

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## “ Diseño de una Máquina Arenadora para Pequeñas Piezas ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO MECANICO**

**CARLOMAN MEDINA PERALTA**

PROMOCION: 1990 - I

**LIMA . PERU . 1992**

# INDICE

	Pág.
CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
PRINCIPIOS BASICOS DEL ARENADO	9
2.1 CORROSION Y FINALIDAD DEL ARENADO	10
2.1.1 Corrosión en Piezas metálicas según la forma y medio	10
2.1.2 Requerimientos del Proceso de Granallado	
2.1.3 Normas de Granallado Arenado	
2.1.4 Preparación de Superficies	
2.2 CLASIFICACION DE MAQUINAS ARENADORAS- GRANALLADORAS	
2.2.1 Granallado en medio Seco	
2.2.1.1 Sistema de Granallado por Vacío	
2.2.1.2 Sistema de Granallado por Presión	36
2.2.2 Granallado en medio líquido	39
2.2.2.1 Sistema de granallado por succión	40
2.2.2.2 Sistema de granallado por Bomba de impulsión	41

	Pág.
2.3 SELECCION DE MAQUINAS GRANALLADORAS	44
2.4 COMPONENTES DE UNA MAQUINAS GRANALLADORA	46
2.4.1 Cabina de Granallado Arenado	46
2.4.2 Control Neumático	48
2.4.3 Sistema de Proyección de Abrasivos	48
2.4.4 Sistema de recuperación de Abrasivos y Filtrado	49
2.5 COMPONENTES DE UNA INSTALACION DE ARENADO- GRANALLADO	50
2.6 ABRASIVOS PARA GRANALLADO	54
2.6.1 Clasificación de Abrasivos de mayor utilización	60
2.7 EFICIENCIAS	
<b>CAPITULO III</b>	
<b>DISEÑO DE LA MAQUINA ARENADORA</b>	<b>78</b>
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES	79
3.2 DISEÑOS	83
3.2.1 Diseño de la Tolva y Cabina de Granallado	83

3.2.2	Cálculo y Diseño de la Cabina de Granallado	89
3.2.2.1	Cálculo del espesor de la Plancha de la Cabina de Granallado y Tolva	92
3.2.3	Diseño del Dosificador de Arena a la Línea de aire	95
3.2.4	Requerimientos de aire comprimido en chorro de arena	98
3.2.5	Cálculo del caudal de succión y abastecimiento de aire	99
3.2.6	Cálculo y Selección de la Potencia del Compresor	104
3.2.7	Selección de la Boquilla de Proyección de Arena	108
3.2.7.1	Desgaste de la Boquilla de Proyección de arena	114
3.2.8	Selección de Mangueras de aire comprimido	126
3.2.9	Selección de Mangueras de Abrasivos	127
3.2.10	Cálculo y Diseño de la cámara separador Polvo-Aire	128
3.2.11	Selección de Elementos Filtrantes	131

	Pág.
3.2.12 Cálculo del Sistema de Extracción y Filtrado	134
3.2.13 Cálculo de Renovación del aire	135
3.2.14 Diseño del mecanismo para sacudir las mangas	140
3.2.15 Cálculo y Selección del Extractor de aire	144
3.2.16 Potencia instalada	145
3.2.17 Selección de la Válvula	146
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>MONTAJE OPERACION Y MANTENIMIENTO</b>	<b>148</b>
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	149
4.2 MAQUINAS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA MAQUINA GRANALLADORA	150
4.3 PROCESO DE MONTAJE	152
4.4 OPERACION Y PUESTA EN MARCHA	155
4.4.1 Secuencia de Puesta en Marcha	157
4.5 MANTENIMIENTO	158

Pág.

4.5.1 Arranque y Mantenimiento del Compresor	158
4.5.2 Mantenimiento de la Máquina y Accesorios	161
<b>CAPITULO V</b>	
<b>ANALISIS DE COSTOS</b>	<b>168</b>
5.1 RUBROS ECONOMICOS	169
5.1.1 Costos de Materiales	170
5.1.2 Costo de Compresor y Extractor	174
5.1.3 Costo de Otros Materiales	175
5.1.4 Costo de Accesorios	176
5.1.5 Costo de Fabricación e Ingeniería	177
5.2 COSTO TOTAL DE MAQUINA ARENADORA	178
5.3. COSTO DE MAQUINA ARENADORA EN OTRO PAIS	179
5.4 RECUPERACION DE LA INVERSION DE LA MAQUINA ARENADORA	179
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>182</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>185</b>

## APENDICE

187

## OTRO SISTEMA DE SEPARACION DE AIRE-POLVO

- DISEÑO DEL CICLON
- CICLONES DE BAJA EFICIENCIA
- CICLONES DE ALTA EFICIENCIA
- SELECCION DEL CICLON
- TABLAS

## PLANOS

194

\*\*\* \*\*

CAPITULO I

**INTRODUCCION**



El arenado-granallado constituye un proceso secundario de fabricación en el cual un flujo de partículas se proyecta a una velocidad adecuada hacia la superficie a tratar. El resultado es la abrasión, el golpeteo, efecto que modifica la condición superficial del elemento procesado.

El sistema de arenado, es entonces, un método que sirve para sacar y remover capas de óxido, cascarillas de laminación, en piezas de fundición, moldes de inyección y muchos otros. Para tales fines se utilizan "abrasivos" (arena, granalla metálica esférica y angular, óxido de aluminio, carburo de silicio, cuarzo, microesfera de vidrio, etc.)

Existen dos métodos comercialmente difundidos para la impulsión del flujo de partículas abrasivas: Uno de ellos utiliza una turbina, que impulsa el abrasivo a alta velocidad mediante una combinación de fuerzas radial y tangencial, y el otro mediante un aire comprimido como medio de transporte e impulsión del flujo abrasivo .

El primer método sólo utiliza como abrasivo granalla metálica, para instalaciones fijas y de alta capacidad de producción; mientras tanto que el segundo es adecuado tanto en obra (cielo abierto) como en instalaciones circuito cerrado usando cuartos o cabinas y emplea toda la gama de abrasivos existentes.

Las cabinas de granallado por proyección neumática son equipos que permiten ejecutar tratamientos de limpieza y remoción o de terminación superficial sin contaminar el ambiente de trabajo con el polvo, producto de la operación o el abrasivo de trabajo. Este se emplea en un circuito cerrado dentro de una cámara hermética, haciendo muy económica la operación por la sencillez de la misma y por el rendimiento del abrasivo obteniéndose consumos mínimos de éstos, se traduce entonces en ventaja para el caso de abrasivos costosos tales como óxido de aluminio o carburo de silicio.

La reutilización del abrasivo se efectúa seleccionándolo por peso y separación del polvo mediante el sistema de recuperación, constituido por un separador, ventilador centrífugo y filtro de polvo.

El aire circulante en él, vuelve el medio de trabajo totalmente filtrado.

Estas cabinas son empleadas para el granallado de piezas pequeñas y medianas. Normalmente los modelos de fabricación standard son útiles para dimensiones hasta los 1.50 metros, pero dependiendo de la conformación de la pieza a tratar, puede tratarse elementos de mucho mayor tamaño en cabinas especiales.

Las limitaciones en cuanto tamaño máximo de la pieza está dada por el alcance del operario a través de la quantera; y cuando el tamaño de la pieza supera este

alcance y no se pueda girar la pieza alrededor de su eje de simetría, se debe recurrir a los cuartos de granallado en los cuales el operario trabaja dentro del mismo.

En consecuencia, por las razones que se exponen en el presente proyecto tiene como principal objetivo la de establecer los parámetros necesarios y realizar el diseño adecuado, consistente, versátil y de fácil operatividad mediante una metodología de arenado.

El concepto de "Granallado" abarca una amplísima gama de utilización de piezas, superficies y resultados de superficies excelentes no sólo con el elemento abrasivo arena; sino, con otros abrasivos existentes.

La utilización del granallado se justifica porque es irremplazable en la mayoría de casos debido a la gran variedad de propósitos y alcances que tiene y sobre todo aún más tiene mayor difusión en la preparación de superficies para aplicaciones posteriores de pintura, obteniéndose con este sistema mejor acabado y el mejor anclaje para el sistema de pintura a aplicar (Patrón de anclaje que recomiendan los fabricantes de pintura de alta calidad).

En la industria del metal este proceso es de gran utilidad, por las razones siguientes:

1. Granallado de componentes electrónicos en un proceso de gran precisión y sometido a riguroso control.
2. El arenado del casco de un barco sometido a pautas normativas y controles mediante una tarea a cielo abierto con elevados rendimientos .
3. El arenado en el caso más general para eliminar herrumbre, cascarillas de laminación, restos de pintura obsoleta y preparar la superficie adecuadamente para recibir las nuevas capas de revestimiento protector.
4. Se utiliza también para obtener terminaciones superficiales decorativas, principalmente en acero inoxidable, bronce y aluminio.
5. Para realizar limpieza y remoción en elementos tales como matrices de extrusión y soplado de plásticos y vulcanizado.
6. Rebarbados en piezas de fundición o inyección, mediante partículas muy abrasivas.
7. Microbarbados en pequeños componentes mediante partículas de grano fino.
8. Texturado de matrices de inyección de plástico, bronce, zamac, etc.

9. Limpieza y eliminación de sales de tratamientos térmicos y decoloración producidas en partes endurecidas o aceros de alta dureza.
10. Tratamiento superficial manteniendo estrictas tolerancias dimensionales (mínima abrasividad).
11. Preparación de superficies otorgando muy bajas rugosidades para tratamientos galvánicos, es decir, niquelados, cromados, anodizados, plateados, cromoduro, etc.
12. Terminaciones antireflectivas para instrumento, tableros, limpiaparabrisas, etc.
13. Graneados microscópicos para retener lubricantes o desmoldantes.
14. Obtención de rugosidades específicas para diferenciar áreas de deslizamiento o retención.
15. De contaminación radioactiva en elementos de reactores o centrales nucleares.
16. Tratamiento de shot peening para incrementar la resistencia a la fatiga en partes críticas de turbinas, motores a reacción, resortes, etc.
17. Modelado de chapas delgadas de aluminio para la industria aeronaval.

18. Y, además infinidad de procesos que encuentran en el granallado la solución compatible a un determinado problema productivo y su aplicación para la industria general.

Por consiguiente, la enumeración anterior por sí misma demuestra la amplitud de utilización de las tareas de granallado y además que distante está de ceñirse a la denominación tan generalizada de "arenado".

El sistema de proyección de abrasivos a utilizar en el presente trabajo es el de la cabina de arenado por aire comprimido seco por el sistema de vacío por succión, tipo estacionario por razones aplicables a instalaciones fijas y montadas en forma permanente a los sistemas de recuperación y selección del abrasivo.

