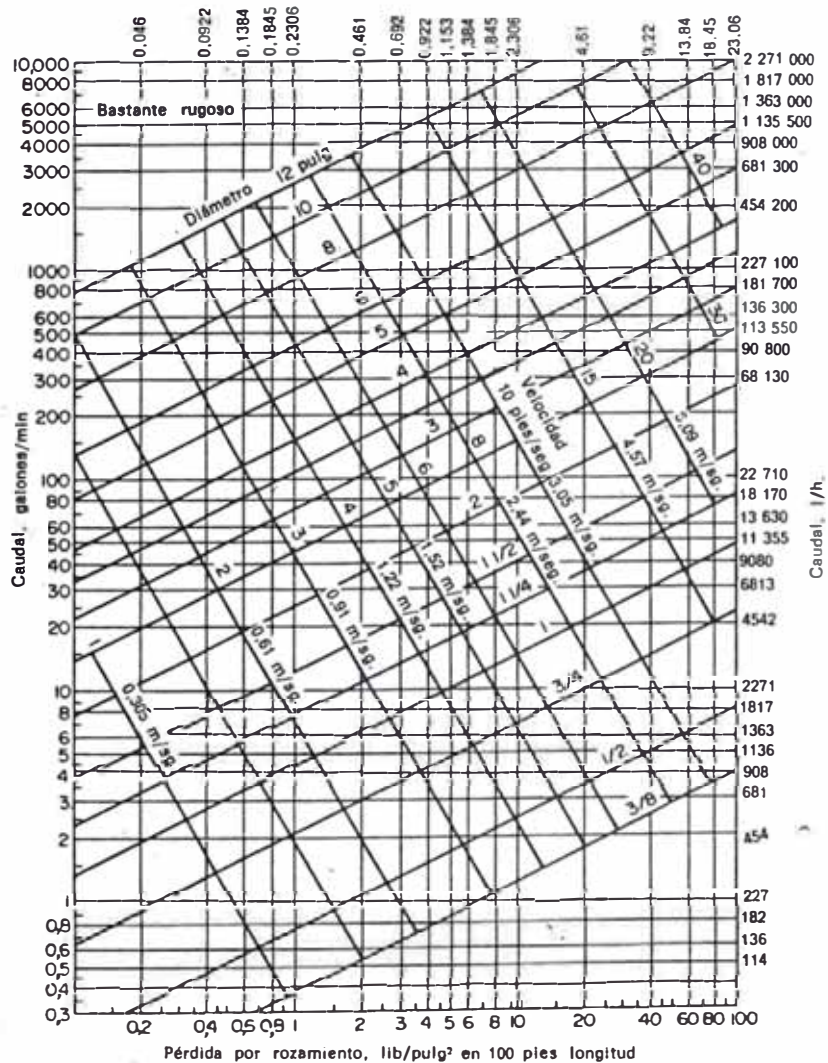
Fig. 10-22a Coeficientes de rozamiento para flujo en tuberías.

# ANEXO A.9

**TABLA 3. Pérdidas de carga a través de uniones y válvulas.**  
(Pérdida de carga en m equivalentes a tramo recto.)

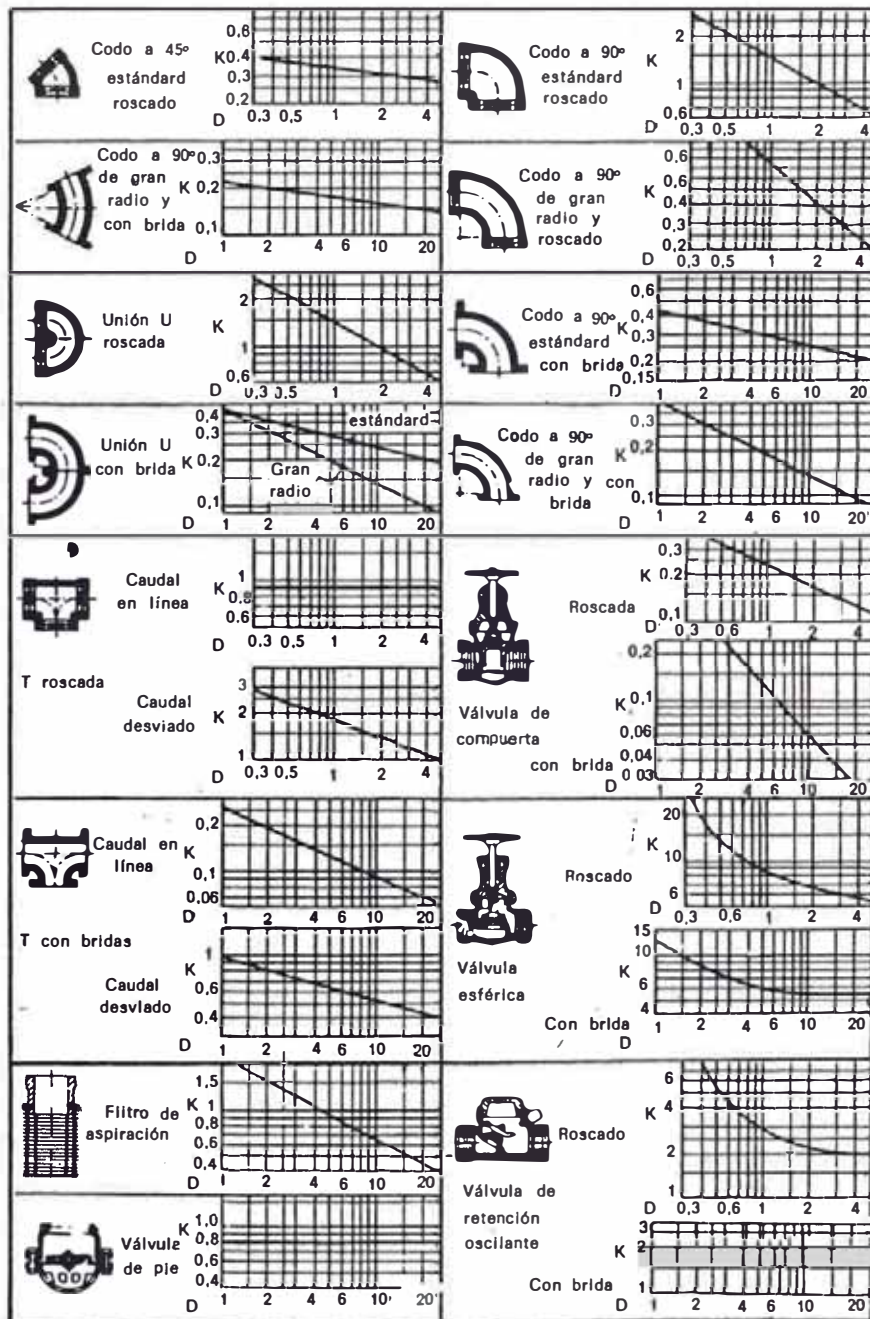
Diámetro del caño, mm								
	Codo standard	Codo de radio medio	Codo de radio grande	Codo a 45°	Te	Válvulas abiertas		
						Compuerta	Esférica	De retención
25	0,82	0,70	0,52	0,40	1,77	0,18	8,2	2,04
50	1,68	1,40	1,07	0,76	3,35	0,37	17,4	4,0
75	2,47	2,07	1,55	1,16	5,18	0,52	25,9	6,1
100	3,35	2,77	2,13	1,52	6,7	0,70	33,5	8,2
125	4,27	3,66	2,71	1,86	8,2	0,88	42,7	10,1
150	4,88	4,27	3,35	2,35	10,1	1,07	48,8	12,2
200	6,4	5,49	4,27	3,05	13,1	1,37	67,1	16,2
250	7,9	6,7	5,18	3,96	17,1	1,74	88,4	20,4
300	9,8	7,9	6,10	4,57	20,1	2,04	103,6	24,4
350	11,0	9,4	7,01	5,18	23,2	2,44	118,9	28,3
400	12,8	10,7	8,2	5,79	26,5	2,74	131,1	32,6
450	14,0	12,2	9,1	6,4	30,5	3,11	152,4	36,6
500	15,8	13,1	10,4	7,0	33,5	3,66	170,7	40,8
600	19,2	16,2	12,2	8,5	42,7	4,27	207,3	48,8
900	28,7	24,1	18,3	13,1	61,0	6,10	304,8	73,2

Pérdida por rozamiento, kg/cm<sup>2</sup> en 100 m de longitud



**Fig. 6. Diagrama para elegir diámetro de tubería para distintos caudales.**





$$h = k \frac{v^2}{2g} \text{ m de líquido}$$

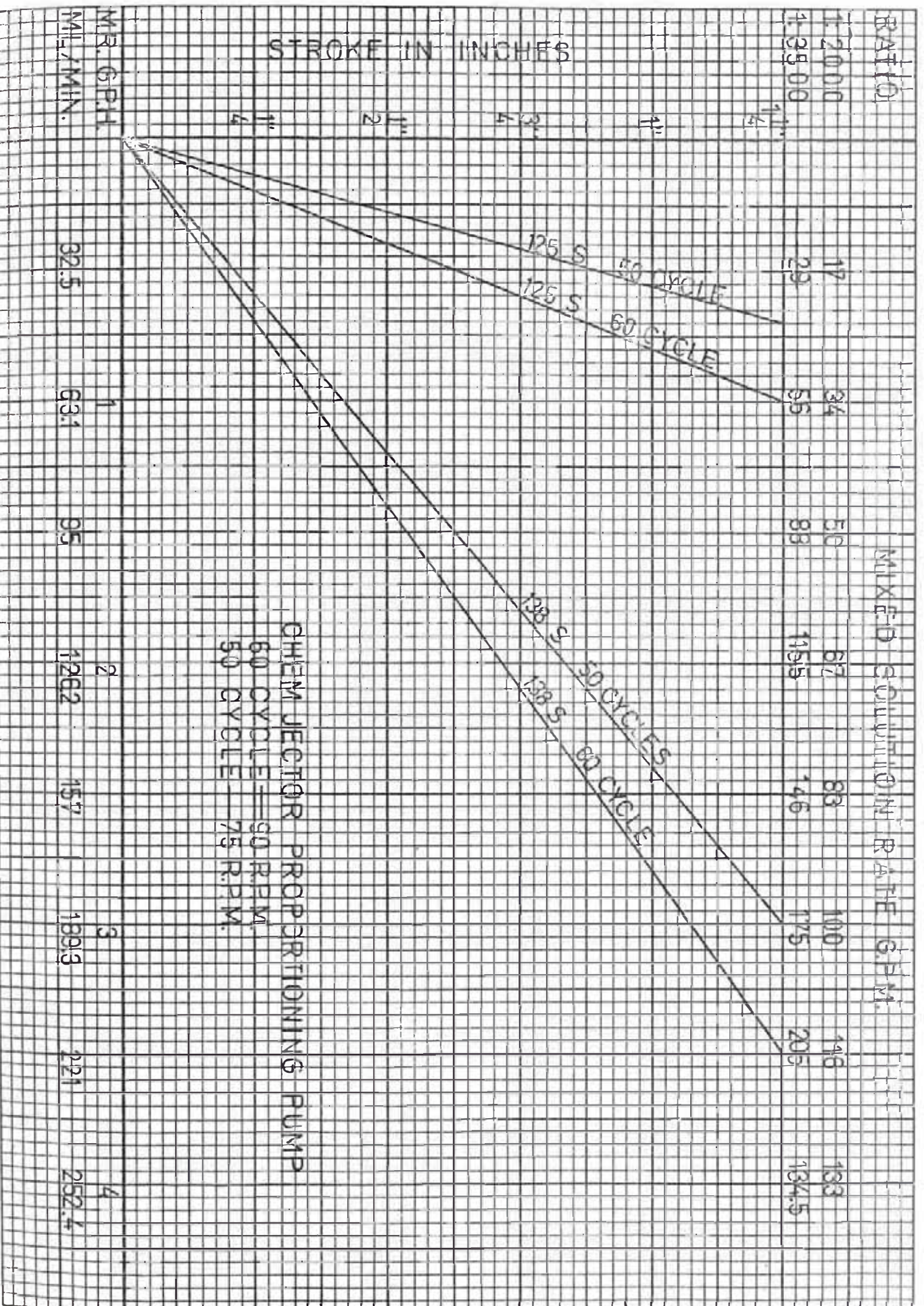
Fig. 5. Coeficientes de pérdida de carga de uniones de tubería.