Cuando el arenado-granallado seco por aire comprimido es permanente se justifica la instalación de un cuarto o cabina de granallado en el cual se encierra la pieza a tratar y el operador queda fuera del ambiente creado por la acción de granallado.

Estos cuartos o cabinas reemplazan a las instalaciones insalubres y precarias, haciendo a la operación apta para compartir espacios y tiempos productivos. No sólo la de disponer la operación dentro de la planta fabril; sino de poder integrarlo a una línea de producción.

En cuanto a los alcances de los equipos de arenado-granallado se define de acuerdo al tipo o la técnica de granallado (seco en medio líquido); para nuestro estudio se ha escogido el tipo de granallado seco; en función a la capacidad de producción, sistema por vacío y por presión y abrasivos a utilizar arena y finalmente, tamaño de la pieza a procesar define la instalación de granallado ya sea por cabinas o cuartos de granallado (para el proyecto se ha seleccionado cabina de granallado).

El granallado por medio líquido es limitado y los alcances están referidos al arenado con una mínima abrasividad y para el tratamiento de piezas contaminadas con aceites o grasas.

Mientras que las máquinas de granallado seco tienen una amplia gama de aplicación y son insustituibles, por otros métodos, quedando los sistemas de vacío sólo para tareas ocasionales.

CAPITULO II

PRINCIPIOS BASICOS DEL

ARENADO



## 2.1 CORROSION Y FINALIDAD DEL ARENADO

Todos los metales sometidos en contacto con el medio ambiente exterior sufren el proceso de corrosión y este fenómeno se puede desacelerar sólo haciendo un mantenimiento adecuado y en su debida oportunidad para evitar el desgaste prematuro de las piezas. Los equipos de arenado para este caso, son de gran utilidad.

### 2.1.1 CORROSION EN PIEZAS METALICAS

Se denomina corrosión al deterioro que presentan los materiales por la acción del medio al que están expuestos.

Sin recurrir a medios externos sino considerando sólo la atmósfera, se encuentra que la mayoría de los metales en contacto con medio ambiente forman un sistema termodinámico inestable, con la única excepción de los metales nobles (oro, platino, etc.), todos los metales en contacto con el aire reaccionan y se transforman en óxidos; en algunos casos (Al, Cr, Mg, etc.) tal transformación en óxido implica una merma muy grande de energía libre. Así de acuerdo con la termodinámica "Los metales no se podrían usar en una atmósfera como terrestre". Por fortuna aunque la termodinámica indique la

posibilidad de una determinada reacción, no dice nada acerca de la velocidad a que va a ocurrir. Es precisamente el hecho de que ciertas velocidades de reacción son lentas, lo que permite utilizar metales en la vida diaria.

Desde el punto de vista cinético se puede decir "todos los metales pueden ser empleados siempre que su velocidad de deterioro sea aceptablemente baja".

Los procesos de corrosión se pueden clasificar de 2 maneras:

- A. Según el medio; es decir cuando se desea determinar los mecanismos de ataque.
- B. Según la forma; esto es para evaluar los daños producidos por la corrosión.

#### CLASIFICACION DE CORROSION SEGUN EL MEDIO

##### a) Corrosión química

Cuando el metal reacciona con un medio no iónico (Ejem. oxidación en aire a alta temperatura, reacción con una solución de yodo en tetracloruro de carbono, etc.)

##### b) Corrosión electroquímica

Considerando desde el punto de vista de la participación de iones metálicos, todos los procesos de corrosión son electroquímicos.

Sin embargo es usual designar corrosión electroquímica a la que implica un transporte simultáneo de electricidad a través de un electrólito; Ejem. corrosión en solución salina y agua de mar, corrosión atmosférica, corrosión en suelos, etc.

#### CLASIFICACION DE CORROSION SEGUN LA FORMA

##### a) Corrosión uniforme

Es la forma más benigna de corrosión. El ataque se extiende en forma homogénea sobre toda la superficie metálica, y su penetración media es igual en todos los puntos. Un ataque de este tipo permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales expuestos en él.

##### b) Corrosión en placas

Abarca los casos intermedios entre corrosión uniforme y localizada. En este caso el ataque se extiende más en algunas

zonas, pero presenta aún como ataque general.

c) Corrosión por picado

Este tipo de ataque así como el intergranular y el fisurante, son las formas más peligrosas en que puede presentarse la corrosión.

Se presenta como un ataque muy intenso en áreas del orden de un  $m^2$ . en tanto que el resto del metal permanece pasivo.

La velocidad de ataque en la picadura puede ser de 30,000 a un millón de veces mayor que el resto de la superficie. Se ha observado, dentro de las picaduras, densidades de corriente de 0.1 a 10  $A/cm^2$ , en tanto que la superficie pasiva, en el exterior de la picadura, la densidad de la corriente es del orden de  $10^{-6}$   $A/cm^2$ .

Para que ocurra el picado es necesario que el medio corrosivo contenga ciertos aniones que suelen calificarse de "Agresivos" (como los cloruros por su amplia distribución en la naturaleza, los bromuros, yoduros, percloratos, etc.) y de igual manera una de las características muy importantes es la existencia de un potencial de picado que esta

ligado también a la aparición de una oxidificación localizada; (Ejem. picado de cañerías de acero en agua potable, picado de Al en cloruros, acero inoxidable, y otros)

d) Corrosión fisurante

Corrosión bajo tensión, se presenta cuando un metal esta sometido a la acción de un medio corrosivo y a tensiones mecánicas de tracción. Se forman fisuras que pueden ser transgranuladoras o intergranuladoras y que se propagan hacia el interior del metal hasta que las tensiones del metal se fracturan.

### 2.1.2 REQUERIMIENTO DEL PROCESO DE GRANALLADO

El requerimiento del proceso de granallado en la industria metal mecánica es de primera necesidad . Siendo uno de los métodos o procedimientos más adecuados para realizar trabajos de desoxidación y limpieza de las superficies metálicas corroídas o que están en proceso de corrosión.

La ventaja que presenta el proceso de granallado en la industria es por la seguridad y salubridad que brinda proveniente la protección y durabilidad de las máquinas o

piezas metálicas de gran precisión a que están destinadas.

En la industria en particular en los astilleros, donde es más frecuente su aplicación. Tal es el caso que se emplea para arenar el casco de los barcos cada cierto tiempo dentro de un dique seco (limpieza o mantenimiento que se efectúa para sacar los sales alcalinos del agua de mar, preveniendo la corrosión) y para realizar el acabado de piezas después de la fabricación.

Por tanto su uso es indispensable para la industria en general.

### 2.1.3 NORMAS DE GRANALLADO - ARENADO

En la aplicación de pinturas anticorrosivas sobre superficies de aceros al carbono, es de suma importancia el grado de preparación de la misma antes de la aplicación de la pintura.

Este grado de preparación depende de la exigencia a la cual será sometido el material y del sistema de pintura adoptado.

Generalmente el fabricante de pintura indica en la ficha técnica de cada producto el grado de preparación necesario y la vida útil a obtener

mediante dichos parámetros para distintos pedidos.

Los grados de preparación de superficies han sido normalizados por el Instituto Sueco de Corrosión en la Norma SIS 05 59 00 y el Steel Structures Painting Council de EE.UU. en la Norma SSFC Vis 1 existiendo una correspondencia entre ambas.

Así según SIS 05 59 00 determina cuatro grados o normas de preparación por granallado - arenado:

- Sa 1: GRANALLADO RAPIDO

Se remueve las partículas y capas de óxidos sueltos.

- Sa 2: GRANALLADO COMERCIAL

Se remueve casi toda la capa de laminación y el óxido.

- Sa 2 1/2: GRANALLADO CERCANO AL METAL  
BLANCO

La remoción de la cascarilla de laminación, óxido y partículas extrañas se realiza de forma que en la superficie sólo aparezcan manchas ligeras o rayas.

- Sa 3: GRANALLADO A METAL BLANCO

Se remueve toda la cascarilla de laminación, la capa de óxido y las partículas extrañas, presentando la superficie un color metálico uniforme.

La norma se completa con la definición de cuatro grados de oxidación a saber:

- A- Superficie de acero con capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.
- B- Superficie de acero con principio de corrosión y en la que la capa de laminación comienza a despegarse.
- C- La capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o puede ser eliminada por raspado pero no presenta cavidades visibles en grandes cantidades.
- D- La capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado cavidades visibles en toda la superficie.

La forma de utilización de la norma es la de comparación de la superficie:

1. Previo al trabajo de granallado-arenado con las cuatro indicaciones (A, B, C y D) con respecto al grado de oxidación.



2. Posteriormente al granallado-arenado con las ilustraciones correspondientes al grado de preparación (Sa 1, Sa 2, Sa 2 1/2 y Sa 3).

Así para el grado de oxidación (A), serán:

ASA 1, ASA 2, ASA 2 1/2 y ASA 3

Para el grado de oxidación (B), serán:

BSa 1, BSa 2, BSa 2 1/2 y BSa 3

Para el grado de oxidación (C) y (D), serán también:

DSa 1, DSa 2, DSa 2 1/2 y DSa 3 . CSa 1, CSa 2, CSa 2 1/2 y CSa 3 respectivamente.

En la práctica el grado de preparación más utilizado es el Sa 2 1/2: debido a que provee un anclaje suficiente para la pintura (en la utilización más general), sin llegar a una terminación Sa 3 que es la más completa, pero al mismo tiempo la más costosa.

Otra forma de realizar la comparación del grado de granallado deseado es efectuar probetas del mismo material a procesar, con el abrasivo y condiciones de trabajo similares a las de obra y una vez medidas y aprobadas, realizar durante el trabajo todas las comparaciones con dichas probetas.

Este método se usa debido a que el color y aspecto que toma la superficie una vez

granallada dependerá del abrasivo usado y del acero a granallar.

La equivalencia entre normas mencionadas se puede obtener en la tabla adjunta.

#### EQUIVALENCIAS ENTRE NORMAS SIS Y SSPC

GRADOS DE PREPARACION POR GRANALLADO	
SSPC - VIS 1 EE.UU.	I.SUECO SIS 05 59 00
SSPC - SP5	ASA 3, BSa 3, CSa 3, DSa 3
SSPC - SP10	ASA 2 1/2, BSa 2 1/2, CSa 2 1/2, DSa 2 1/2
SSPC - SP6	BSa 2, CSa 2, DSa 2
SSPC - SP7	BSa 1, CSa 1, DSa 1

El otro parámetro que define la preparación de la superficie es la rugosidad, medida sobre la misma, posteriormente al arenado.

Esa rugosidad o perfil de la superficie será función del material, del grado de oxidación de la superficie, del abrasivo empleado y de las condiciones generales de la operación denominándose "PATRON DE ANCLAJE".