Resumen de los datos esenciales requeridos en la selección de bombas centrífugas

1. Cantidad de unidades requeridas.
2. Naturaleza del líquido a ser bombeado.  
Es el líquido:
  - a. ¿Agua dulce o salada, ácido o alcalino, aceite, gasolina, suspensión o pasta de papel?
  - b. ¿Frío o caliente y si es caliente a qué temperatura? ¿Cuál es la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo?
  - c. ¿Cuál es el peso específico, ¿y el peso específico relativo al agua?
  - d. ¿Es viscoso o no viscoso?
  - e. ¿Es limpio y libre de sustancias extrañas en suspensión, o es sucio y arenoso? En este último caso, ¿cuál es la naturaleza y tamaño de las impurezas; son éstas abrasivas? Si el líquido es de una naturaleza pulposa, ¿cuál es la consistencia expresada o como porcentaje o como masa (kg) por unidad de volumen (m<sup>3</sup>) del líquido? ¿Cuál es el material en suspensión?
  - f. ¿Cuál es el análisis químico y valor de pH? ¿Cuáles son las variaciones previsible de este análisis? ¿Si es corrosivo, qué experiencia anterior ha habido sobre el mismo, tanto con materiales satisfactorios como con materiales no satisfactorios?
3. Capacidad o caudal.  
¿Cuál es el caudal requerido, así como la máxima y mínima cantidad de líquido que la bomba deberá impulsar?
4. Condiciones de aspiración.  
Hay:
  - a. ¿Altura de aspiración?
  - b. ¿O carga de aspiración?
  - c. ¿Cuál es la longitud y diámetro de la tubería de admisión?
5. Condiciones de descarga.
  - a. ¿Cuál es la carga estática? ¿Es constante o variable?
  - b. ¿Cuál es la carga por resistencia?
  - c. ¿Cuál es la máxima presión de descarga contra la que la bomba debe impulsar el líquido?
6. Carga total.  
Variaciones en los ítems 4 y 5 causarán variaciones en la carga total.
7. ¿Es para servicio continuo o intermitente?
8. ¿Se va a instalar la bomba en posición horizontal o vertical?  
En este último caso:
  - a. ¿En un foso húmedo?
  - b. ¿En un foso seco?
9. ¿Qué tipo de fuente de potencia se dispone para impulsar la bomba y cuáles son las características de esta fuente de potencia?
10. ¿Qué tipo de limitaciones de espacio, peso o transporte hay?
11. Situación e instalación.
  - a. Situación geográfica.
  - b. Elevación sobre el nivel del mar.
  - c. Instalación interior o a la intemperie.
  - d. Variación de la temperatura ambiente.
12. ¿Hay algún requerimiento especial o marcada preferencia con respecto al proyecto, construcción o rendimiento de la bomba?

Fig. 7. Formulario típico para seleccionar bombas centrífugas. (Worthington Corporation.)



RATIO

1:2000  
1:3500

STROKE IN INCHES

1/4  
1/2  
3/4  
1  
2  
4

MIXED SOLUTION RATE GPM.

17 34 50 67 83 100 116 133

125 S 50 CYCLE  
125 S 60 CYCLE

130 S 50 CYCLES  
130 S 60 CYCLE

CHEM JECTOR PROPORTIONING PUMP  
60 CYCLE = 90 RPM.  
50 CYCLE = 75 RPM.

M.R. GPH  
M.L. / MIN.

32.5 63.1 95 126.2 157 189.3 221 252.4



RATIO	1.200	1.750	1.1000
7	25	33	85
8	37	50	97
9	50	67	110
10	67	84	123
11	85	100	137
12	100	117	150
13	117	134	163
14	134	150	177
15	150	167	190
16	167	183	203
17	183	200	217
18	200	217	230
19	217	233	243
20	233	250	257
21	250	267	270
22	267	283	283
23	283	300	297
24	300	317	310
25	317	333	323
26	333	350	337
27	350	367	350
28	367	383	363
29	383	400	377
30	400	417	390

MIXED SOLUTION RATE G.P.M.

STROKE INCHES

125 S

138 S

150 S

163 S

CHEM INJECTOR PROPORTIONING PUMP

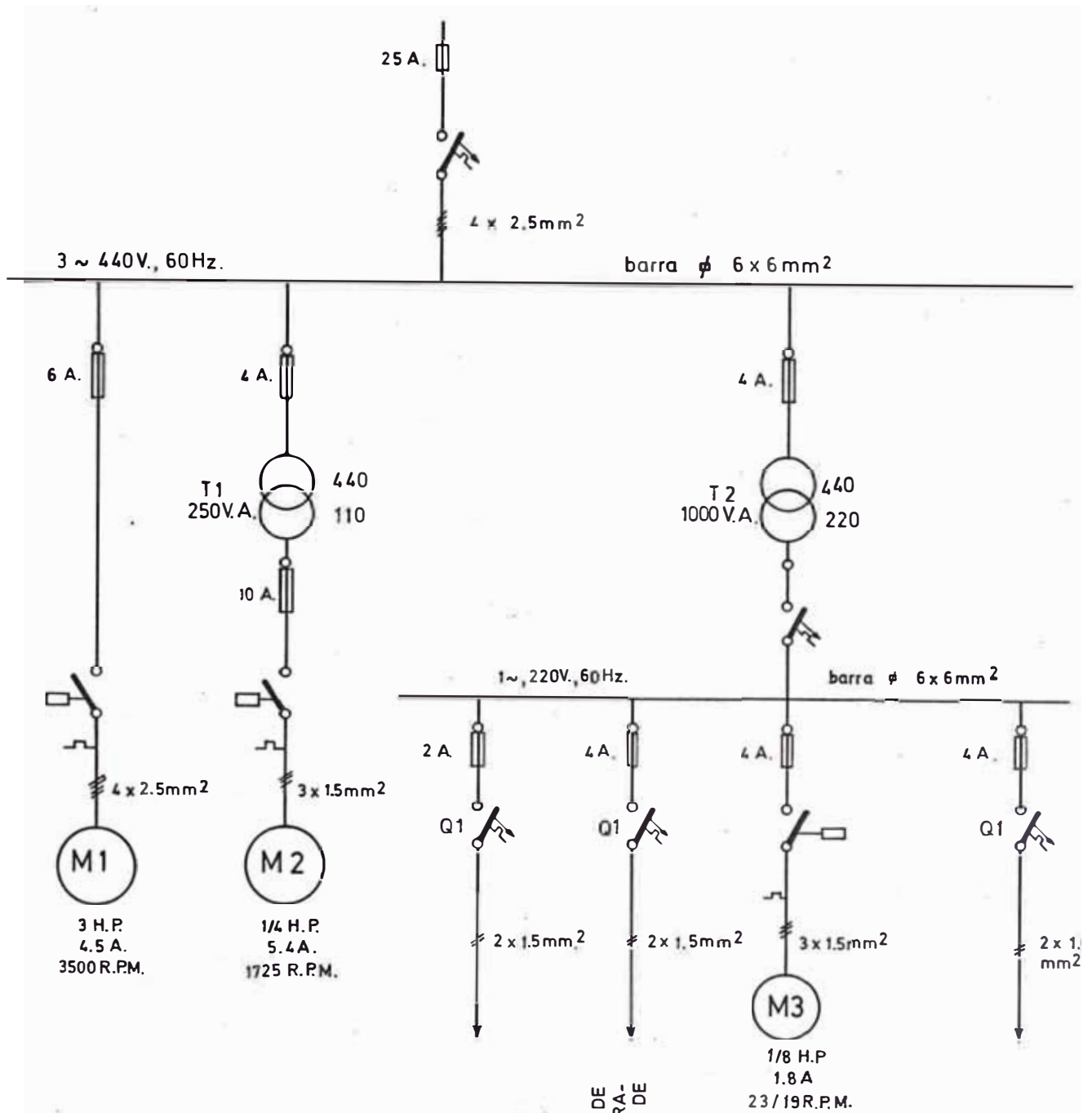
90 R.P.M.

COMPOUND MR G.P.H.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

## 5. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

5 Cálculos Eléctricos  
 a. - Diagrama unifilar



BOMBA DE SOLUCION

BOMBA DOSIFICADORA

CONTACTOR DE MANDO BOMBA SOLUCION,  
 LAMPARAS DE SENALIZACION

CONTACTORES DE MANDO BOMBA DOSIFICADORA  
 ELPREX Y MOTOR DEL FILTRO, VALVULA ENTRADA DE  
 AGUA, CONTROL NIVEL DE AGUA ELPREX, PROGRA-  
 MADOR VALVULA PURGA DEL FILTRO, LAMPARAS DE  
 SENALIZACION NIVEL COMPUESTO M-R

MOTOR DEL FILTRO

VALVULAS CONTROL DE FLUJO DE AGUA,  
 LAMPARAS DE SENALIZACION DE VIBRA-  
 DORES

- a.1.- Tensión de Servicio: Se dispone de dos niveles de tensión, 440v para el circuito de fuerza y 220v para el circuito de mando.
- a.2.- Cálculo de Conductores: Los conductores eléctricos tanto de fuerza como del circuito de mando se dimensionan de acuerdo a las prescripciones del Código Eléctrico del Perú, capítulos X y XVII.
- a.3.- Circuito de Control: Al dimensionar el conductor de alimentación se tendrá en cuenta que la máxima caída de tensión en el punto más distante no superará el 1% de la tensión nominal del circuito y la sección del conductor no será menor del N° 18 AWG.
- a.4.- Cálculo de la Potencia del Transformador de tensión para el circuito de control (220v.)

Se hace considerando que no trabajará sobrecargado cuando opere con el máximo consumo continuo de V.A, y que la tensión del secundario no será inferior al 95%, cuando se seleccione de acuerdo a las consideraciones siguientes:

La capacidad continua en V.A del transformador debe ser igual o mayor que la máxima carga continua en V.A requerida por los controles.

La capacidad para el arranque en V.A. del transformador debe ser igual o mayor que el máximo V.A. de arranque que pueda ocurrir para alguna combinación de

sellado y arranque en V.A. requerido por los controles.

Selección del transformador para las condiciones de nuestro circuito.

A) Requerimientos de V.A. continuos

DISPOSITIVO	WATS	V.A.
1 Contactor 3TB4110-0AN1 c/ bobina de 440v.	3.5	12
1 Contactor 3TB4010-0AN1 c/ bobina de 220v.	3.5	12
2 Contactores 3TH8244-0A, 4NO + 4NC c/bobina de 220v.	6.3	21
1 Motor del Filtro, 1/8 H.P., 220v. 1-8A	93	110
5 electro-válvulas control de flujo de agua (MAGNATROL VALVE)	100	111
1 electro-válvula para entrada de agua.	20	22
1 electro-válvula para purga de filtro.	20	22
1 Programador, 230v, 60Hz, rango: 1 - 5 h.	112.5	125
1 Control de nivel de agua ELPREX	18	20
10 Lámparas de señalización 10w, 220v.	100	100
	<hr/>	<hr/>
	447	555

Preliminarmente seleccionamos un transformador de 630 V.A.



B) Requerimientos de V.A. de arranque.

DISPOSITIVO	WATTS	V.A.
1 Contactor 3TB4110-0AN1 c/bobina de 440 v.	52	68
1 Contactor 3TB4010-0AN1 c/bobina de 220 v.	52	68
2 Contactores 3TH8244-0A, 4NO + 4NC c/bobina de 220v.	107	144
1 Motor de Filtro, 1/8 H-P, 220v 1.8A.	186	219
5 Electro-válvulas control de flujo de agua (MAGNATROL VALVE)	320	715
1 Electro-válvula para entrada de agua 220 v.	64	143
1 Electro-válvula para purga del filtro	64	143
1 Programador, 230v, 60Hz, rango: 1-5 h.	112.5	125
1 Control de nivel de agua EXPRES	18	20
10 Lámparas de señalización, 10w, 220 v.	100	100
	<hr/>	<hr/>
	1,075.5	1,745

Total máximo arranque: 1745.V.A

Entonces: factor de potencia =  $\frac{1075.5}{1745} = 0.62$

Porcentaje de factor de potencia: % P.F = 62%.

Del Catálogo Siemens 1980 de transformadores monofásicos para circuitos de control observamos que:

Para el transformador seleccionado de 630 V.A, muestra que 1,750 V.A. a 0.6 de factor de potencia es mayor que el arranque evaluado (1,745 V.A) y



que la tensión en el secundario no es inferior al 95%. Sin embargo para efectos de futuras ampliaciones seleccionaremos un transformador de 1 KVA, tipo 4AN41, % VCC = 7.9, SIEMENS.

b) Cálculo de la corriente total del circuito

$$I_{total} = 1.25 (I_{m\acute{a}x}) + F_s (\sum I) \dots\dots\dots (\alpha)$$

$F_s$  = factor de simultaneidad

$$F_s = \frac{\text{Máx demanda total}}{\text{Máxima demanda}}$$

Al entrar en funcionamiento el sistema despolvorizador, todos los componentes trabajan, entonces podemos considerar un factor de simultaneidad igual a 1.

Reemplazando valores en la ecuación (  $\alpha$  ) obtenemos

$$\begin{aligned} I_{total} &= 1.25 (4.5) + (1.35 + 2.25) \\ &= 5.625 + 3.6 \end{aligned}$$

$$I_{total} = 9 \text{ Amp.}$$

Aplicación de los factores de corrección (TABLAS INDECO)

Por temperatura del suelo-ambiente (35°C).....0.84

Por cables instalados en ductos enterrados....0.78

resistividad térmica del terreno  $70 \frac{^{\circ}\text{C} \times \text{cm}}{\text{W}}$

$$I = \frac{9}{0.84 \times 0.78} \sim 14 \text{ amp.}$$

c) Seleccionaremos un cable tipo NYY, 4 x 2.5 mm<sup>2</sup> (cable libre mínimo según tablas Indeco).

Cálculo de la caída de tensión:

Se recomienda según el Código Eléctrico del Perú que para los circuitos de fuerza motriz la caída de tensión debe ser del orden del 3%.

$$\Delta V = \frac{0.0309 \times L \times I \cos \phi}{S} \dots\dots\dots (\beta)$$

L : 6m.

I : 9 amp.

S : 2.5 mm<sup>2</sup>.

cos  $\phi$  : 0.85

Reemplazando datos en (  $\beta$  )

$$\Delta V = \frac{0.0309 \times 6 \times 9 \times 0.85}{2.5}$$

$\Delta V = 0.56$  voltios.

El 3% de 440v es 13.2 voltios, entonces el valor calculado es muy inferior al 3%.

d) Selección de cables para los motores eléctricos del sistema.