La rugosidad de la superficie es el contorno de una superficie en un plano perpendicular a la

misma, pudiendo decirse que es la topografía de una superficie metálica. En ella se distinguen crestas y valles determinando el valor del Patrón de Anclaje como la altura desde la máxima depresión a la cresta más alta.

Las unidades que se usan son: micrones o milésima de pulgadas, siendo:

1 milésima de pulgada (1 mils.) = 25 micrones

1 mils" = 25 micras

El proceso de granallado-arenado produce en la superficie del metal un aumento del área en relación con la superficie lisa generalmente superior al 200% aumentando de esa forma la superficie de contacto y creando en la superficie formas irregulares con aristas y bordes que constituyen reales enganches entre el metal y el revestimiento aplicado.

Es decir, el aumento de la superficie de contacto y la aparición de los enganches, sumados a la limpieza efectuada, son los responsables del considerable aumento de adherencia entre el metal base y el revestimiento aplicado, obtenido mediante el proceso de granallado-arenado sobre la superficie.

Sin embargo como todo proceso, para que el arenado produzca en la superficie metálica el Patrón de Anclaje adecuado se necesitará especificaciones definidas en cuanto a los parámetros que regirán el proceso. Prueba de ello, para determinar el valor del Patrón de Anclaje requerido, se deberá considerar el tipo y espesor de recubrimiento a usar. Tal afirmación se justifica debido a que el espesor de la película seca de pintura, deberá quedar sobre las crestas más altas del perfil o rugosidad de la superficie, debiendo ser similar a la capa de protección a aplicar sobre una superficie lisa.

Si el valor del Patrón de Anclaje es elevado, la película de revestimiento que quedará por encima de las crestas más altas del perfil será muy delgada posibilitando su desprendimiento, mientras que si el valor es pequeño se obtendrá baja adherencia en toda la superficie.

Por lo tanto, hay un valor del Patrón de Anclaje para cada tipo y espesor de pintura aplicada. El espesor de la película de pintura que sobrepase la altura de las crestas deberá tener un valor tal que soporte contracciones y dilataciones del metal base, además de alisar la rugosa superficie.

Normalmente y como regla general se establece para la mayoría de los casos o sistemas de pintura que el Patrón de Anclaje, sea del 20% al 30% del espesor de la capa seca del sistema completo de pintura.

Siendo dicho espesor, para los sistemas de pintura convencionales, de 120 micrones a 170 micrones, el valor de anclaje necesario (Patrón de Anclaje) será de 40 micrones a 60 micrones.

Existen varios tipos de instrumentos que permiten medir el valor del Patrón de Anclaje. Uno de ellos es de fácil y segura aplicación y es un comparador de superficies con distintos patrones de anclaje normalizados que se examinan sobre la superficie granallada mediante un aumento de cinco (5) veces. Realizando esta comparación se establece claramente que el Patrón de Anclaje a medir está entre dos valores normalizados en el comparador, el cual se encuentra graduado en: 0.5, 1, 2, 3, 4 mils.

Y el otro, es un reloj comparador graduado en mils. y cuyo elemento sensible es una aguja buscadora que copia la rugosidad de la superficie al ser desplazada por la misma, indicando los valores de depresiones y crestas.

El cero de calibración se obtendrá mediante una pieza rectificada o vidrio.

El valor del Patrón de Anclaje, está íntimamente ligado con el tipo y granulometría del abrasivo empleado en el granallado.

Así se extracta a continuación la tabla siguiente.

**TABLA DE ABRASIVOS Y PATRON DE ANCLAJE EN RELACION A LA ALTURA MAXIMA DEL PERFIL DE SUPERFICIE Y LA GRANULOMETRIA DEL ABRASIVO**

Abrasivo	Malla (Mesh)	Denominación Normalizada	Tamaño Nominal (mm)	Altura Máx. (mils.)
Granalla Metálica Angular (GRIT)	16	G 25	0.8	4
	18	G 40	0.6	3.6
	25	G 50	0.4	3.3
Arena	12	Gruesa	1.2	2.8
	18	Mediana	0.6	2.5
	40	Fina	0.42	1.9
Granalla Metálica Esférica (SHOT)	14	S 390	1.0	3.6
	16	S 330	0.8	3.3
	18	S 230	0.6	3.0
Microesferas de vidrio	40/80	Gruesa	0.42/0.17	2.0
	80/140	Mediana	0.17/0.10	1.7
	140/250	Fina	0.10/0.06	1.3

**Nota:** Los abrasivos de menor granulometría realizan el proceso de granallado en forma más rápida. La solución es encontrar el compromiso entre rapidez (economía de la operación) y la obtención del Patrón de Anclaje adecuado.

Por lo tanto un método a seguir es el siguiente, una vez seleccionado el sistema de pintura a aplicar, según la especificación de su fabricante, se obtendrá: Grado de granallado necesario y el espesor de la capa seca (se obtiene 20% a 30% de Patrón de Anclaje).

#### 2.1.4 PREPARACION DE SUPERFICIES

La preparación de la superficie involucra la limpieza y tratamiento de la misma a fin de asegurar la mayor adherencia entre la superficie a ser pintada y la pintura a aplicar.

Los métodos de preparación abarcan desde el uso de herramientas de mano, limpieza con agentes químicos a la utilización de equipos de granallado; mientras que los grados de limpieza van desde el simple desempolvado hasta la completa remoción de materiales extraños al metal base.

La vida útil del sistema de protección (pintura, revestimientos, etc.) está en función directa a la efectividad o grado de preparación de la superficie que se le dá, antes de aplicar la pintura.

De los muchos métodos empleados, sólo el granallado-arenado produce la preparación más uniforme y controlable, por lo cual es el método más difundido y el más económico, amortizando su costo según la vida útil del revestimiento aplicado.

Generalmente el costo de la pintura a aplicar es menor al costo de preparación de la superficie y del de aplicación de la misma y además que una adecuada o inadecuada preparación pueden tener costos muy similares. La diferencia aparecerá en los resultados luego de efectuar una correcta evaluación, especificaciones de procesos adecuados y efectivos controles de la operación.

Una vez preparada la superficie mediante el método de arenado y antes de comenzar con la tarea de pintura, se la deberá limpiar de polvo y partículas provenientes del granallado, operación que se efectúa mediante sopleteo con aire comprimido o equipos de vacío y también se tendrá cuidado la contaminación de la superficie con aceite. Para evitarlo es necesario contar con filtro y separador de aceite de alta eficiencia.



La contaminación de la superficie con aceite o grasa es muy perjudicial para la adherencia de la pintura y es difícil de detectar por sistemas visuales, por ello, la medida a adoptar, es la prevención que dicha contaminación ocurra, mediante equipos y controles adecuados. Si la superficie después de granallado está contaminado con aceite, se deberá, con algún método idóneo y aceptado en cada caso, como solventes, vapor, etc., para ser nuevamente granallada con el mismo grado anterior.

Las capas de pintura se deberán aplicar sobre la superficie granallada antes que cualquier forma de oxidación visible aparezca, teniendo en cuenta dos parámetros fundamentales y son:

#### i. Condiciones Ambientales

Se debe tener en cuenta la temperatura de la superficie, humedad relativa, temperatura ambiente y punto de rocío.

Como regla práctica se acepta no trabajar cuando la humedad relativa sobrepasa el 85% y cuando la diferencia entre la temperatura de la superficie a granallar y la del punto de rocío sea menor a 3 °C.

Estas condiciones provocarían la

condensación de humedad sobre la superficie durante el granallado.

Como referencia se extracta para una humedad relativa ambiente del 70% mediante el siguiente cuadro.

Temperatura Ambiente °C	5	10	20	30
Punto de Rocío °C	0.0	4.7	14.4	23.9
Menor temperatura aceptable de la superficie	3.0	7.7	17.4	26.9

#### 7. Tiempo entre Granallado y Tratamiento Posterior-Pintura

Este factor está relacionado con las condiciones ambientales durante el granallado y en dicho tiempo, existiendo tablas que indican esa relación.

En general se acepta aplicar la pintura antes de las 24 horas.

Es importante recalcar, los defectos de la superficie tales como pliegues de laminación, soldaduras imperfectas, deben ser corregidas antes de comenzar la preparación de la superficie.

## PREPARACION DE ACEROS INOXIDABLES

Para la preparación del acero inoxidable en la mayoría de los casos, sólo se requiere la limpieza con solventes y desengrasantes con la condición que contengan menos de 200 ppm de compuestos halogenados.

Para este efecto se usa solvente de alto punto de inflamación como, el aguarrás (SSFC = SPI-63).

Algunas veces es necesario granallar el acero inoxidable para otorgarle el perfil superficial que incrementa la adhesión del sistema de pintura.

La normalización descrita en el acápite anterior no son aplicables al inoxidable pues fueron desarrollados para los aceros al carbono.

## SUPERFICIE DE CONCRETO Y MAMPOSTERIA

Contrariamente a lo establecido para los aceros al carbono no existe una normalización y patrones standard para usar de referencia sino, una serie de reglas prácticas comunmente aceptable que se compone de:

- Evaluación del material
- Reparación de la superficie
- Arenado.

Los componentes nuevos de concreto y mampostería no deben ser pintados antes de los 30 días de terminados, permitiendo su curado y secado.

La humedad y los componentes alcalinos remanentes en el concreto harán inútil la tarea de pintado en esas condiciones.

La superficie debe ser examinada y reparada de defectos como grietas saliencias, capas sueltas, etc. y antes de pintar, eliminar la contaminación de aceites y grasas mediante solventes o desengrasantes adecuados. Finalmente debe ser lavado con agua limpia a fin de retirar los agentes químicos utilizados.

Las cascarillas y toda capa o partículas de material que no se encuentra firmemente adherida debe ser removida previo al pintado.

Para ello se usan dos métodos:

Arenado y ataque químico; siendo en la mayoría de los casos el arenado el más conveniente. El arenado será impracticable sólo en aquellos

recintos donde no se admita la polución creada por el método de trabajo.

Los grados de granallado comúnmente usados son dos, según las exigencias del caso:

1. Granallado rápido.

Cubre la totalidad de la superficie expuesta, desprendiendo las partes poco adheridas y descubriendo en esas zonas subcapas de concreto.

2. Granallado total

Consiste en remover completamente la capa superficial de concreto dejando una terminación uniforme. Este es usado en sollicitaciones extremas.

## 2.2. CLASIFICACION DE MAQUINAS ARENADORAS - GRANALLADORAS

La máquina de granallado - arenado es un contenedor y acelerador de partículas abrasivas. Su funcionamiento consiste en la presurización o mediante vacío, controlada de los distintos componentes a fin de crear un flujo de abrasivo que movido inicialmente por acción de la gravedad, se acelera hasta alcanzar la velocidad requerida para la acción de arenado.