MOTOR PARA BOMBA DE SOLUCION

3 H.P, 4.5 amp, 440 v, 3,500 R.P.M, 60 Hz, cos  $\phi$  : 0.8, trifásico.

Seleccionamos cable tipo NYN, 4 x 2.5 mm<sup>2</sup>, tensión de servicio 1000 v.

Caída de tensión:  $\Delta V = \frac{0.0309 \times L \times I \cos \phi}{S}$

L : 5 m.

I : 4.5 amp.

S : 2.5 amp.

cos  $\phi$  : 0.8

Entonces:  $\Delta V = 0.22$  voltios.

MOTOR PARA BOMBA DOSIFICADORA

1/4 H.P., 5.4 amp, 115v, 1,725 R.P.M, 60 Hz, cos  $\phi =$   
0.8, monofásico.

Seleccionamos cable tipo NYY, 3 x 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$\text{Caída de tensión: } \Delta V = \frac{0.0357 \times L \times I \cos \phi}{S}$$

L : 5 m.

I : 5.4 amp.

S : 1.5 mm<sup>2</sup>

cos  $\phi$  : 0.80

Entonces:  $\Delta V = 0.51$  voltios.

MOTOR DEL AUTO FILTRO

1/8 H.P., 115/230V, 3.6/1.8 amp, 23/19 R.P.M, 60 Hz,  
cos  $\phi$  : 0.8, monofásico .

Seleccionamos cable tipo NYY, 3 x 1.5 mm<sup>2</sup>

$$\text{Caída de tensión: } \Delta V = \frac{0.0357 \times L \times I \cos \phi}{S}$$

L : 7 m.

I : 1.8 amp.

S : 1.5 mm<sup>2</sup>

cos  $\phi$  : 0.8

Entonces:  $\Delta V = 0.24$  voltios.

Las electroválvulas para control de flujo de agua serán alimentadas eléctricamente desde el tablero de control con un cable  $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$  tipo NYY, las cuales se conectan en paralelo, de acuerdo a los planos eléctricos que se adjuntan.

En el tablero de control, para alimentar a los diferentes circuitos se utilizará barra cuadrada de cobre electrolítico  $6 \times 6 \text{ mm}$ , tres para circuito de fuerza, y dos para circuito de control (Material **Cu** - E, según DIN 40500, hoja N° 3).

e) Elección de los interruptores principal (440 v.) y de mando (220 v).

Elección del interruptor termo-magnético principal (440v).

DATOS:  $I_{\text{nominal}} = 14 \text{ amp.}$

$V_{\text{servicio}} = 440 \text{ V.}$

Según Catálogo SIEMENS E 1982, Pág. 4/14 elegimos:

- tipo: 3VE3000 - 8 MA00

Intensidad nominal 20 Amp.

- Ajuste de los disparadores de sobreintensidad térmicamente retardados 12.5 - 20A

- Intensidad media de reacción de los disparadores de sobreintensidad electromagnéticos sin retardo: 240

- Tensión nominal de aislamiento (Ui) : 660 VAC
- Capacidad nominal de ruptura (Valor eficaz) : 5 KA (hasta 500 VAC y  $\cos \phi : 0.7$ )

(Norma VDE 0660. IEC 292, IEC 157

Elección del interruptor térmico para circuito de control.

DATOS In = 4.5

V servicio = 220 v.

- Tipo 3VE 1000 - 2K
- Intensidad nominal 16 Amp.
- Ajuste de disparadores de sobreintensidad térmicamente retardados 4-6.3 Amp.
- Intensidad media de reacción de los disparadores de sobreintensidad electromagnético sin retardo. 75A
- Tensión nominal de aislamiento (Ui) 660 VAC
- Capacidad nominal de ruptura (valor eficaz) 1.5 KA (hasta 220v)

#### f) DIAGRAMA DE FLUJO

Mediante el diagrama de bloques de la figura mostrada se indica la forma como funciona automáticamente el sistema proporcionador de solución para el control de polvo mediante chorro químico.

También se muestra el diagrama de bloques de control para cada punto de aplicación del chorro químico en

el circuito de transferencia de la piedra caliza has  
ta su almacenamiento.

g) Secuencias de Funcionamiento

g.1 Del proporcionador de líquido.

- Desde el tablero eléctrico para control del polvo, se arranca la bomba que inyecta solución al sistema, la cual enclava eléctricamente a la bomba dosificadora de compuesto M-R a través del contacto 43-44 M2.K2. En el tablero eléctrico mediante la lámpara de señalización M3-H1 se indica su funcionamiento.
- La bomba dosificadora arranca automáticamente e inyecta compuesto M-R al tanque de mezcla cuando está en funcionamiento la bomba de solución y el nivel del líquido en el tanque de mezcla está en mínimo (Contactos 13-14, M3.K2).
- La electroválvula (M3-Y1) permite la entrada de agua al tanque de mezcla desde que el nivel está en mínimo (contacto 13-14 M3.K2) y está funcionando la bomba de solución (contacto 43-44 M2.K2).
- El motor del CUNO FILTRO de auto limpieza está en operación mientras el líquido fluye a través del filtro, es decir desde que el nivel del líquido está en mínimo y la bomba de solución funcionando.
- La electroválvula de purga o auto limpieza del filtro es accionada automáticamente desde el pro

gramador de tiempo (M4 - A1) el cual funciona siempre y cuando halla flujo de agua al tanque de mezcla. El programador es actuado cada vez que la bomba dosificadora arranca, también cabe la posibilidad de actuarlo directamente con el control de nivel de líquido. La válvula purga automáticamente 2 veces cada 3 horas y media.

En resumen:

El automatismo se inicia cuando se arranca la bomba de solución, la cual enclava eléctricamente a los componentes del sistema.

Al llegar la solución al nivel inferior en el tanque de mezcla automáticamente abre la válvula de entrada de agua y la bomba dosificadora inyecta el compuesto M-R en la proporción deseada (1/2000).

Cuando el nivel de solución llega al punto superior automáticamente se cierra la válvula de agua y deja de funcionar la bomba dosificadora. Mientras tanto la bomba inyecta la solución al sistema cuyo consumo hace llegar el nivel del líquido hasta el punto inferior, repitiéndose otra vez el ciclo.

g.2 De los puntos de aplicación del chorro químico:

Zona de los alimentadores vibratorios



Al arrancar el motor de alimentador vibratorio, comienza a fluir el material (piedra caliza) que acciona al detector de flujo el cual cierra su contacto eléctrico (NO) 1-2 - M5.b1 que está en serie con los contactos (NO) 1-2, 3-4. M5.K1 del motor vibrador y con la electroválvula del control de flujo (M5. Y1), la cual acciona permitiendo el pase de líquido a las cabezas pulverizadoras.

El contactor M5.K1 y el interruptor de seguridad M5.S1 están en la caja de distribución para este circuito (M5.AL).

Esto se repite para los 6 vibradores restantes (Ver planos M5 al M11).

Zona de Transferencia fajas 63-02 a 63-03 y 63-03 a 63-04.

Cuando el material está en movimiento, acciona el sensor de peso o el detector de flujo que cierran su contacto eléctrico (NO), el cual está en serie con los contactos (NO) 1-2, 3-4 del contactor K1 que se energiza al aparecer tensión en los bornes del motor de accionamiento de las fajas, y con la electroválvula del control de flujo de solución, la cual acciona permitiendo el pase del líquido a las cabezas pulverizadoras.

Zona del TRIPPER

En esta zona la solución llega directamente por presión a las cabezas pulverizadoras, cuando se arranca la bomba del proporcionador.

h) DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Barras Conductoras

Escogeremos barras de sección cuadrada 6 x 6 mm (capacidad 155 amp) de cobre electrolítico (Material Cu - E, según DIN 40500, hoja 3) para alimentar a los diferentes circuitos. Tres barras se utilizan para el circuito de fuerza (440V) y 2 barras para el circuito de control (220V).

Distancia entre barras.

Para circuito de 440Voltios:  $d=64\text{mm}$ .

Para circuito de 220Voltios:  $d=51\text{mm}$ .

Distancia entre apoyos:  $d=616\text{mm}$ .

La distancia mínima de las barras con respecto a tierra será de 51 mm.

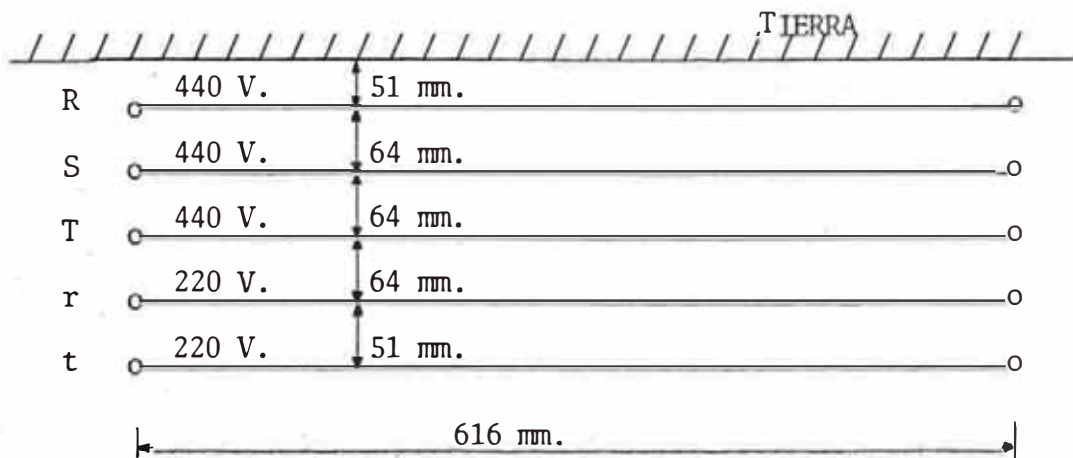


fig. (a)

Las barras conductoras estarán soportadas y aisladas entre sí por placas (10 x 60 mm) de fibra fenólica de alta rigidez dieléctrica ( 30 Kv/cm) y montadas según la figura (b).

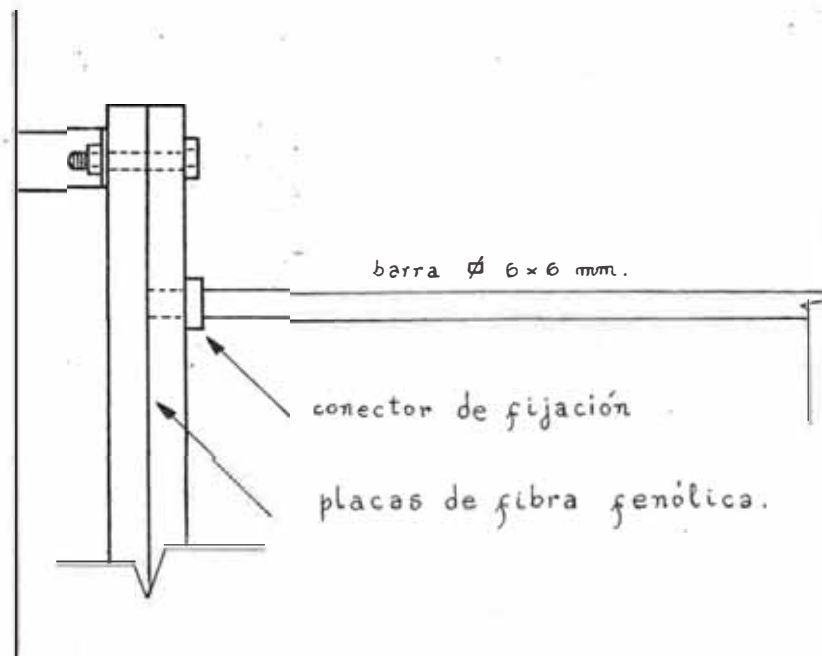


fig. (b)

TABLERO

Será metálico autosoportado, construído con estructura de ángulo de fierro de 1½" x 1½" x 1/8" y plancha de fierro de 1/8" de espesor. Será accesible por su frente, donde van montados los pulsadores de arranque-parada y lámparas de señalización.

Dimensiones:

ancho: 700 mm

alto 1740 mm.

Profundidad 480 mm.

Después del proceso de arenado será pintado con dos capas de pintura anticorrosiva, tipo epóxica y dos capas de pintura de acabado.

TABLERO DE CONTROL

PLANOS DE DIMENSIONES Y UBICACION DE EQUIPO

## 5.2 ADAPTACION DEL DISEÑO AL SISTEMA GENERAL DE CONTROL

### 5.2.1 Condiciones de funcionamiento

- a) El funcionamiento del sistema de descarga se inicia arrancando desde el tablero general las fajas transportadoras 63-04, 63-03 y 63-02.
- b) La tensión en bornes del motor de accionamiento de la faja 63-02 energiza al contactor M12.K1, que enciende electricamente al controlador de flujo de agua para los pulverizadores de la transferencia de material de la faja 63-02 a 63-03, el cual permite el pase de solución al actuar el sensor de material en movimiento. De igual manera funciona la transferencia de la faja 63-03 a 63-04.
- c) Desde el tablero general de control se acciona el switch 0b4 que energiza los contactores 0d18 y 0d19 que encienden electricamente las condiciones de arranque y parada de los alimentadores vibratorios que se operan desde el tablero de control del sistema de despolvORIZACIÓN.
- d) El operador desde la caseta del sistema despolvORIZADOR arranca los alimentadores vibratorios según las condiciones de descarga y la bomba de solución. El proporcionador alimenta solución al sistema en forma automática y los controladores de flujo de agua permiten el pase de solución a los diferentes

puntos de aplicación al actuar los sensores de pase de material.