Existen varios tipos de máquina disponibles, y, a continuación se extracta el cuadro siguiente.

### TIPOS DE GRANALLADORAS

TIPO DE GRANALLADO	SIST. DE PROYECCION DE ABRASIVOS	EQUIPO
GRANALLADO SECO	Sistema de vacío	Por succión Por gravedad
GRANALLADO SECO	Sistema por presión	Func. Continuo Funcionamiento Intermitente
GRANALLADO EN MEDIO	Por Succión	
LIQUIDO	Por Bomba de impulsión	

#### 2.2.1 GRANALLADO EN MEDIO SECO

El granallado seco de acuerdo al cuadro N<sup>o</sup> 2.01. básicamente se dividen en dos grandes grupos a saber:

##### 2.2.1.1 Sistema de Granallado por vacío

Se basa en la acción del aire comprimido que produce la aceleración debido al vacío en el interior de la pistola de proyección, mediante el

cual se logra succionar por otro conducto el abrasivo, el cual se mezcla dentro de la mencionada pistola incorporándose al chorro de proyección y obteniendo en la boquilla de salida la aceleración requerida. Este sistema de proyección se usa en dos variantes:

#### A) SISTEMA DE VACIO POR SUCCION

El vacío producido en el interior de la pistola de proyección es una única fuerza de arrastre y transporte del abrasivo que se halla decantando en un contenedor cercano a la pistola de proyección pero en una posición inferior producida por la caída luego de la proyección.

Este sistema de vacío por succión tiene la ventaja de usar sólo abrasivos livianos de todo tipo (óxido de aluminio, carburo de silicio, microesferas de vidrio, cuarzo, arena, etc.) y debido al bajo porcentaje de rotura de partículas abrasivas que posee éste, tiene la ventaja de realizar trabajos de precisión posee éste, tiene la

ventaja de realizar trabajos de precisión y para terminaciones decorativas. Ver Figura Nº 1.

Para trabajos pequeños y medianos el sistema de vacío por succión se complementan por el empleo de cabinas de granallado arenado. Tal como se muestra en la Figura Nº 2.

#### B) SISTEMA DE VACIO POR GRAVEDAD

En este sistema se cuenta con un sistema adicional, mecánico o neumático que eleva el abrasivo dejándolo depositado en un contenedor por sobre la cámara de trabajo. El abrasivo llega a la pistola de proyección mediante la acción de la gravedad por caída directa dentro de la manguera correspondiente y por acción del vacío referido dentro de la pistola, ver figura Nº3.

Este sistema tiene la ventaja de poder proyectar abrasivos pesados y un control muy preciso en la dosificación de los mismos.