### 5.2.2 Modificaciones en Planos

- a) En el plano eléctrico N° 7, línea 36 de la sección Cancha de materiales, se agrega el interruptor de man do 0b4 que acciona los contactores 0d18 y 0d19, para autorizar el mando de los vibradores desde el tablero del sistema despolvorizador.
- b) En el plano N° 10, líneas 1 y 2, entre la bornera LS1 y los motores m1 y m2, se indicará la bornera AL. M5.11 y 12, que va instalada en una caja de distribución en el túnel de los alimentadores vibratorios y faja 63-02.  
En la línea 5 se desconectan los bornes LL9.V17.4 - LS1.84; los bornes LS1.86 y 87 se conectan con AL.86 y 87 que están en el túnel de vibradores y que se indica en el plano M5.17. Esta secuencia de modificaciones se realizan del mismo modo en los planos del 11 al 16.
- c) En el plano N° 9, línea 2, se indicará la bornera HL.M12.12 que va entre la bornera LS1 y el motor M1 de la faja 63-02. La bornera en mención se instalará en la caja de distribución HL, cerca al motor 63.02 m1.

- d) En el plano N° 8, línea 2, se indicará la bornera JL.M13.12 que va entre la bornera LS1 y el motor de la faja 63-03 que va montada en la caja de distribución JL junto al motor 63.03 m2.
- e) Con respecto al equipo eléctrico, no se utilizará el transformador de tensión para mando (440/220 v., 1,000 V.A.) debido a que donde se encuentra el control para el sistema despolvORIZADOR, disponemos de dos niveles de tensión: 440v y 220v.



5.3

PLANOS ELECTRICOS

## 6. ESPECIFICACIONES TECNICAS

## 6.1 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

### Proporcionador de Solución

Proporciona la solución al sistema despolvORIZADOR con la correcta dosificación de compuesto M-R (1 parte de M-R a 2,000 partes de agua)

Tipo: RJ-4 (JOHNSON MARCH CORPORATION)

Dimensiones: largo: 39"

ancho: 24"

alto : 40"

Caja con tapa de fierro de 1/8" de espesor

Consta de:

. Depósito de acero inoxidable de 24" x 18" x 16½"

Bomba centrífuga de alta presión

. Motor eléctrico 3H.P para accionamiento de la bomba

Electrodos de nivel con control marca ELPREX

. Válvula eléctrica para entrada de agua con regulador de presión.

Bomba dosificadora de líquido químico M-R.

Succionador para bidones de compuesto M-R.

### Instalación

Los planos respectivos muestran al equipo proporcionador en la mejor ubicación. Esto puede ser modificado si se encuentra disponible un lugar más adecuado. Por lo general si una reubicación no compromete más de 48.3 mts. de tubería adicional para el suministro de solución ó más de 18mts.

de diferencia de elevación, el cambio puede realizarse en el campo sin afectar el diámetro de la tubería principal. El proporcionador deberá ser instalado protegido de suciedad o humedad excesiva. El equipo deberá ser accesible para su mantenimiento y también para recepcionar cilindros de 55 glns. de compuesto M-R que pesan aproximadamente 540 libras.

Las dimensiones de la base del proporcionador son aproximadamente 1m x 0.65 mt., y el diámetro del bidón de 55 gln. es de 0.63 mts. Deberá permitirse suficiente espacio libre en la parte delantera del proporcionador para acceso al equipo y suficiente espacio en el extremo derecho para mover hacia adentro y hacia afuera los bidones del compuesto M-R. El área del piso requerido es por lo tanto de 2 mts. de largo por 1.20 mts. de ancho. Esta ubicación deberá estar centrada con respecto a los puntos de aplicación del sistema de control de polvo por chorro Químico para mantener lo más cerca posible el recorrido de las tuberías. El piso debe estar nivelado para evitar un mal alineamiento del equipo debido a la distorsión en la base dispereja.

Para instalar el succionador del bidón, conectar el tubo flexible al adaptador de tubos, en la entrada de la bomba eyectora de líquido Químico. El tubo deberá ser enrocado mediante arandelas de caucho o goma en el lado dere

cho de la caja del proporcionador antes de ajustar al adaptador.

La línea de suministro de agua se conecta a la válvula de entrada, bajo ninguna circunstancia el diámetro de la línea de alimentación deberá ser menor que la válvula de entrada. Un regulador de presión de agua de entrada se suministra con el proporcionador para asegurar una presión constante de agua en la entrada (flujo completo). La línea de alimentación de solución se conecta al niple de salida (Ver planos suministrados.)

Los electrodos de nivel con control ELPREX, irán montados en la parte superior de la caja del proporcionador y apoyados en la pared posterior de la misma mediante un brazo metálico.

Las conexiones eléctricas para el motor de la bomba de solución, bomba dosificadora de compuesto M-R, electroválvula de entrada de agua, electrodos de nivel, irán protegidos con tubo conduit de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro. Los calibres de los conductores se especifican en los planos eléctricos.

#### TUBERIA PRINCIPAL PARA EL SUMINISTRO DE SOLUCION

La tubería principal de suministro de solución deberá ser conducida por la mejor y más corta ruta de la bomba de solución en el proporcionador a los puntos de aplicación.. La ruta presente puede ser modificada de aquella mostrada en los dibujos sin afectar el tamaño de la tubería siempre y cuando que los cambios no incrementen la longitud total de la tubería en más de **48.3** mts.

El diámetro de la tubería ha sido seleccionado para mantener a un mínimo la pérdida por fricción, de tal manera que se mantengan presiones de rociado adecuadas en todos los cabezales o toberas de rociado. El diámetro de la tubería no deberá ser reducido y puede ser conducida a lo largo de puentes transportadores, estructuras ó enterradas en el piso.

La tubería deberá ser de fierro galvanizado, con accesorios de unión ó juntas soldadas.

Todas las tuberías deberán ser inclinadas para un drenaje conveniente y las válvulas de drenaje deberán ser instaladas en todos los puntos bajos del sistema.

## TUBERIA DEL PUNTO DE APLICACION

Las ubicaciones que se muestran en los dibujos para los controladores de flujo de chorro químico se han seleccionado para un rendimiento conveniente de su función y para el acceso de su mantenimiento. Cada controlador deberá encontrarse mas bajo que el cabezal de rociado inferior que controla. Esto evita un goteo excesivo de los chorros de rociado a los alimentadores, transportadores ú otro equipo, luego que el controlador ha dejado de funcionar. También deberá ser ubicado de tal manera que la longitud de la tubería entre el controlador y cabezas pulverizadoras es tan corta como sea posible. Esto evita un retraso en el arranque y parada de los rociadores cuando el controlador es excitado y desexcitado. La disposición típica del cabezal rociador se muestra en el plano que se adjunta.

Todas las tuberías y particularmente los cabezales rociadores deberán estar ajustados rígidamente a la maquinaria estacionaria. La colocación y dirección de los chorros rociadores es crítico y el movimiento del cabezal debido a vibración y ajuste inseguro puede provocar una reducción en la eficiencia del punto de aplicación.

Los controles automáticos deberán estar colocados como se muestran en los planos y deberán ser ubicados tan cerca como sea posible al punto de aplicación. Los interruptores y luces pilotos estarán

montados en la estación de control o en el área de trabajo de los operadores que serán responsables para seleccionar el uso de los puntos de aplicación. El éxito del sistema depende de cuan bien se le opere, así como del mantenimiento que se realice.

La aplicación de la solución mezclada de compuesto M-R se realiza cuando el material se encuentra en movimiento para aprovechar la acción mezcladora del material. La aplicación inicial se realiza en el primer punto del sistema. Por lo general aquí se añade suficiente humedad para poner el material libre de polvo a través de manejos subsiguientes hasta que se expongan superficies nuevas secas. Se producen en estos puntos aplicaciones adicionales. Un punto de aplicación puede consistir de uno, dos ó más rociadores individuales, dependiendo de la disposición del equipo y el tonelaje manejado.

La cantidad de humedad necesaria para el control conveniente de polvo depende mayormente del contenido de humedad del material por tratarse. Por lo general el sistema de control de polvo por chorro químico se establece para tratar el material en sus condiciones más polvorientas. Esto significa que la cantidad de humedad añadida deberá reducirse cuando el material que ingresa se pone más húmedo. Esto puede lograrse cerrando los puntos de aplicación por completo, o cerrando cabezales de rociado individuales y para obtener variaciones mas finas.



BOMBA Y MOTOR PARA ALIMENTACION DE SOLUCION

Especificaciones:

Clase: Centrífuga

Tipo: turbina modelo EX-40 de JOHNSON-MARCH CORPORATION

Capacidad: 13.5 G.P.M.

Presión: 150 P.S.I.

Motor: 3 H.P., 440v, 60Hz,  $\cos \phi$  0.85, 3500 R.P.M., totalmente cerrado.

Instalación:

Deberá ser revisado el alineamiento de la bomba y motor en el momento de la instalación. Cualquier mal alineamiento aparente deberá ser corregido por medio de calzas bajo la bomba o el motor. El alineamiento final deberá revisarse bajo las condiciones de operación.

Las tuberías pesadas deberán ser apoyadas independiente de la bomba para aliviar el esfuerzo en la caja de la bomba. La tubería de succión debe ser absolutamente hermética. Si es posible revisar con presión de agua para ver goteos.

Antes del arranque observar que el eje de bomba gire libremente y que tenga la correcta rotación con un arranque y parada rápidos.

### BOMBA DOSIFICADORA O EYECTORA DE LIQUIDO QUIMICO

Las bombas dosificadoras JOHNSON MARCH CORPORATION, son bombas de desplazamiento positivo recíproco, para medir el líquido en el volumen deseado con una exactitud de + 1%.

Está equipado con válvulas columna en la succión y descarga, la válvula de doble retención asegura la acción positiva de la válvula y gran exactitud. La acción de la válvula es de autolimpieza y debido a que se reasientan en cualquier circunstancia, aseguran una medición exacta para períodos más largos que otros tipos de válvulas de retención.

Los impulsores standar son motores de velocidad constante de  $\frac{1}{4}$ H.P. operando a través de reductores de engranajes separado. Los motores son completamente cerrados.

#### Especificaciones

Modelo: 125 S

Estructura principal de la bomba: Hierro fundido con acabado gris industrial.

Pistón y válvula de retención: de acero inoxidable.

Empaquetadura: tipo CHEVRON NEOPRENE

Base: Placa de acero de  $\frac{1}{4}$ " de espesor.

Conexiones de entrada y salida: Hembra NPT de  $\frac{1}{2}$ "

Características eléctricas:

Motor.

Modelo: 5KH32GN54X      GENERAL ELECTRIC

Potencia:  $\frac{1}{4}$  H.P.

Tensión: 115 VAC

Amperaje: 5.4 amp.

Frecuencia: 60 HZ

Clase de aislamiento: B

R.P.M. : 1725

Reductor de Engranajes: Standar 90 R.P.M.

MODEL	N°	CARRERAS POR MINUTO	CAPACIDAD G.P.H.	PRESION MAX P.S.I.
125 S		90	1.5	1,000
138 S		90	3.5	900
150 S		90	6.5	750
163 S		90	10.0	500

### Instalación

La bomba eyectora es suministrada con ajuste de la carrera para variar la capacidad.

La placa base de la estructura de la bomba deberá estar ajustada firmemente, soplar todas las tuberías en la línea antes de conectarlas a la bomba para eliminar todo material extraño, la línea de succión deberá ser revisada por fugas, girar el eje reductor de la transmisión, con la mano hasta que la bomba ha realizado un ciclo completo antes de arrancar por primera vez.

El salto de succión negativo estático no deberá exceder 1.5 mts.

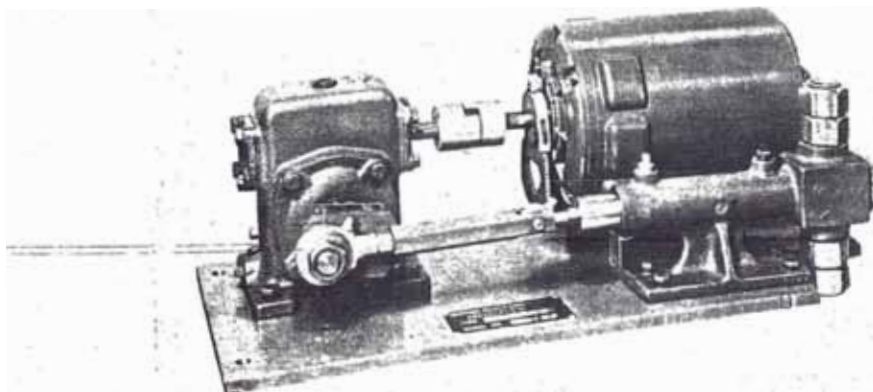
El salto de succión positivo estático no deberá exceder el salto de descarga.

El salto total de bombeo no deberá exceder de 300 P.S.I. Revisar el nivel de aceite en el reductor de transmisión.

No instalar válvulas en el lado de descarga.

La bomba eyectora de líquido Químico tiene una carrera que es ajustable de 0" a 1¼". Ver curvas de capacidad para el modelo y velocidad de bomba.

Para realizar el ajuste de acuerdo a la longitud de carrera calculado, rotar el eje de entrada del reductor de transmisión con la mano hasta que la escala calibrada se encuentre en la parte superior. Aflojar la tuerca "T" en el excentrico hasta que la varilla universal se pueda mover a lo largo de esta ranura. Alinear la marca indicadora en el universal con la longitud de carrera deseada en la escala calibrada. Ajustar la tuerca "T" en el excentrico. La tubería de aspiración de la bomba eyectora se conecta al succionador del bidon y la de impulsión a un costado de la caja de mezcla del proporcionador.