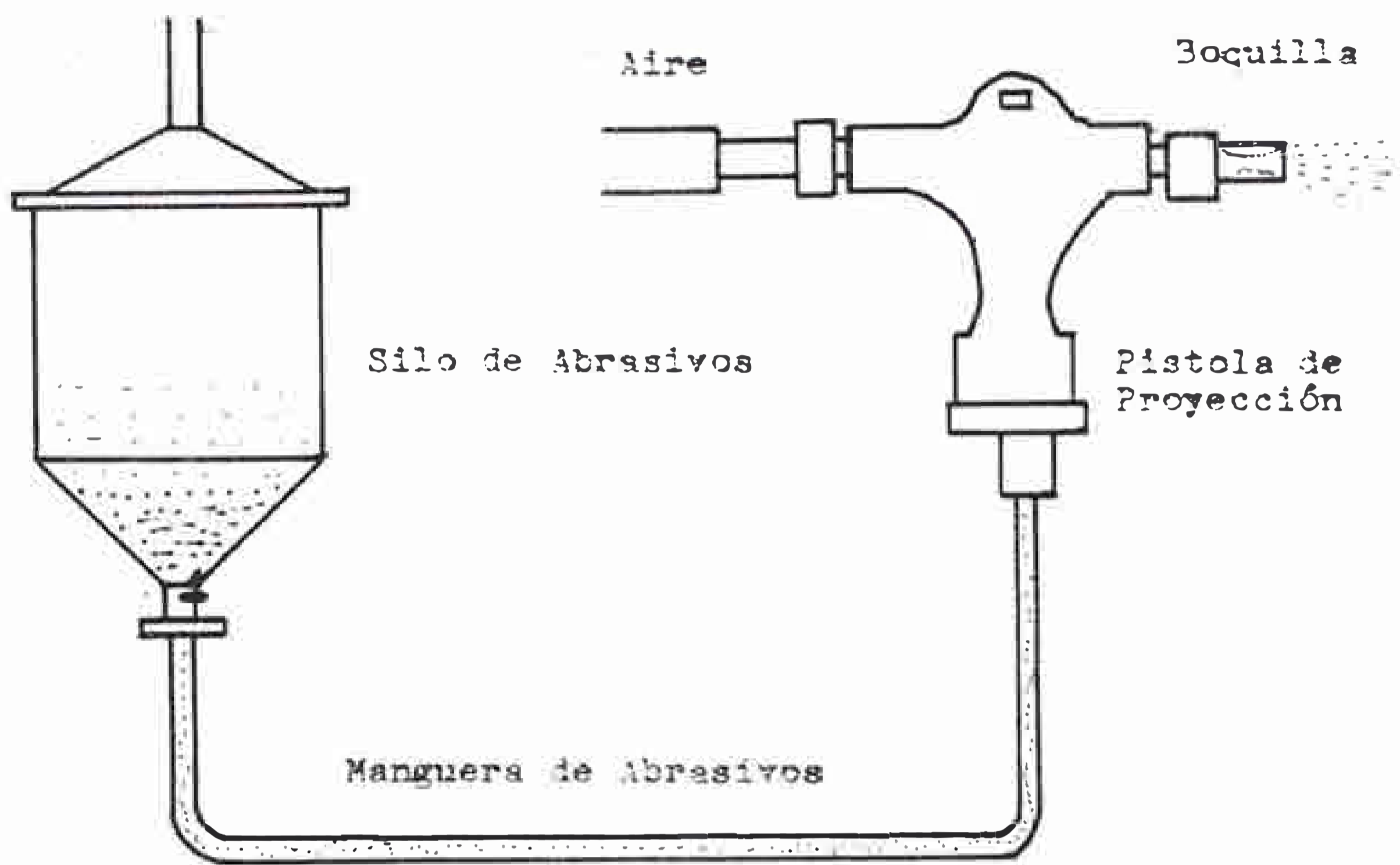


Fig. 1 Sistema de vacío por Succión y Presión

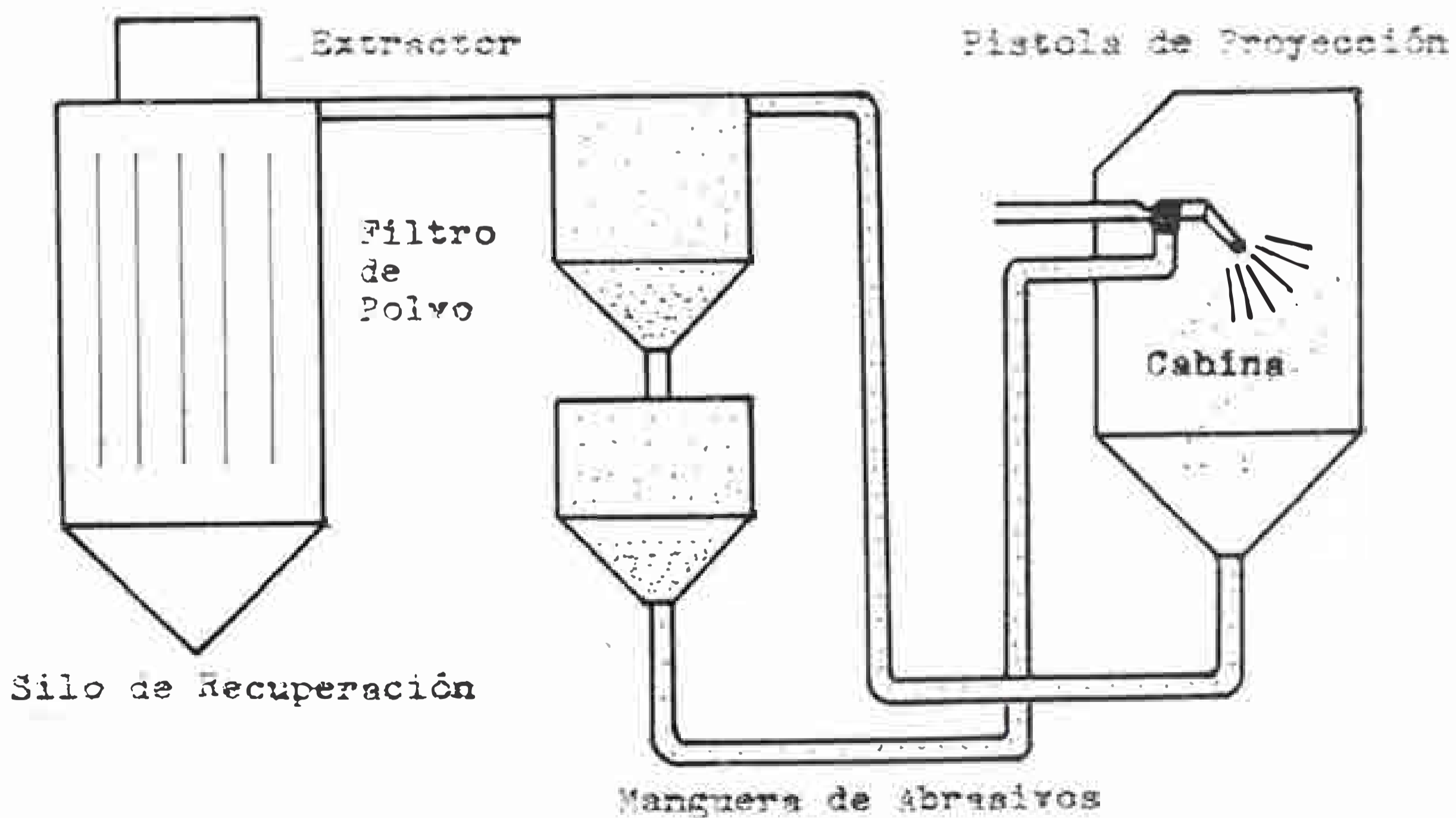


Fig. 2 Sistema de Vacío por Succión Circuito Cerrado

1- Pistola de proyección

2- Pieza de trabajo

3- Silo

4- Extractor

5- Elevador

6- Tolva

7- Cabina de Arenado

8- Aire

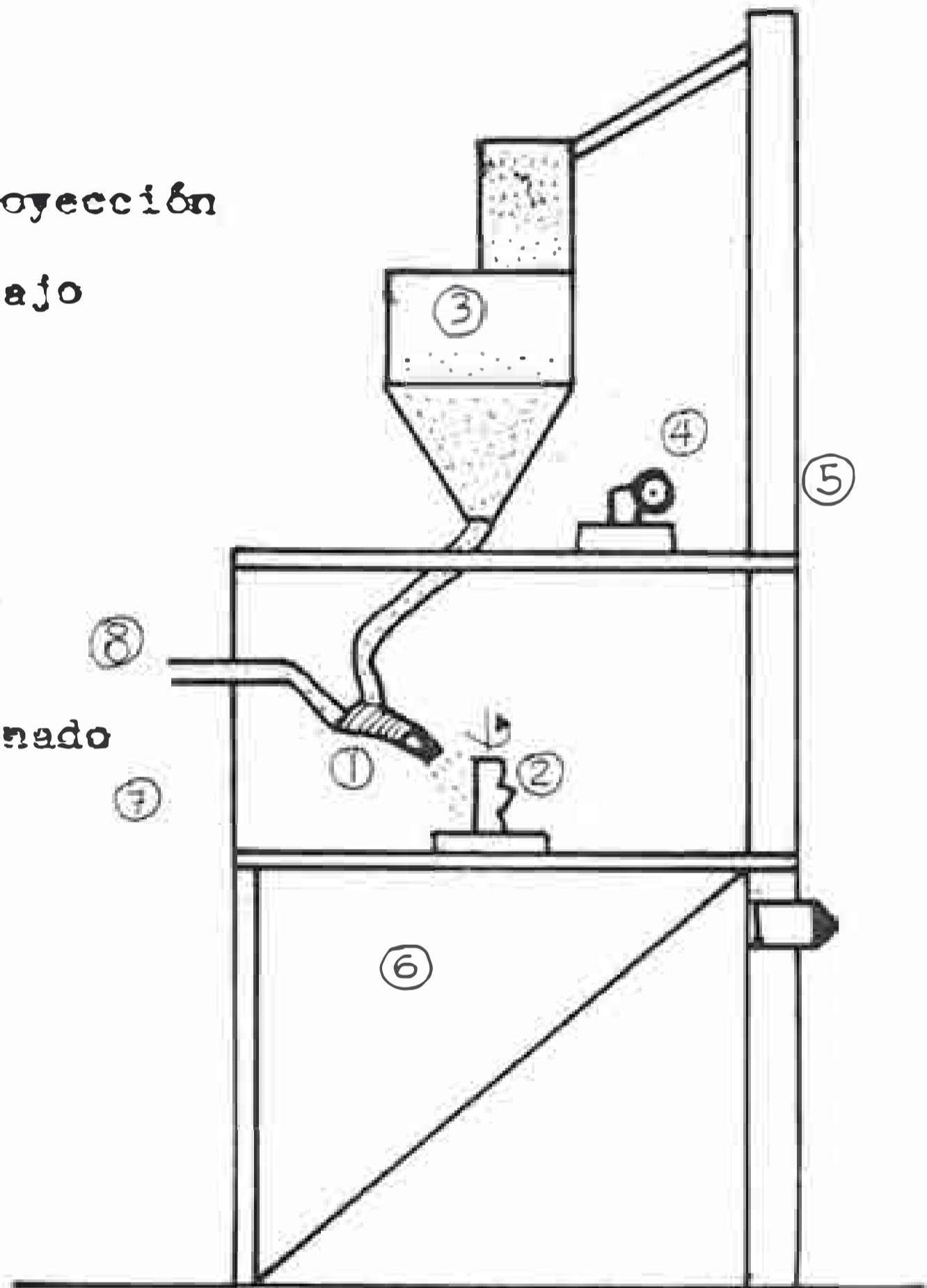


Fig. N<sup>o</sup> 3 Sistema de vacío por Gravedad

#### 2.2.1.2 Sistema de Granallado por presión

Consiste en la presurización controlada de los distintos componentes, a fin de crear un flujo abrasivo que movido inicialmente por gravedad, se acelera hasta alcanzar la velocidad requerida para la acción de granallado.

Un tanque contenedor del abrasivo, se mantiene bajo presión fluyendo el abrasivo a través de la salida del mismo y del sistema dosificado, acelerándose progresivamente en la manguera de abrasivos para obtener la máxima velocidad en la boquilla de proyección.

La ventaja que tiene este sistema, es para realizar tareas de gran envergadura en preparación de superficie previo al pintado y son equipos insustituible en procesos de arenado seco y por presión, quedando los sistemas de vacío sólo para tareas ocasionales. Ver figura Nº 4.



## A) SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO POR PRESION

Llamados también máquinas arenadoras de "DOBLE CAMARA".

Consisten de un tanque con dos cámaras. Estas se disponen una sobre otra y requieren despresurizar solo la cámara superior para efectuar la recarga de abrasivo, de esa forma la cámara inferior continua presurizada sin detener la marcha del proceso.

Cuando se completa la recarga, se vuelven a presurizar ambas cámaras, pasando el abrasivo recargado de la parte superior a la inferior para continuar de esta manera la operación de trabajo. Con ello se consigue aumentar la eficiencia productiva sin mano de obra adicional.

La ventaja que tienen estos equipos, es, que pueden ser usados acoplados a silos cargadores, agilizando el trabajo de recarga la que además puede ser automática y controlada mediante un temporizador para la parte de la cámara superior, mientras que el operario de granallado controla desde la boquilla las de la cámara inferior.

## B) SISTEMA POR PRESION DE FUNCIONAMIENTO INTERMITENTE

Llamado también máquina arenadora de "SIMPLE CAMARA".

Esta constituido por una única cámara y requieren la parada total del equipo para proceder a la recarga de abrasivos; debido a la imposibilidad de mantener bajo presión el interior del tanque durante el tiempo de la misma.

Los equipos de funcionamiento por presión tienen la ventaja de utilizar todo tipo de abrasivos y para diversidad de trabajos a efectuar, inclusive para operación a grandes distancias, cosa que no se logra con equipos del otro sistema.

### 2.2.2 GRANALLADO EN MEDIO LIQUIDO

La técnica de funcionamiento consiste en crear un flujo líquido que transporta partículas abrasivas de grano fino, generalmente microesferas de vidrio, siendo la mezcla acelerada mediante el aire comprimido. El resultado se obtiene combinando la acción granalladora de las partículas abrasivas y la

amortiguación lograda por la película líquida en la superficie.

Dicha acción amortiguadora posibilita la mínima abrasión del sistema, impide la incrustación de las partículas en el metal base y la excesiva fractura de las microesferas. Así se logran remociones de óxidos, revestimientos, cascarillas, etc. manteniendo tolerancias en el metal base del orden de las dos milésimas de milímetro.

Mediante este sistema no se malogra la superficie trabajada mientras tanto que en el otro sistema (granallado seco), la partícula abrasiva actúa directamente sobre la superficie fracturándose y con posibilidad de incrustarse. Ver Figura No. 5 y 6.

Dentro de este tipo de granallado hay dos sistemas de impulsión comercialmente difundidos y son los siguientes:

#### 2.2.2.1 Sistema de granallado por succión

En los equipos para granallado en medio líquido, es necesario que se cumplan los tres factores importantes en forma simultánea y ellas son: homogeneización de la mezcla agua

abrasiva, impulsión de la mezcla y la aceleración de la mezcla.

Estos tres factores se cumplen, mediante la utilización del aire comprimido.

Una tobera y un diseño adecuado en el contenedor de la mezcla permiten mediante un flujo de aire la agitación y por consiguiente se logra la homogeneización. Para el transporte e impulsión de la misma se usa el vacío producido en la pistola de proyección; mediante el cual se succiona la mezcla llegando al interior de dicha pistola y logrando la aceleración final al ingresar en el flujo de aire, que sale a través de la boquilla de proyección. Ver figura No. 7.

#### 2.2.2.2 Sistema de granallado por bomba de impulsión

En este sistema se cumplen las dos funciones del primero: homogeneización e impulsión de la mezcla.



Estos dos factores se realizan mediante una bomba centrífuga de características muy particulares debido al carácter netamente abrasivo de la mezcla a bombear.

La homogenización se obtiene mediante una derivación de la línea de impulsión principal; la cual llega hasta el fondo del contenedor de la mezcla agua-abrasivo, produciendo la agitación necesaria. Ver la figura No. 8.

La línea principal descarga en la pistola, a la cual llega mediante otra manguera de aire comprimido, que hace el tercer efecto de la aceleración final de la mezcla en la boquilla de proyección.

Este último sistema por bomba de impulsión, es el más empleado para el granallado en medio líquido y es el único que asegura niveles de rendimiento adecuados en procesos productivos; mientras tanto que el otro sistema por succión tiene la ventaja relativa en el menor costo inicial.

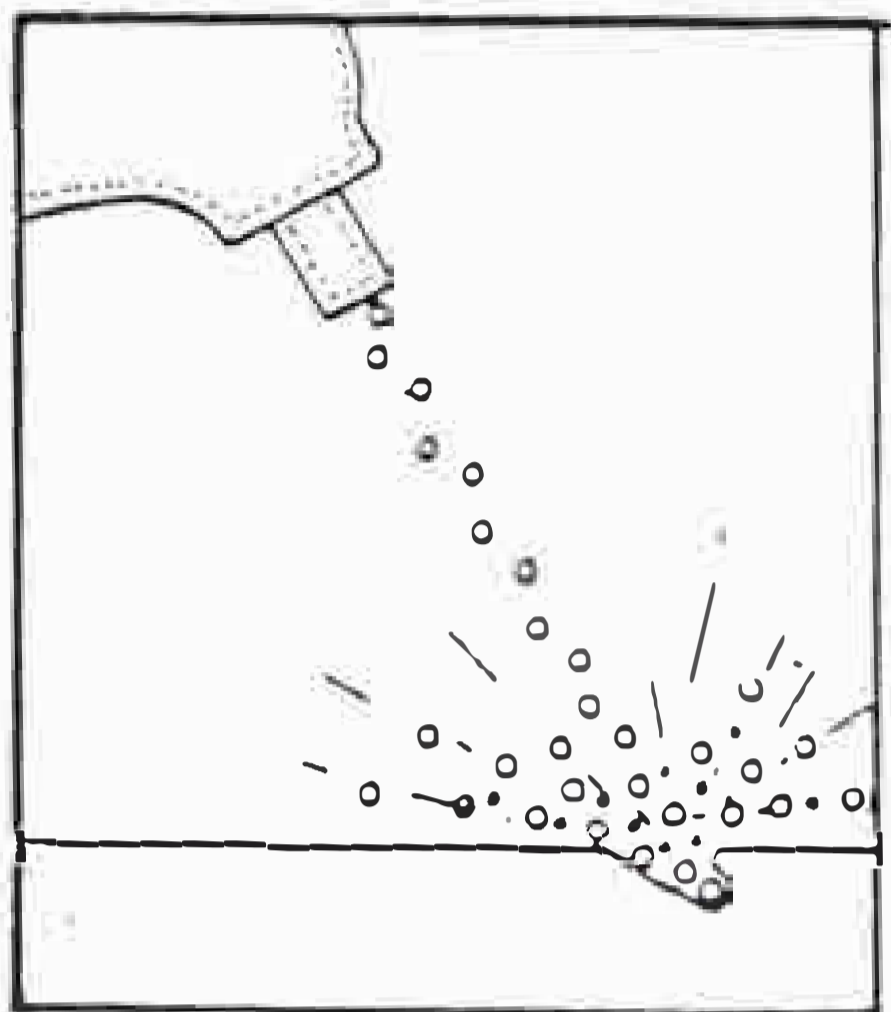


FIG. 5 Granallado seco, donde la partícula abrasiva actúa directamente sobre la superficie fracturándose y con posibilidad de incrustaciones.