### CONTROL DE FLUJO DE LOS ROCIADORES, ESTILO A.3

El controlador de flujo de chorro Químico es uno de los componentes básicos del sistema de control de polvo. Filtra y gobierna el flujo de la solución a las cabezas pulverizadoras en los diversos puntos de aplicación en las operaciones de manipuleo de material. Cada controlador está equipado con una válvula manual, un filtro o colador de tubería, una válvula solenoide y dos válvulas de drenaje.

#### Especificaciones

Caja del controlador: Plancha de acero, calibre 18, con acabado gris industrial. Tanto en la parte superior como en la frontal tienen bisagras para fácil acceso al equipo de control.

Braquetes de montaje: Canal de 2" - 1.34 lb., para los controladores de 3/4 a 1- $\frac{1}{2}$ ".

Canal de 3" - 4.1 lb., para los controladores de 2" a 3".

Coladores: Tipo balde, con tornillo de cierre para una manija en T y servicio fácil.

Canastas del colador: Latón perforado con todas las juntas soldadas. Perforaciones standar de 1/64".

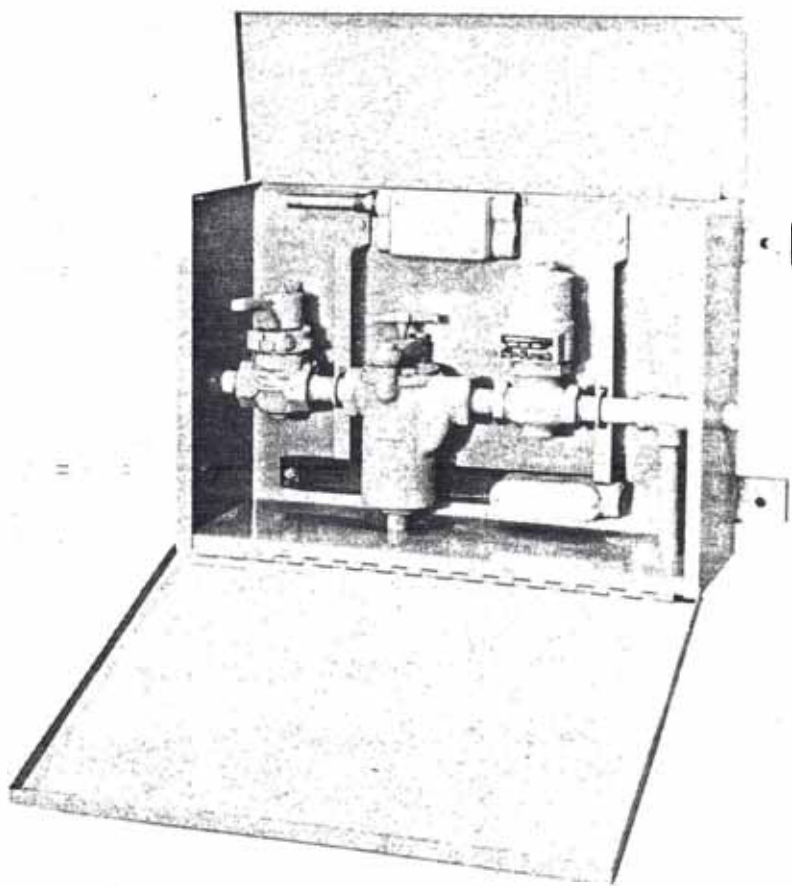
Válvulas de solenoides: Son standar, pilotos operados con modelo globo, cuerpo de bronce y bobina encapsulada a prueba de polvo. Pueden ser sumi-

nistrados también a prueba de explosión.  
 Las bobinas son resistentes a la humedad  
 y poseen una elevación de temperatura de  
 50°C sobre el ambiente.

DIAMETRO	LONGITUD (pulg.)	ALTURA (pulg.)	PROFUNDIDAD (pulg.)	FLUJO MAX. (caída presión 5 p.s.t.) G.P.M.	POTENCIA DE VALVULAS SOLENOIDE		
					WATTS A.C.	AMP. ARRANQUE 110/60	AMP. PER- MANENCIA 110/60
3/4	21-3/8	14-3/4	8	12.5	20	1.3	0.4
1	21-3/8	14-3/4	8	20.0	20	1.5	0.4
1-1/4	26-3/16	15-3/8	9	32.0	20	1.6	0.4
1-1/2	27-3/4	18-5/8	9	50.0	40	3.2	0.8
2	33-9/16	19-11/16	12	90.0	40	3.5	0.8
2-1/2	40-5/8	25	13-3/8	135.0	60	8.0	1.2
3	44-5/8	25-7/8	13-5/8	200.0	60	8.8	1.2

Instalación:

El controlador de flujo está equipado con braquetes montados en la parte posterior de la caja de tal manera que se puedan instalar en estructuras, paredes ó consolas de piso. Las conexiones de entrada de la tubería se realizan de la fuente principal que suministra la solución con compuesto M-R. Las conexiones de salida de la tubería se realizan del controlador a las cabezas pulverizadoras.







CONTROL AUTOMATICO DE PULVERIZACION, MODELO UB-5

Este control está diseñado para su instalación y operación bajo una faja transportadora. Abrirá o cerrará contactos de su interruptor cuando el transportador defleccione bajo carga.

Construcción:

La caja de control es de fierro fundido, con tapa y sello que proporciona una estructura a prueba de polvo y medio ambiente. Para requisitos a prueba de explosión, está montado un interruptor a prueba de explosión en el otro lado de la caja de control con el pistón interruptor extendiéndose a la caja.

Especificaciones:

Rodillo: 5" de diámetro x 1 - 1/2" ancho, con rodamiento de bolas lubricado de por vida.

Pista del rodillo: goma

Presión de contacto del rodillo: 1 lb. mínimo, 5 lb. máximo.

Brazo: 11-7/8" mínimo, 21-7/8" máximo de longitud, ajustable en incrementos de 1".

Cojinetes del eje: de bolas a prueba de polvo, lubricado de por vida.

Interruptor: a prueba de polvo y medio ambiente ó a prueba de explosión Clase I, Grupos C y D; Clase II Grupos E, F y G, un polo, doble impulso.

Potencia: 15 amp, 110, 220, ó 440 VAC.

1/2 amperaje en 125 VDC, 1/4 amperaje en 250 VDC.

Conección conduit : 1/2" NPT.

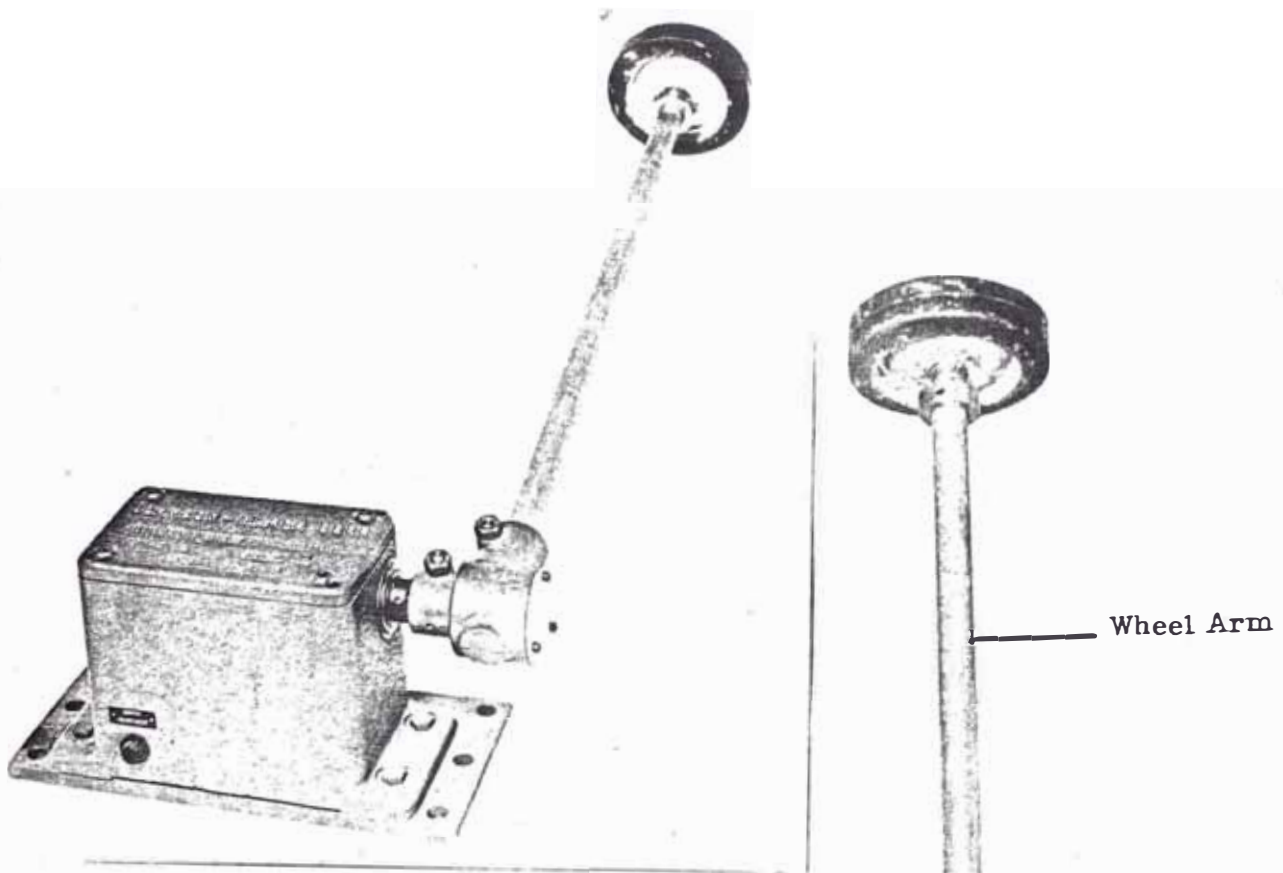
Deflexión mínima del transportador: 1/6".

#### Instalación:

Deberá ser montado a un costado del marco del transportador 63-03, más conveniente para su instalación y ajustes.

El brazo actuador se extiende bajo el transportador; el rodillo deberá ser colocado bajo la carga del transportador.

Existen dos ajustes simples preliminares que se deben realizar al momento de la instalación: el control de tensión del rodillo bajo el transportador y la sensibilidad del control para el grado de desviación de la faja bajo carga. El ajuste final del control para la acción deseada de "encendido" y apagado" se realiza externamente. El efecto verdadero es que la carga de la faja del transportador accionará el sistema de rociado por medio de la desviación de la misma, y el vaciado de la faja provocará que los pulverizadores se apaguen. Así el control automático positivo de la operación se realiza por el flujo de los materiales y se asegura la máxima eficiencia y economía.



Wheel Arm

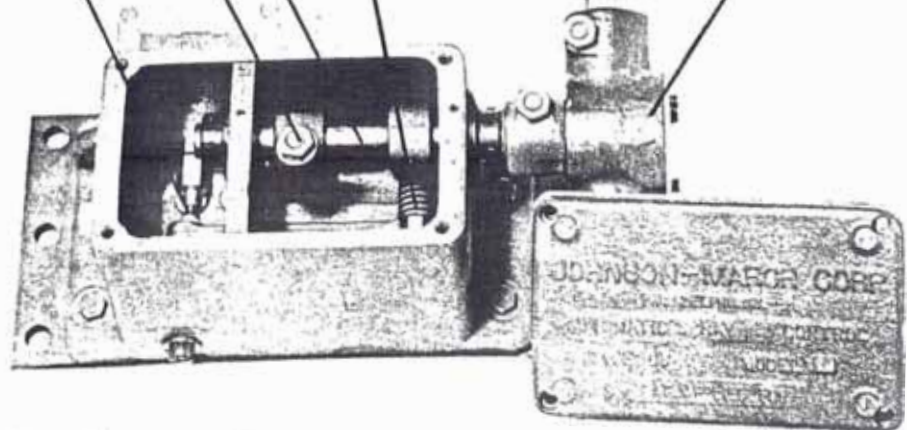
Switch Adjusting Screw

Ratio Arm Clamp Stud

Control Shaft

Spring Tension Nut

Wheel Arm Clamp  
Block Clamp Stud





CONTROL AUTOMATICO DE PULVERIZACION, MODELO 4A.

Este control está diseñado para su instalación y operación sobre una faja transportadora. Abrirá o cerrará contactos del interruptor cuando materiales de peso ligero están pasando sobre la faja transportadora, el cual desvía una lengüeta que está articulada con un eje que acciona el límite swicht.

Especificaciones:

Seguidor: goma

Brazo: 24 pulg. de largo

Deflexión máxima: 12 pulg.

Bocinas: lubricado de por vida

Interruptor: A prueba de explosión Clase I, grupos C y D,  
Clase II, grupos E, F, G, un polo.