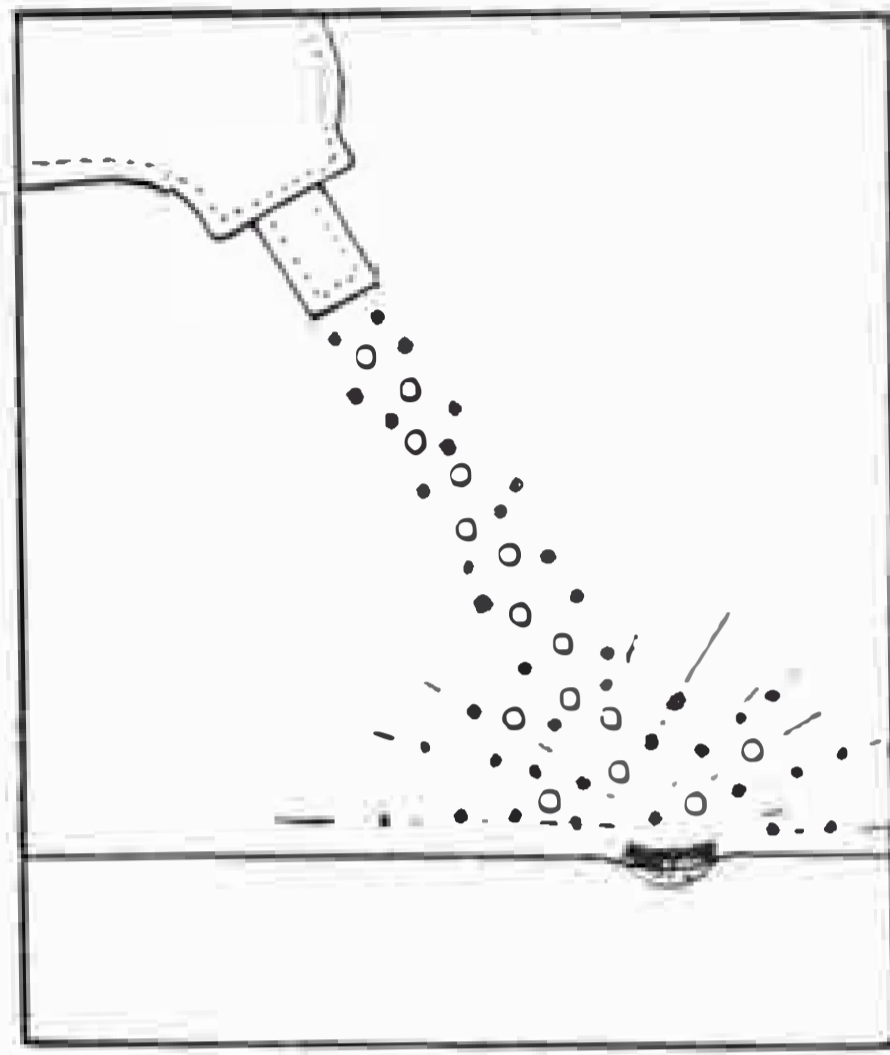


FIG. 6 Granallado en medio líquido, con acción amortiguante del agua

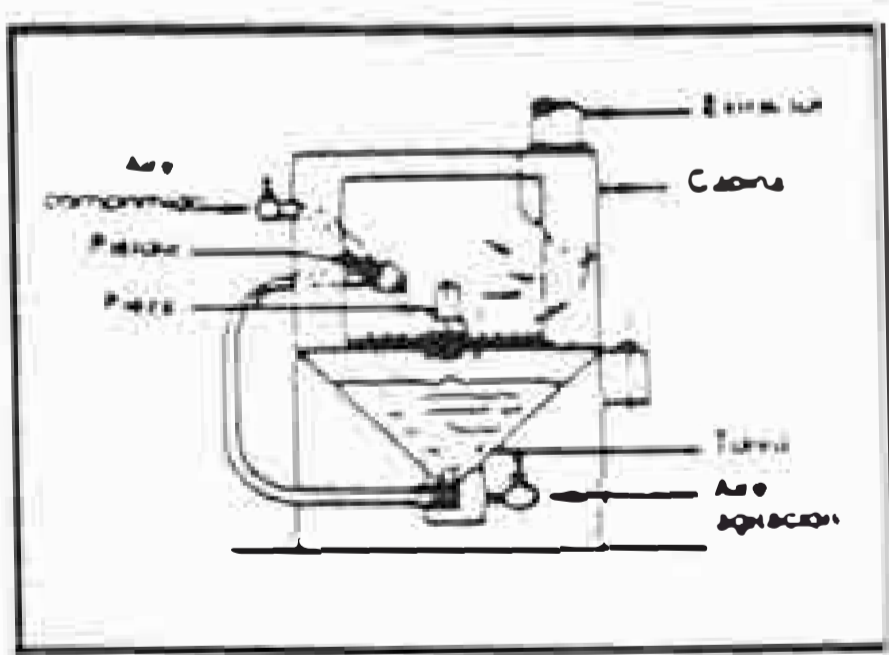


FIG. 7 Granallado en medio líquido. Sistema por succión

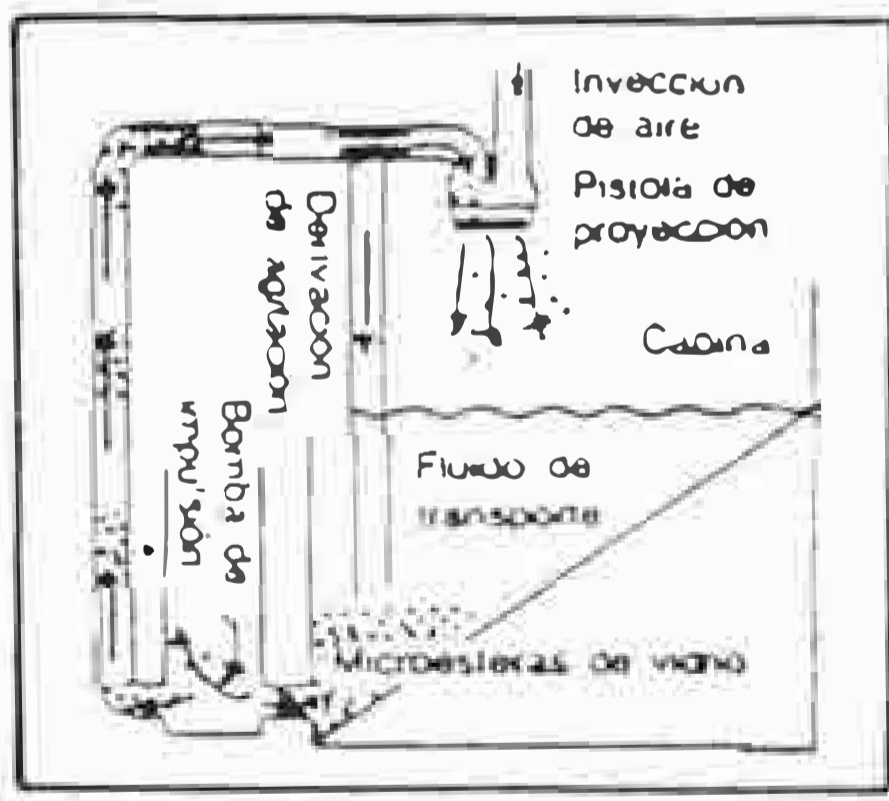


FIG. 8 Granallado en medio líquido. Sistema por bomba de impulsión

## 2.3. SELECCION DE MAQUINAS GRANALLADORAS

La selección de máquina en una instalación de granallado es de vital importancia, y para la correcta selección se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

### 1. CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga se indica normalmente en Kg. de arena a utilizar en relación a la boquilla de proyección empleado Ver Tabla No. 1.

La capacidad de carga deberá otorgar una autonomía, como mínimo de 30 a 40 minutos.

### 2. FINALIDAD DE GRANALLADO

Este parámetro define el tipo de granallado a utilizar: Seco o en medio líquido.

En este punto se define el sistema de proyección a adoptar ya sea de presión para trabajos de alta eficiencia o de succión para procesos delicados o terminaciones decorativas.

La finalidad del granallado en la industria, abarca para una gran variedad de propósitos y fines como ya mencionamos en el precedente.

### 3. CAPACIDAD DE PRODUCCION

La capacidad de producción queda establecido por el sistema adoptado, succión o presión y las dimensiones de su circuito neumático, acorde al suministro de aire comprimido. La capacidad de equipos continuos son más rentables para un trabajo permanente con rendimientos altos, que los equipos intermitentes.

En este parámetro también se define el uso de equipos portables, es decir móviles para el desplazamiento de la zona de trabajo; o estacionarios para aplicaciones fijas y permanentes con sistemas de recuperación y selección de abrasivo.

### 4. ABRASIVO A UTILIZAR

Normalmente la selección de abrasivos está ligado al tipo de granallado empleado. Esto es, que la granalla metálica redonda y angular, se usan sólo en equipos de presión; mientras que los equipos de succión utilizan los demás abrasivos existentes, ya mencionados anteriormente.

### 5. TAMAÑO DE LAS PIEZAS A PROCESAR

Este factor determina el volumen de la cabina de trabajo; teniendo en cuenta el fácil acceso a

todas las partes a tratar y el libre movimiento dentro de la misma.

El tamaño de las piezas a procesar define a buena cuenta la instalación de granallado. Así se podrá seleccionar:

- Cabinas de granallado.- para piezas hasta una máxima dimensión menor de 1500 mm que pueden ser tratadas dentro de las cabinas de granallado.
- Cuartos de granallado, y
- Instalaciones en obra.