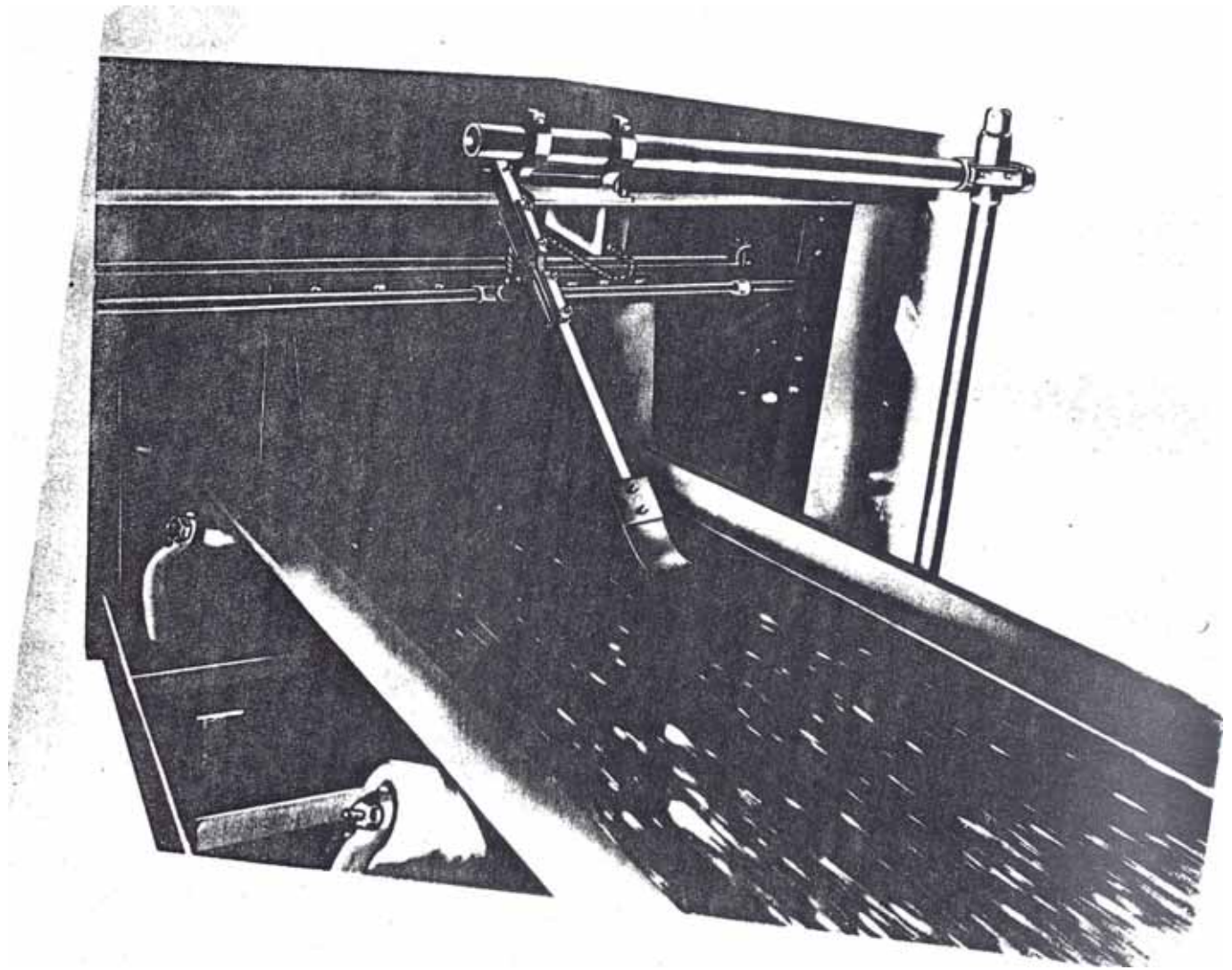
Potencia: 15 amp., 110, 220 ó 440 VAC,

1/2 amperaje en 125 VDC, 1/4 amperaje en 250 VDC.

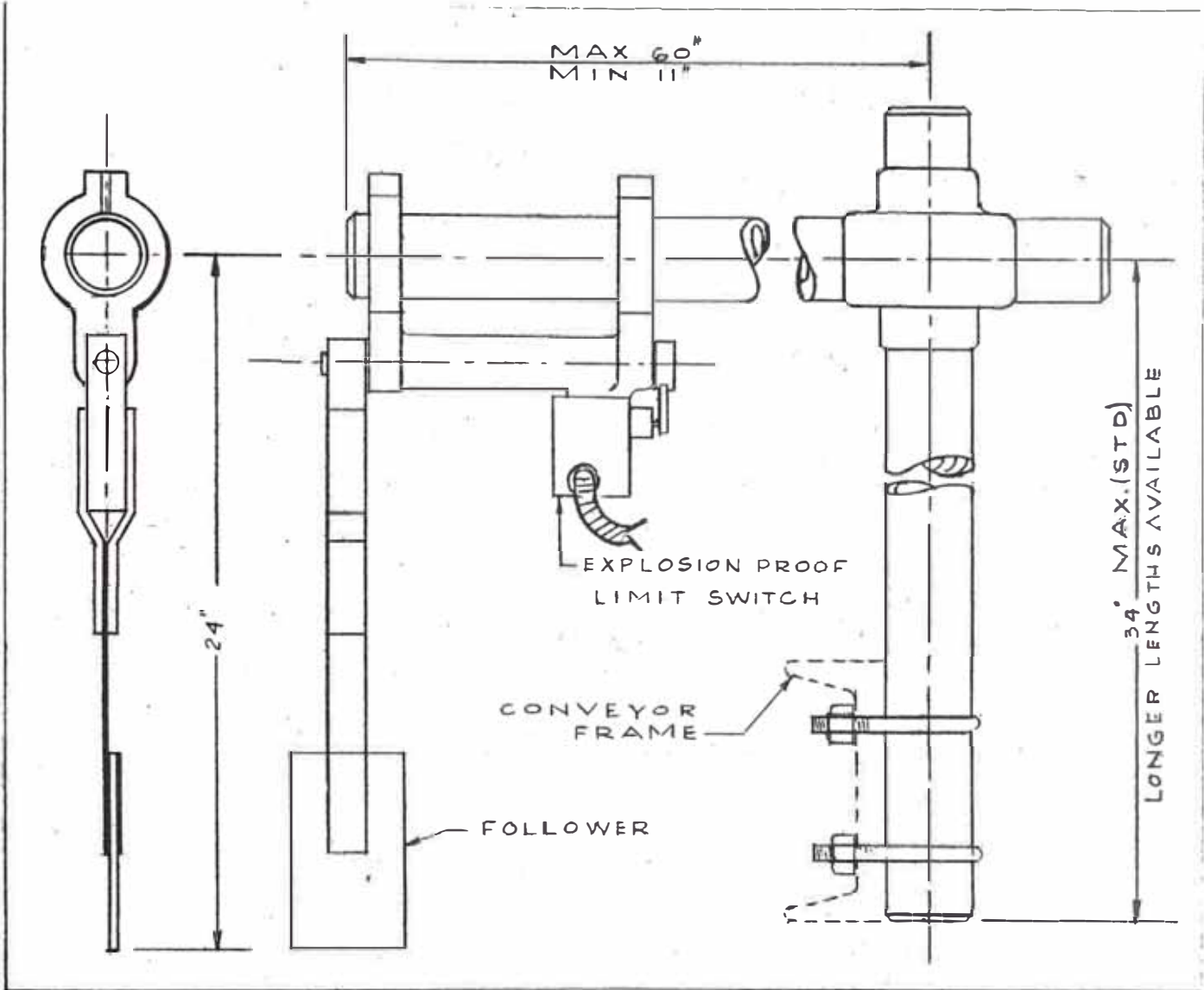
Conexión conduit : conduit: 1/2" N.P.T.

Instalación:

Está instalado sobre el transportador 63-03 ó alimentadores vibratorios. Una paleta movida por el flujo de material provoca que el interruptor límite, se abra o cierre. Cualquier movimiento que desvía el brazo tan poco como 1/16" accionará el interruptor. La unidad se puede ajustar para ancho y altura, los interruptores se suministran para circuitos NO ó NC.











## CAJA DE ROCIADO Y ENSAMBLAJE DEL COLADOR

La caja de rociado con su ensamblaje del colador está diseñado para proteger los pulverizadores contra fuentes de daño exterior. Un colador extra grande es incorporado teniendo un área aproximadamente 10 veces más que los proporcionados para toberas normales. La colocación de la caja de rociado posibilita una limpieza fácil sin sacar las toberas. El colador más grande también aumenta el período de operación en la limpieza (de días a semanas).

### Construcción:

La caja de rociado es de bronce fundido. El ensamblaje del colador consiste de tres piezas: un cabezal de bronce con asiento de anillo "O"; mango del colador de bronce, y colador de acero inoxidable.

### Especificaciones:

Caja: bronce fundido con 3/4 IPS para conexión del cabezal.

Inserciones: bronce fresado.

Colador: Acero inoxidable

    malla 20, abertura 0.038

    malla 50, abertura 0.011

Tamaño del filete para el pulverizador: 1/4", 3/8", 1/2" IPS

Capacidad máxima de flujo: 10 G.P.M.

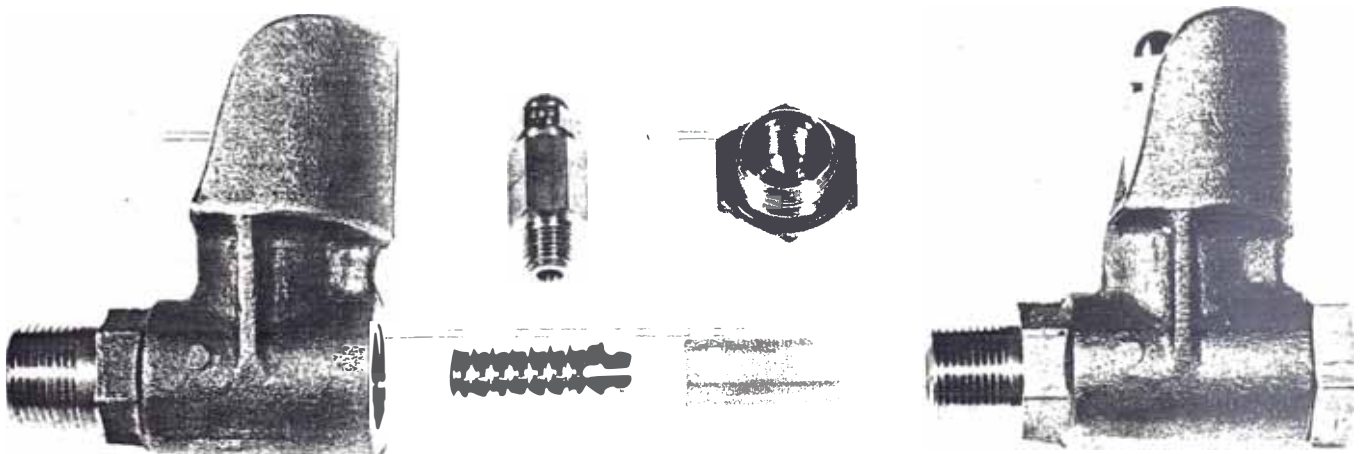
### Instalación:

La caja de rociado y unidad del colador modelo 75, se deberá instalar en forma múltiple de dos ó más unidades para formar las

cabezas pulverizadoras o de rociado. Constan de cabezales de 1-1/4" x 1-1/4" o más grandes, 'T' de 3/4" y niples de 1-1/4" ó más.

El espacio de los pulverizadores deberá ser entre 4" y 8" dependiendo del ancho de las fajas y tonelaje manejado.

Para mantener los pulverizadores es sólo necesario limpiar el colador sacando el cabezal completo con la manga del colador y el tamiz; jalar el colador de la manga para la limpieza y nuevamente montar.



SPRAY HOUSING AND STRAINER ASSEMBLY

## FILTROS CUNO ACCIONADOS POR MOTOR

El filtro Cuno de autolimpieza es un dispositivo mecánico fabricado con alto grado de exactitud.

Los dibujos muestran las partes esenciales de un filtro cuno por cartuchos de autolimpieza, tiene dimensiones exageradas para gran purificación. La abundancia de discos y espaciadores montados como se ilustra es cerrado en un extremo, el lado opuesto esta conectado a la descarga del filtro. Así todo fluido obligado a pasar por el filtro debe ir a través de los canales entre discos y espaciadores es rotado por medio del motor de accionamiento, los sólidos que estan alojados entre los discos son llevados alrededor de ellos hasta encontrar las hojas de limpieza, las cuales están fijadas en el vástago y armadas en posición para peinar positivamente el espacio de las caras de los filtros.

Los filtros que tienen cartuchos de diámetro 4.4" y 7.6" están diseñados de tal manera que las hojas de limpieza desgastadas se puedan cambiar fácilmente.

### Especificaciones:

CUNO FILTER TYG AUTO

CAT: N° 12338 - 14

INT: 32

SPACING: 0.008

MODEL: MSM

OPER PRES: 125

**MOTORREDUCTOR:**

SERIE: 9704-1

POTENCIA: 1/8 H.P.

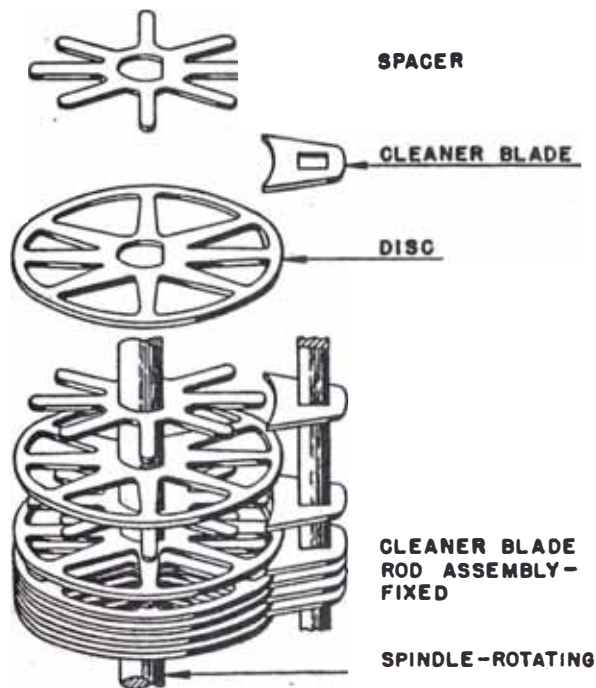
TENSION: 220 V.      AMP: 1.8

FRECUENCIA: 60 HZ, monofásico

R.P.M.: 23/19

**Instalación:**

Va instalado en la línea de suministro de agua. En el drenaje del filtro se instala una electroválvula que realiza la limpieza respectiva cada cierto tiempo. (2 veces cada 3 1/2 horas).



VALVULAS ELECTRICAS

Son válvulas que se utilizan en el control de flujo de agua.  
Van instaladas en las cajas de control de los pulverizadores.

Especificaciones:

Tipo: 18 A 43           MAGNATROL VALVE CORP.  
                                  HAWTHORNE NEW JERSEY U.S.A.

Voltaje: 220 V.

Potencia: 20 wátios

Presión: 110 P.S.I.

Serie: N° 194859



VALVULA REGULADORA DE PRESION

Se instala en la línea de suministro de agua inmediatamente después del CUNO FILTER.

ESPECIFICACIONES:

WATSON STYLE B

INITIAL VALVE:

REDUCED PRESURE: 20/70 P.S.I.

SERIAL: N° 88983

TRIM: S1D

## 6.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO ELECTRICO A INSTALAR

### a) MOTOR PARA BOMBA DE SOLUCION

Siete coronillas DIAZED, 25 amp. 500V, E-27, 5SH1 120-GA, SIEMENS.

- . Siete bases fusibles tipo DIAZED, 25 amp., 500V, E-27, 5SF102; SIEMENS.

Tres contactos de fondo para 16 Amp., 5SH3 14, SIEMENS

Cuatro contactos de fondo para 2 Amp., 5SH3 10, SIEMENS

- . Tres fusibles tipo DIAZED, 16 Amp., 500V, 5SB2 61, SIEMENS

Cuatro fusibles tipo DIAZED, 2 Amp., 500V, 5SB2 11, SIEMENS.

- . Un contactor 3TB4110-0AN1, bobina 440V., SIEMENS.

- . Un Contactor 3TH82 44-0A, 4NO + 4NC, bobina 220V., SIEMENS

- . Un relé térmico 3UA5000 - 1G, ajuste 4-6-3 amp., SIEMENS.

Botón para arranque y parada, SIEMENS

1 elemento de accionamiento 3SB1120-OAB20 (Negro)

1 elemento de accionamiento 3SB1120-OAC20 (Rojo)

2 elementos de maniobra 3SB1400 - 0A

Una lámpara de señalización 3SL1, montaje incorporado, 30 mm. de diámetro, portalámpara 3SY1057; caperuza 3SL1100, y lámpara B9S, 2.5W, 220V, SIEMENS.

- . Un interruptor térmico para mando tipo SG.1A, 1amp, 250V, SIEMENS.

### b) Sistema de bomba dosificadora de líquido Químico.

Ocho coronillas DIAZED, 25 amp. 500V, E-27, 5SH1120-6A, SIEMENS.

- . Ocho bases fusibles, tipo DIAZED, 25amp, 500V, E-27, 5SF102, SIEMENS.



Seis contactos de fondo para 4amp, 5SH311, SIEMENS

Dos contactos de fondo para 2amp, 5SH3 10, SIEMENS

. Dos fusibles tipo DIAZED, 10amp, 500V, 5SB251, SIEMENS.

Cuatro fusibles tipo DIAZED, 4amp, 500V, 5SB221,SIEMENS

Dos fusibles tipo DIAZED, 2amp, 500V, 5SB211,SIEMENS

Un contactor tipo 3TB4010-0AN1, bobina de 220V,SIEMENS.

Un contactor tipo 3TH8244-0A, 4NO + 4NC, bobina de 220V, SIEMENS

Un relé térmico 3UA5000-1G, ajuste 4-6.3 amp, SIEMENS.

. Un botón pulsador SIEMENS.

1 elemento de accionamiento 3SB1120-0AB20 (negro)

1 elemento de maniobra 3SB 1400-0A.

Una lámpara de señalización para nivel de líquido M-R, tipo 3SL1, para montaje incorporado, 30 mm de diámetro, portalámpara 3S Y 1057, caperuza 3SL1100, y lámpara B9S, 2.5W, 220v. SIEMENS.

. Sistema de control para nivel de líquidos (mín. y máx), marca ELPREX, 220v, y electrodos de aleación bronce-aluminio.

. Un transformador monofásico (T.1), tipo EJ 96/58, 4AM51-66-8AA, 250 V.A., 440/110 v, SIEMENS.

. Un interruptor térmico para mando, tipo SG.3A, 3amp, 250v, SIEMENS.

c) Sistema del CUNO FILTRO de autolimpieza

. Dos coronillas DIAZED, 25amp., 500v, E-27, 5SH1 120-6A, SIEMENS.

. Dos bases fusibles tipo DIAZED, 25amp, 500v, E-27,5SF102, SIEMENS.

. Dos contactos de fondo para 4 amp, 5SH311, SIEMENS.

- . Dos fusibles tipo DIAZED, 4amp, 500v, 5SB221,SIEMENS.
- . Un contactor 3TB 4010-OAN1, bobina 220V, SIEMENS.
- . Un relé térmico 3UA5000-1C, ajuste 1.6-2.5 amp,SIEMENS.
- . Un programador para limpieza del Filtro.

Tipo: 2700, AUTOMATIC TIMING y CONTROLS INC.

Voltios:230

HZ 60

SPEC : C27668-1

Rango : 1....5 horas.

- . Un actuador de válvula para el drenaje del filtro, proporcionado por JOHNSON MARCH CO.

d) Controladores de flujo del chorro químico.

- . 20 coronillas DIAZED, 25amp, 500v, E-27, 5SH1120-6A, SIEMENS.
- . 20 bases fusibles tipo DIAZED, 25amp, 500v, E-27,5SF102, SIEMENS.
- . 18 Contactos de fondo para susible de 2 amp., 5SH310, SIEMENS.
- . 2 Contactos de fondo para fusible de 4 amp., 5SH311, SIEMENS.
- . 18Fusibles tipo DIAZED, 2 amp., 500v, 5SB211, SIEMENS.
- . 9 Contactores 3TH82 44-EO, 4NO + 4NC, bobina de 60v, SIEMENS.
- . Un interruptor térmico para mando tipo SG.3A, 3amp., 250v SIEMENS.
- . 8 interruptores para control automático de pulverización, modelo 4A.
- . 1 interruptor para control automático de pulverización, modelo UB-5.
- . 9 interruptores para apagado y encendido individual de cada control, tipo 3SA 1418-A, 2NA + 2NC, en caja de metal liviano, botón rojo en forma de hongo 70 mm  $\phi$ , con enclavamiento y desenclavamiento por giro, con 2 perforaciones, SIEMENS.

- . 9 lámparas de señalización tipo 3SL1, montaje incorporado, 30 mm  $\phi$  , portalámpara 3SY1057, caperuza 3SL1100, y lámpara B9S, 2.5w, 220v, SIEMENS.

e) Mando para alimentadores vibratorios.

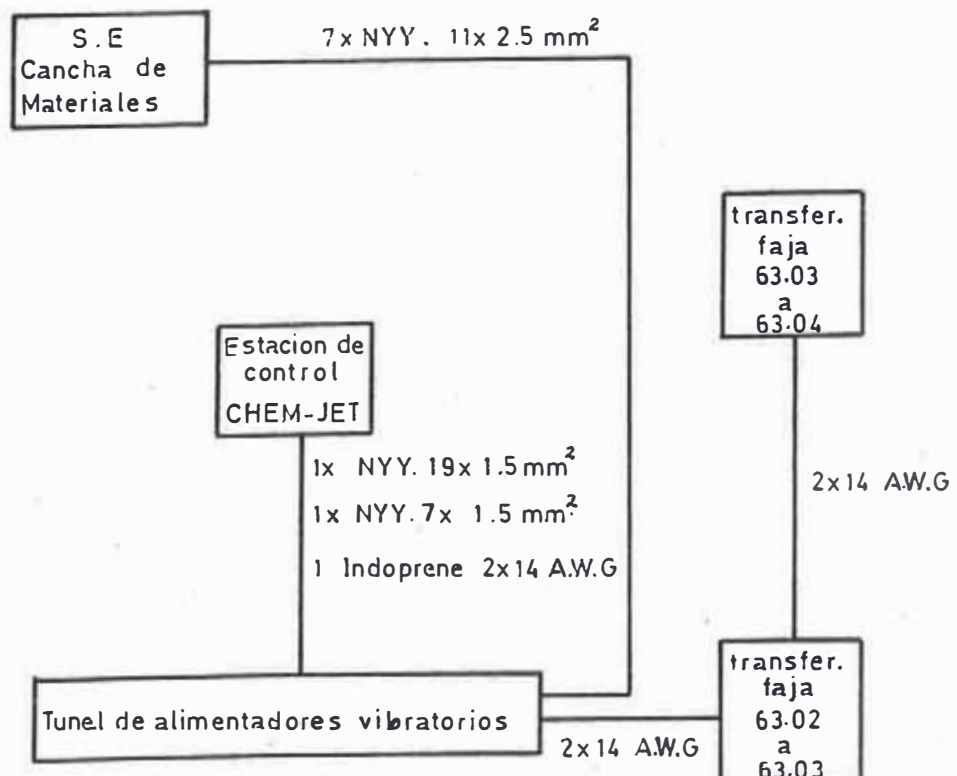
- . 7 pulsadores DES/EMERGENCIA, en caja de metal liviano, tipo 3SA1418-4, 2NA + 2NC, SIEMENS.

7 pulsadores con palanca giratoria, posiciones 0-1, SIEMENS.

Elemento de accionamiento: 3SB1120-3AB20, 30 mm  $\phi$   
 Elemento de maniobra 3SB1400-OA (1NA + 1 NC).

f) Cables eléctricos

- 100 mts. conductor unipolar rígido, N° 16 AWG.
- 12 mts. cable NYY, 4 x 2.5 mm<sup>2</sup>, 1000v.
- 12 mts. cable NYY, 3 x 1.5 mm<sup>2</sup>, 1000v.
- 45 mts. cable NYY, 19 x 1.5 mm<sup>2</sup>, 1000v.
- 45 mts. cable NYY, 7 x 1.5 mm<sup>2</sup>, 1000v.
- 300 mts. cable indoprene flexible 2 x 14 AWG.



## 7. ESTIMACION DE COSTOS

A continuación se detalla la relación de materiales, mano de obra, debidamente valorizados, que se necesitan para la realización del mencionado proyecto.

a) Materiales

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
1	Tubo de fierro galvanizado de 1" $\phi$	83 Pza.	97,915.9	8'127,025.30
2	Tubo de fierro galvanizado de 3/4" $\phi$	9 Pza.	36,355.9	327,203.70
3	Válvula obturadora DEZURIK, 3/4" $\phi$ de bronce.	23 Pza.	14,774.00	339,802.00
4	Válvula obturadora DEZURIK, 1" $\phi$ , de bronce	18 Pza.	70,370.00	1'266,660.00
5	Tubo conduit 1/2" $\phi$	20 Pza.	22,569.00	451,380.00
6	Tubo de fierro negro, 2" $\phi$	1 Pza.	127,070.00	127,070.00
7	Válvula check, 3/4" $\phi$	7 Pza.	18,950.00	132,650.00
8	Válvula check, 1" $\phi$	2 Pza.	26,200.00	52,400.00
9	Unión universal 1" $\phi$	8 Pza.	28,150.00	225,200.00
10	Unión universal 3/4" $\phi$	25 Pza.	19,400.00	485,000.00
11	Unión universal 1 1/4" $\phi$	12 Pza.	32,000.00	384,000.00
12	Unión TEE 3/4" $\phi$	14 Pza.	8,200.00	114,800.00
13	Unión TEE 1" $\phi$	26 Pza.	11,700.00	304,200.00
14	TEES 1 1/4" x 1 1/4" x 3/4"	30 Pza.	12,900.00	387,000.00
15	Codos 3/4" $\phi$ x 90 <sup>o</sup>	18 Pza.	5,000.00	90,000.00
16	Codos 1" $\phi$	14 Pza.	7,750.00	108,500.00
17	Uniones simples 1" $\phi$	30 Pza.	7,400.00	222,000.00
18	Codo con reducción 1 1/4" x 3/4"	12 Pza.	12,400.00	148,800.00