Estos dos últimos, son usados para piezas de mayor tamaño. Cuando el trabajo de granallado es permanente, se justifica la instalación de un cuarto de granallado.

## **2.4 COMPONENTES DE UN MAQUINA GRANALLADORA**

### **2.4.1 CABINA DE GRANALLADO- ARENADO**

La cabina de trabajo o cámara hermética de procesado, es el volumen del proceso de granallado, específicamente para tratar las piezas o para ejecutar tratamientos de limpieza y remoción o de terminación superficial sin contaminar el ambiente de trabajo con el polvo

producto de la operación o el abrasivo de trabajo.

Esto se utiliza en un circuito cerrado dentro de una cámara hermética, haciendo muy económica la operación por la sencillez de la misma y por el rendimiento de abrasivo, obteniéndose consumos mínimos en caso de emplear abrasivos costosos.

Las limitaciones de uso está en función al tamaño de la pieza a procesar (sólo hasta 1500 mm), que está también de acuerdo al alcance del operario a través de la guanteras.

En este sistema el operario queda fuera de la cabina de trabajo, maniobrando la pieza, por medio de un pedal de mando acoplado al eje de su simetría.

Y el polvo producido dentro de la cabina es enviado al exterior mediante el extractor de aire.

En las cabinas se debe elegir correctamente como una de las condiciones de operación el tipo de abrasivo a utilizar. Una cabina posee 2 orificios; uno para soportar y mover la pieza, y la otra abertura para sostener la pistola de proyección dándole la distancia de trabajo y

ángulos apropiados. Para ello el operario usa guantes de protección.

#### 2.4.2 CONTROL NEUMATICO

El ~~aire comprimido~~ llega al equipo a través de cañerías hacia la cabina, acoplándose a la entrada del filtro separador de humedad.

Una de las variables básicas de trabajo es la presión de operación, para ello se coloca en el ~~circuito~~ un regulador de presión que hará controlable y repetitiva la operación.

El filtro y separador de humedad es imprescindible, pues trabajando con aire comprimido húmedo, condensará agua en la zona donde decanta el abrasivo a ser usado formando grumos que hacen el trabajo intermitente.

El filtro hará el drenaje normal o automático del agua acumulada.

Para aprovechar el ~~aire~~, es necesario contar con una pistola de sopleteo para dejar la pieza libre de polvo y abrasivo; éste se halla colgada dentro de la cabina.

#### 2.4.3 SISTEMA DE PROYECCION DE ABRASIVO

En el sistema de succión del aire comprimido mantiene bajo presión a un tanque en el cual está contenido el abrasivo y desde allí sale el abrasivo dosificado por gravedad o ingresa en el flujo de aire para lograr la velocidad en la boquilla de proyección.

#### **2.4.4 SISTEMA DE RECUPERACION DE ABRASIVO Y FILTRADO**

Forman el sistema de recuperación y filtrado: Un separador ciclónico, ventilador centrífugo y el filtro de polvo.

Su función es retirar de la cámara de trabajo la mezcla con la velocidad necesaria para tener la buena visibilidad. Al llegar al separador ciclónico por fuerza centrífuga, queda, en la tolva el abrasivo, para luego ser empleado. Por el centro del separador ciclónico, se extrae el abrasivo fracturado y el polvo desprendido el que llega hasta el filtro, y el aire regresa al ambiente perfectamente filtrado.

En el mismo separador ciclónico existe un tamiz por el cual pasa el abrasivo recuperable (queda retenido partículas de mayor tamaño que abrasivo).



La eficiencia de este proceso es vital para el rendimiento del equipo, ya que si la separación de abrasivo-polvo es deficiente pueden suceder dos cosas:

1.-Produce incrustaciones y contaminación, perturbando la visibilidad por el polvo la cabina de trabajo.

2.-La extracción es muy grande y llega hasta el filtro el polvo y una cantidad de abrasivo útil con la cual se incrementa el consumo.

Por lo mencionado el equipo debe estar diseñado para funcionar dentro de límites precisos sin llegar a las condiciones extremas.

## 2.5. COMPONENTES DE UNA INSTALACION DE ARENADO - GRANALLADO

Los componentes básicos en una instalación de arenado - granallado en obra, pueden resumirse de la siguiente manera:

i. Compresor de aire.

Puede ser compresores de tipo pistón rotativos. El primero tiene acceso a variación de carga, pero el rendimiento de la operación decae en un 15% durante estos periodos; y el segundo tiene

acceso a producir una descarga de aire a presión constante, con un mínimo contenido de aceite y a menor temperatura.

## 2. Filtro separador de aire y de humedad

Este elemento se instala en la línea de aire comprimido, para una presión y caudal requerida. Los más usados son de separación ciclónica y filtrado.

Es necesario efectuar el control periódico de aire proyectado, mediante el ensayo con grasa o algodón.

## 3. Manguera de aire y acoples.

Para una buena instalación, este elemento se hace imprescindible, mediante la correcta selección del diámetro de la manguera en función del caudal de aire y su longitud. Ver Tabla i.i.

## 4. Equipo de arenado - granallado.

## 5. Manguera de abrasivos y acoples.

El diámetro de la manguera de abrasivos debe ser de tres a cuatro veces mayor que el diámetro de la boquilla de proyección.

## 6. Boquilla de proyección.

TABLA No. 1.1

CONSUMO DE AIRE EN FUNCION A LA BOQUILLA Y LONGITUD DE MANGUERA

		MANGUERA DE ABRASIVOS						
DIAMETRO DE BOQUILLA (Ø mm.)		5	6	7	8	9	10	12
DIAMETRO DE MANGUERA (Ø"=		3/4"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2
MANGUERA DE AIRE								
CIRCUITO DE AIRE, Ø EN PULG		BOQUILLA UTILIZADA, Ø EN mm.						
3/4"					3	a	5	
1"					6	a	8	
1 1/4"					8	a	12	

La eficiencia en el proceso de granallado depende en gran medida de la elección correcta de la boquilla de proyección; para ello se requiere de:

- Consumo de aire comprimido
- Cantidad de abrasivo proyectado
- Superficie granallada en la unidad de tiempo

Estos parámetros mencionados se reúnen en las tablas 1 y 2.

Las boquillas son costosas, debido al material de fabricación (carburo de tungsteno o de boro) y por el revestimiento para absorber los posibles golpes que producirán el quiebre del material (se usa uretano).

7. Filtro para respiración humana
8. Casco de protección
9. Abrasivo

La arena no deberá utilizarse a granel sino que para obtener resultados satisfactorios en el cumplimiento de las exigencias normativas de trabajo y para asegurar la continuidad se deberá tamizar, clasificar y secar, envasándose

en recipientes herméticos para su posterior empleo.

En la Figura 9 se muestra el diagrama de flujo de los componentes de una instalación de arenado - granallado.

## 2.6 ABRASIVOS PARA GRANALLADO

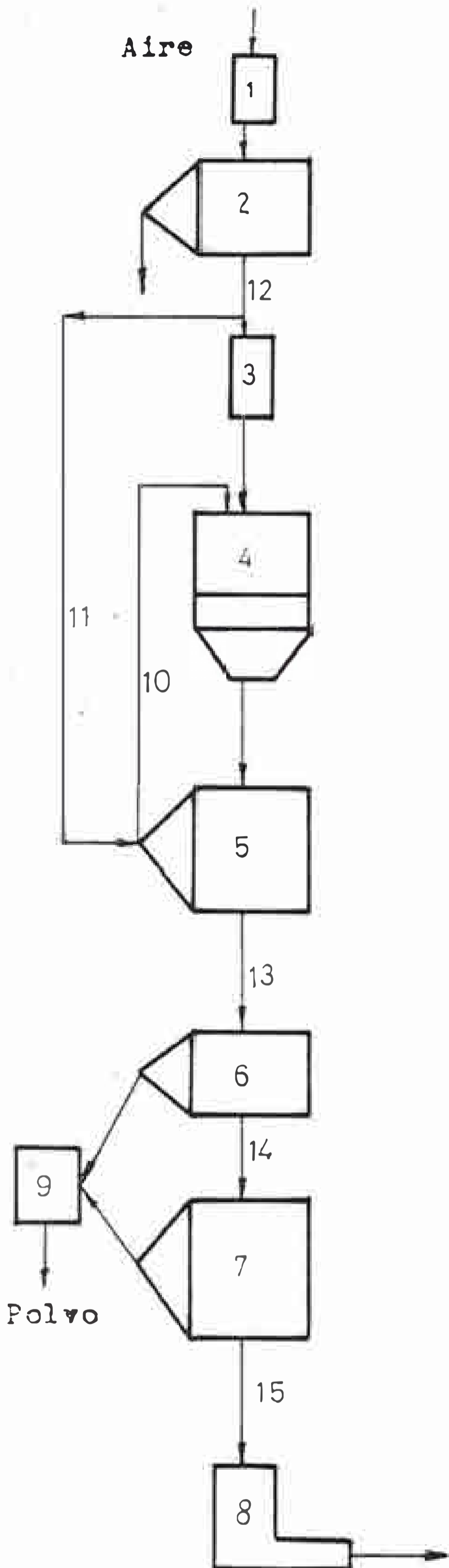
La gama de abrasivos empleados en tareas de granallado es extremadamente amplia, admitiendo sólo la clasificación de los más comúnmente usados.

La superficie a tratar difieren grandemente entre sí, pudiendo considerarse la selección del abrasivo para el granallado tanto de un casco de barco como el de un pequeño componente electrónico.

Para seleccionar correctamente, se especificará claramente los datos concernientes a la superficie a tratar, y ellas son:

1. Clase de la superficie a ser granallada, tipo de metal y su historia metalográfica.
2. Tamaño, forma de la pieza y objetivo del granallado. Especificar si se usará, cuartos de granallado, y el tipo de equipos ya sea de succión o de presión.
3. Estado de la superficie antes del granallado.
4. Terminación deseada luego del granallado.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MAQUINA  
ARENADORA



- 1- Compresor de Aire
- 2- Filtro Separador de humedad
- 3- Manguera de Aire
- 4- Boquilla de Proyección
- 5- Cámara de Granallado
- 6- Cámara
- 7- Mangas de Tela
- 8- Extractor de Aire
- 9- Deposito de Polvo
- 10- Manguera de Abrasivo
- 11- Aire Seco
- 12- Aire Húmedo
- 13- Polvo: Arena - Aire
- 14- Polvo
- 15- Aire Filtrado

Aire

5. Considerar si es necesario la remoción de todo lo que no sea metal base, o sólo una limpieza liviana.
6. La intensidad de granallado deseado.