19	Coronillas DIAZED, 25 amp, 500V, E-27, 5SH1 120-6A	37 Pza.	2,348.6	86,898.20
20	Bases fusibles tipo DIAZED 25 amp, 500V, E-27, 5SF102	37 Pza.	2,666.00	98,642.00
21	Contactos de fondo para 2 amp. 5SH310	24 Pza.	2,000.00	48,000.00
22	Contacto de fondo para 4 amp. 5SH311	10 Pza.	3,500.00	35,000.00
23	Contactos de fondo para 16 amp. 5SH261	3 Pza.	4,500.00	13,500.00
24	Fusibles DIAZED, 2 amp, 500V, 5SB211	24 Pza.	3,100.00	74,400.00
25	Fusibles DIAZED 4 amp, 500V, 5SB221	10 Pza.	3,500.00	35,000.00
26	Fusibles DIAZED, 16amp. 500V, 5SB251	3 Pza.	6,000.00	18,000.00
27	Fusibles DIAZED, 10 amp. 500V, 5SB251	2 Pza.	4,000.00	8,000.00
28	Contactador 3TB4110-0AN1 440V, SIEMENS.	1 Pza.	125,500.00	125,500.00
29	Contactador 3TB4010-0AN1	2 Pza.	125,500.00	251,000.00
30	Contactador 3TH8244-E0 bob. 220V, SIEMENS	11 Pza.	125,500.00	1'380,500.00
31	Relé térmico 3UA5000-1G 4-6.3 amp. SIEMENS	2 Pza.	110,400.00	220,800.00
32	Relé térmico 3UA5000-1C	1 Pza.	80,600.00	80,600.00
33	Interruptor Modelo 4A, JOHNSON MARCH CO.	8 Pza.	1'903,200.00	15'225,600.00
34	Interruptor Modelo UB-5, JOHNSON MARCH CO.	1 Pza.	4'092,400.00	4'092,400.00
35	Boton Pulsador (Negro) 3SB1120-0AB20 Acción 3SB1400-0A Maniobra SIEMENS.	1 Pza.	50,000.00	50,000.00
36	Interruptor DES/EMERGENCIA, en caja de metal liviano tipo 3SA1418-4, SIEMENS.	16 Pza.	70,000.00	1'120,000.00
37	Interruptor de palanca giratoria 0-P ACCIONAM. 3SB1120-3AB20 MANIOBRA 3SB1400-0A	7 Pza.	70,000.00	490,000.00

38	Lámpara de señalización 2.5W, 220V, B9S, tipo: 3SL1 SIEMENS	10 Pza.	50,000.00	500,000.00
39	Sistema control de nivel de líquidos, 220V,	1 Pza.	136,217.00	136,217.00
40	Transformador monofásico tipo: EJ 96/58, 4AM51-66 8AA, 250VA, 440/110V, SIEMENS.	1 Pza.	154,000.00	154,000.00
41	Transformador trifásico tipo: UJ 114/62, 4N41-50- 3AA, 1KVA, 440/220V, 7.9% Vcc, SIEMENS.	1 Pza.	308,910.00	308,910.00
42	Control de flujo de agua Tipo: A, 3/4", serie 3613- 2.	9 Pza.	3'458,000.00	31'122,000.00
43	Succionador con indicador de nivel por señalización luminosa para el compuesto M-R.	1 Pza.	2'761,200.00	2'761,200.00
44	Bomba centrífuga de alta presión Modelo EX-40 Turbi- ne PUMP, 13.5 G.P.M., 150 PSI. con motor eléctrico de 3HP, 3500 r.p.m., 440V, 60HZ (JOHNSON MARCH CO.)	1 Pza.	31'200,000.00	31'200,000.00
45	Chem-Jector Proportioner Bomba y motor modelo 125-S, 1.5 G.P.M., 1,000 P.S.I., JOHNSON MARCH CO.	1 Pza.	7'826,000.00	7'826,000.00
46	Motor para CUNO FILTER serie 9704-1, 1/8 H.P., 220V, 60HZ, monofásico.	1 Pza.	12'147,200.00	12'147,200.00
47	Cabezas pulverizadoras de 55.8 G.P.H. tipo F.94 JOHNSON MARCH CO.	9 Pza.	176,800.00	1'591,200.00
48	Cabezas pulverizadoras de 18.6 G.P.H, tipo F.94 JOHNSON MARCH CO.	27 Pza.	176,800.00	4'773,600.00
49	Cabezas pulverizadoras de 11.8 G.P.H, tipo F.94 JOHNSON MARCH CO.	21 Pza.	176,800.00	3'712,800.00

50	Tablero metálico para control CHEM-JET.	1 Pza.	600,000.00	600,000.00
51	Conductor unipolar Nº 16 ANG	100 m .	1,250.00	125,000.00
52	Cable NYY, 4 x 2.5 mm <sup>2</sup> .	12 m.	4,175.00	50,100.00
53	Cable NYY, 3 x 1.5 mm <sup>2</sup> .	12 m.	3,430.00	41,160.00
54	Cable NYY, 19 x 1.5 mm <sup>2</sup> .	45 m.	8,452.00	380,340.00
55	Cable NYY, 7 x 1.5 mm <sup>2</sup> .	45 m.	6,000.00	270,000.00
56	Cable INDOPREME 2 x 14 AWG	300 m.	4,861.11	1'548,333.00

---

SUB TOTAL : 135'905,580.00

=====

b) Mano de obra y asesoramiento técnico (30 días)

1 Ingeniero electricista	2'200,000.00
1 Supervisor electricista	1'350,000.00
1 Oficial electricista	510,000.00
5 Ayudantes	<u>2'025,000.00</u>

SUB TOTAL: 6'085,000.00

TOTAL 141'990,580.00

El costo de instalación de la obra es de S/ 141'990,580.00 (precios Nov. 84).

El monto de instalación de la obra en US\$ es de 29,367.23



C O N C L U S I O N E S .

- a) El método de despolvorización por Chorro Químico, elimina la incomodidad del polvo creado en ésta área y en la comunidad. También elimina el peligro de accidentes debido a la pobre visibilidad alrededor del equipo de operaciones.
- Prolonga la vida del equipo como: transportadores, motores eléctricos, polines con rodamientos y equipos eléctricos de control.
- Reduce el tiempo y los costos del trabajo de mantenimiento.
- Permite cumplir con las regulaciones de seguridad evitando la contaminación ambiental de acuerdo con las leyes vigentes.
- En nuestro medio, el código de minería establece normas en resguardo de la salud de los trabajadores de esta actividad en lo referente a emisiones de gases y polvos. El ITINTEC, no ha emitido normas para la contaminación que producen las fábricas de cemento; pero como referencia indicamos a continuación las principales disposiciones acerca de las emisiones de polvo en distintos países.

#### Los Estados Unidos de Norteamérica

El 31.1.72, entraron en vigor las normas para los caudales normalizados en las fábricas Estadounidenses de Cemento ('Comisión para la protección del ambiente. Normalización de las realizaciones de instalaciones estacionarias productoras de polvo, Registro Federal, tomo 36, N° 247, parte II, 23 Diciembre 1971, D.C. Washington').

Las disposiciones son aplicables a los siguientes dispositivos de las fábricas de cemento:

Hornos: Un máximo de 0.15 kg. por tonelada de material de alimentación del horno. La emisión visible no debe alcanzar más del 10% de oscuridad ('N 0.5 de la escala de RINGELMANN').

Enfriador de Clinker: Un máximo de 0.05 Kg. por tonelada de alimentación del horno, la emisión visible del enfriador no debe ser mayor que el 10% de oscuridad ('Nº 0.5 de la escala de RINGELMANN').

De todo el resto de las instalaciones de fábrica no se permiten emisiones visibles.

#### República Federal Alemana

La Instrucción Técnica para el mantenimiento de la limpieza del aire, del 28 de agosto de 1974 y la ley de protección para la ausencia de emisiones de la República Federal Alemana, contienen una serie de valores límite de emisiones para diferentes instalaciones industriales. Para la industria del cemento se han establecido los siguientes:

Para instalaciones que no están dotadas de filtros electrostáticos:  $75 \text{ mg/m}^3$ .

Para instalaciones normalmente equipadas con despolvadores electrostáticos como hornos, enfriadores de clinker:  $120 \text{ mg/m}^3$ .

En instalaciones en que la separación es difícil a causa de una resistencia eléctrica considerablemente alta del polvo,

mientras se utilicen separadores electrostáticos:  $150 \text{ mg/m}^3$ .

#### República Democrática Alemana

En la utilización de separadores eléctricos de polvo para hornos de cemento, son válidas las regulaciones siguientes: para un contenido de polvo en los gases brutos, de  $10 \text{ g/m}^3 \text{ N}$ , el gas depurado no puede contener más de  $1000 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ .

#### Checoslovaquia

Como máximo, la emisión de polvo permisible en el entorno de una fábrica de cemento es de  $150 \text{ t/Km}^2$  año, es decir  $410 \text{ mg/m}^2$ .  
24h.

#### Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

Para hornos de cemento con depuración por filtros electrostáticos, el máximo permitido de polvo en los gases depurados es de  $90 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ , de gas residual del horno.

- b) Cuando el material (piedra caliza) se traslada de la cantera a fábrica para su almacenamiento, la manipulación del mismo, en el sistema de descarga origina gran cantidad de polvo, el cual al no ser recuperado merma la cubicación de la cantidad de material enviado.

Para hacer un análisis de la cantidad de material no recuperable en polvo, originado por desmenuzamiento de trituración primaria; se realizó la siguiente prueba:

Se denominó material fino a los de tamaño menor ó igual a  $1 \text{ mm}$ ,

y se tomaron 20 muestras del material fino, de diferentes puntos opuestos en la zona de almacenamiento de caliza y considerando un determinado peso para pasarlo por la malla N°70 (0.2mm) en donde aproximadamente atravieza el 75% del material, luego se tomaron muestras de 5,000 gr. cada una para someterlas a una velocidad de viento (10 a 15 Km/h) en la parte alta del puente de descarga, punto de mayor pérdida de polvo, obteniéndose los siguientes resultados promedios.

Peso de finos de caliza (muestras):	5,000 gr.	
Peso de caliza recuperable:	3,827.5 gr.	
Peso de caliza no recuperable (polvo):	1,172.5gr	23.45%

Aplicando este resultado al cuadro de control de piedra caliza en la cancha de materiales (año 1,984) obtenemos lo siguiente:

CONTROL DE CALIZA CANCHA DE MATERIALES - 1984

	INGRESO TOTAL DE CALIZA POR MES	PIEDRA			FINOS							VIAJES/DIA NO RECUPERA- BLES.	VIAJES/MES NO RECUPERA- BLES.
		% CaCO <sub>3</sub>	% Peso	T. M.	% CaCO <sub>3</sub>	% Peso	T. M.	75% FINOS MALLA N°70 (T. M.)	23.45% FINOS NO RECUPERA- BLE (T. M.)	% NO RECUPERA- BLE DEL IN- GRESO TOTA			
ENERO	44,908.0	86.7	64.0	28,741	69.1	36.0	16,167.0	12,125.0	2,843.0	6.33	3	72	
FEBRERO	60,228.0	89.3	65.7	39,570	68.9	34.3	20,658.0	15,494.0	3,633.0	6.03	3	72	
MARZO	70,178.0	89.8	58.2	40,844	66.6	41.8	29,334.0	22,001.0	5,159.0	7.35	5	120	
JUNIO	50,103.0	86.7	54.0	27,056	67.8	46.0	23,047.0	17,285.0	4,053.0	8.00	4	96	
JULIO	73,948.0	87.8	46.8	34,608	72.6	53.2	39,340.0	29,505.0	6,919.0	9.3	6	144	
AGOSTO	83,096.0	90.4	44.0	36,562	71.5	56.0	46,534.0	34,901.0	8,184.0	9.8	7	168	
SETIEBRE	67,886.0	90.4	50.5	34,282	71.8	49.5	33,604.0	25,203.0	5,910.0	8.7	5	120	
OCTUBRE	67,194.0	88.8	50.5	33,933	69.0	49.5	33,261.0	24,946.0	5,850.0	8.7	5	120	
NOVIEMBRE	36,679.0	91.7	51.1	18,743	77.8	48.9	17,936.0	13,452.0	3,154.0	8.6	3	72	

Realizando una interpretación de los resultados, se concluye que el porcentaje promedio no recuperable (polvo) del ingreso total de piedra caliza, es del orden de 8% y que el número de viajes de trailers por mes que se pierde en polvo no recuperable es de 72 a 168 viajes/mes.

El método de despolvorización por chorro químico, teóricamente tiene una eficiencia en confinar el polvo, mayor del 90%; pero si solo consideramos una eficiencia del 60%, se estará recuperando de 43 a 100 viajes/mes.

Una tonelada de material puesto en fábrica representa un gasto aproximado de \$ 1.2 (dólares) y considerando que cada vehículo por viaje traslada un peso promedio de 45 T.M., el costo total por viaje será de \$ 54.00, entonces estaríamos recuperando de \$ 2,322.00 a 5,400.00 por mes, que en moneda nacional representa de S/ 11'610,000.00 a 27'000,000.00; lo que justifica la inversión en este sistema de despolvorización.

- c) Los componentes básicos del método despolvorizador consumen una mínima cantidad de energía (3.5 Kw.) con relación a los diferentes métodos existentes.
- d) El método de supresión de polvo por chorro químico, se usa también para polvos liberados de carbón, clinker. También soluciona problemas que se presentan en fundiciones, fábricas químicas, plantas de energía, fábrica de vidrios, cerámicas, asfaltos, fertilizantes, coke, yeso, plantas sedimentadoras de hierro y otros.

## B I B L I O G R A F I A

- MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO  
Autor: John H. Perry, PH.D
- FLOW OF FLUIDS, THROUGH VALVES, FITTINGS ON PIPE  
Crane.
- LA MECANICA DE LOS FLUIDOS  
Autor: Irving H. Shames
- MANUAL PRACTICO DE CALCULOS DE INGENIERIA  
Autor: Tyler G. Hicks
- MANUAL TECNOLOGICO DEL CEMENTO  
Autor: Ing. Walter H. Duda
- MANUAL PRACTICO PARA INGENIEROS ELECTRICISTAS  
Autor: FIND.
- DUST CONTROL ENGINEERS  
The Johnson March Co.
- CODIGO ELECTRICO DEL PERU.
- DISEÑO DE CONTROLES INDUSTRIALES.  
(Seminario A.E.P)  
Autor: t. Centeno de la Cruz.