Por otra parte los abrasivos se diferencian por sus características químicas, físicas y mecánicas. Teniendo en cuenta los siguientes parámetros podrán seleccionarse, tal como se indica:

1. **CONFORMACION.**- La configuración exterior de la partícula abrasiva, determina la forma del patrón de anclaje o perfil de la superficie a obtener en la pieza una vez granallada.
2. **PESO ESPECIFICO.**- Las características del impacto partícula superficie, determina el efecto del granallado, que es el perfil superficial resultante, el que dependerá de la energía adquirida por la masa y velocidad y de la relación de durezas entre ambas partículas de mayor peso específico, producirán perfiles superficiales de mayor rugosidad.
3. **DUREZA.**- La dureza de la partícula deberá ser siempre algo mayor que la de la superficie a fin de producir el perfil superficial

correspondiente, pero sólo lo suficiente, debido a que si el abrasivo es extremadamente duro, también será de gran fragilidad, obteniéndose alto porcentaje de rotura de partículas abrasivas con el consiguiente consumo prematuro.

4. TAMAÑO.- A mayor tamaño se obtendrá mayor rugosidad superficial, por efecto del mayor peso de la partícula. Del mismo la uniformidad en cuanto en el tamaño es importante para obtener un perfil homogéneo del área granallada.

5. ESPECIFICACIONES DE FABRICANTES DE REVESTIMIENTO A APLICAR.-

- COMPOSICION QUIMICA

El abrasivo deberá ser compatible química y mecánicamente con el material de la superficie y granallar.

- DISPONIBILIDAD

Se deberá contar con el elemento abrasivo lo suficientemente como para terminar el trabajo; de lo contrario se obtienen efectos secundarios en el resultado final de la operación.

- REUTILIZACION



La arena, prácticamente no admite ser reutilizado, por el alto porcentaje de roturas que sufre en el primer impacto.

Otros como la granalla metálica son reciclables gran cantidad de veces.

Dicho número incide en la economía del abrasivo en el granallado, y se expresa:

$$S/m^2 = \frac{\text{Costo de abrasivo} \times \text{Peso de abrasivo}}{\text{N}^\circ \text{ de reciclajes} \times \text{Area de granallada}}$$

Los abrasivos reutilizables son efectivos cuando se dispone de instalaciones con cabinas o cuartos, con recuperación, tamizado, separación de partículas, etc.

#### - COLOR

La tonalidad del abrasivo es importante, como ocurre en el tratamiento interior de tubos de gran diámetro o tanques, que se realiza mediante una luz artificial.

Un abrasivo claro refleja la luz, mientras las oscuras absorben la luz, siendo éstos los adecuados para tal fin.

- CONDICIONES DE SALUBRIDAD

La arena provoca la silicosis, en forma de polvos finos, para ello el operario deberá tener equipos de protección y seguridad indispensable, respirando aire pre-purificado.

Pero a pesar de ello todo el conjunto de ayudantes y operarios de granallado que se mueven en la zona están expuestos al mismo peligro, aunque en menor medida. Por ello el trabajo con abrasivos como la arena crea condiciones de salubridad mucho más difíciles y costosas de controlar, que con el uso de las granallas metálicas.

- COSTO

El tipo de abrasivo seleccionado incide en el costo total de la operación, esto es, en el equipamiento requerido, personal disponible, instalaciones y modalidad de trabajo.

Como mencionamos con anterioridad el carácter reciclable o no del mismo, la polución, la contaminación de polvo dejado sobre la superficie, etc. influyen en el análisis económico.

## 2.6.1 CLASIFICACION DE ABRASIVOS DE MAYOR UTILIZACION

Los abrasivos más comúnmente empleados son los siguientes:

- a- Arena silícea
- b- Granalla angular de acero
- c- Granalla esférica de acero
- d- Granalla angular de fundición
- e- Granalla esférica de fundición
- f- Granalla de alambre cortado
- g- Microesferas de vidrio
- h- Oxido de aluminio
- i- Carburo de silicio
- j- Cuarzo
- k- Cáscara de nuez molida
- l- Esferas plásticas
- ll- Escoria de fundición

### ARENA SILICEA

Es un abrasivo cuya utilización está expresamente prohibida en una gran parte de países debido a la silicosis, enfermedad de trámite irreversible asociada a su uso.

En América Latina su empleo tiene todavía una gran difusión, pero no se debe emplear a granel

por las normas de seguridad y protección, sino previo tamizado, clasificado y secado; envasándose en recipientes herméticos para su posterior aplicación.

La arena común se tamiza antes de la operación, por las razones siguientes:

- La arena común comercial está constituido de un 80% de arena y de polvo un 20%.
- Además hay un 40% de arena de extrema fragilidad que se pulveriza en el impacto sin producir el arenado adecuado.  
Ese 40% del 80% representa un 32% del total; o sea 32% y 20% constituye realmente un 52% de componentes de arena, que a pesar de proyectarse sobre la superficie no ejerce efecto sobre la misma.
- Concluyendo entonces, que se obtiene sólo un 48% sobre el total del abrasivo proyectado.
- Para evitar el bajo rendimiento (48%); a la arena se selecciona y se tamiza, obteniéndose un 90% de eficiencia sobre el total del abrasivo proyectado.

TABLA N° 1.2

**GRANULOMETRIAS Y EJEMPLOS ORIENTADOS DE  
UTILIZACION**

TIPO DE MALLA	GRANULOMETRIA	APLICACION
8/20 Mesh (2400-840 micrones)	Arena gruesa	Arenado de cascos de barco. Se logran rugosidades cercanas a los 90 micrones.
8/40 Mesh (2400-420 micras)	Arena gruesa	Remoción de capas de pintura o herrumbre en trabajos pesados.  Se logra una rugosidad de 70 micrones.
16/40 Mesh (1200-420 micras)	Arena mediana	Para trabajos generales, debido por la versatilidad.
30/60 Mesh (590-250 micras)	Arena mediana	Para limpieza muy suaves y rápidas en chapas sin oxidación Se logra 2 micras.
80/120 Mesh (180-125 micras)	Arena fina	Tareas de terminación superficial de componentes y elementos de de bronce, Al o aceros inoxidables; se logra una rugosidad de 12 $\mu$

Nota.- Otras arenas de menores granulometrias, se usa para tareas especiales.

### GRANALLAS DE ACERO ANGULAR Y ESFERICA

Constituyen perdigones de acero que se obtienen en hornos de Proceso controlado y composición química normalizada.

No es un abrasivo natural como la arena. Su dureza varían entre 40 y 65 RC.

El proceso de fabricación incluye un tratamiento térmico de temple y revenido, para evitar la precipitación de carburos, lo que disminuirá su dureza.

La composición química de estos elementos es:

- Carbono	0.85 a 1.20 %
- Manganeso	0.60 a 1.20 %
- Silicio	0.40 %
- Fósforo	0.050 %
máximo	
- Azufre	0.050 %
máximo	

La selección de la dureza en estos abrasivos es de vital importancia. Si es demasiada brinda su energía cinética se transforma en energía de deformación, y si es alta, será frágil y tendrá una vida útil corta.

Los tamaños están normalizados SAE J444a.

La granalla angular se obtiene por trituración de la esférica resultando partículas de aristas de cantos vivos en forma poliédrica y compacta.

#### APLICACIONES.

- La granalla esférica se utiliza para trabajos rápidos y para tareas shot peening.
- La granalla angular para la preparación de superficies previo al pintado o aplicación de otros revestimientos.

La intensidad se divide en la rugosidad del perfil superficial.

#### GRANALLA DE FUNDICION ESFERICA Y ANGULAR

Son de formas y tamaños similares a las granallas de acero ya descritas, siendo la característica fundamental que las distingue, el menor costo relativo. Su dureza no debe ser muy alto.

Son utilizadas con frecuencia para el granallado de superficies de alta dureza.

#### GRANALLA DE ALAMBRE CORTADO

Se obtiene a partir de alambre que se tronza de forma tal que la longitud sea similar al diámetro del mismo.

Se usan con resultados económicos confiables en el shot peening de elásticos o resortes. Sin embargo su intensidad obtenida es inferior al correspondiente granalla esférica (aceros).

#### MICROESFERAS DE VIDRIO

Se obtienen a partir de vidrio óptico de alto grado, químicamente inerte en hornos verticales con circulación ascendente y parámetros totalmente controlables como temperaturas y velocidades de aire, lo que permite lograr la uniformidad en el producto y las distintas granulometrías.

Los estrictos controles del proceso aseguran un elevado porcentaje de esfericidad, que va desde el 60% al 90%, según la granulometría correspondiente y sin aristas o cantos vivos.

Las normas SAE J1173, clasifican a las microesferas de vidrio mediante un número, que es aproximadamente el diámetro nominal de la esfera, indicando en centésimas de milímetro acompañado con un prefijo GB (Glass Bead).



TABLA N° 1.3

## PORCENTAJE MINIMO DE ESFERICIDAD SAE J1173

TAMAÑO, NUMERO (SAE)	PORCENTAJE MIN. DE ESFERICIDAD
GB 330	65%
GB 230	65%
GB 170	70%
GB 120	70%
GB 80	80%
GB 70	80%
GB 60	80%
GB 50	80%
GB 40	85%
GB 35	90%
GB 30	90%
GB 25	90%
GB 20	90%

El peso específico es importante para una comparación, por decir entre la microesfera de vidrio y la granalla metálica esférica. Las primeras adquieren para el mismo flujo de aire y velocidad, mayor que las segundas, compensando de esa forma la diferencia en el peso específico y obteniéndose energías del mismo orden (energía cinética).

Cuanto mayor es su densidad, es mejor en el flujo de proyección y por tanto mayor cantidad de impactos por unidad de superficie. Esto se logra cuanto más pequeña sea la partícula.

#### APLICACION DE MICROESFERAS DE VIDRIO

Es un abrasivo que permite efectuar operaciones de limpieza, remoción, terminación decorativa, grabado y shot peening de forma tal que a diferencia de otros abrasivos no produce remoción del metal base ni lo contamina, por no dejar incrustaciones y además respetando las tolerancias dimensionales más estrictas logran la mejor terminación superficial en elementos de precisión.

La utilización de éstos abrasivos para casos de precisión se denominan "granallado con abrasivos de grano fino".

Se comercializan en tamaños que van desde los 40 micrones a 800 micrones (MALLA de 40-400 MESH)

Este proceso se realiza en cabinas estancas, para:

- No contaminar el medio ambiente con el polvo desprendido.
- Permitir la recirculación del material y al mismo tiempo la separación de las esferas fracturadas y el polvo desprendido.

En cuanto al consumo se refiere, se produce en la práctica por:

- Contaminación por grasas o aceites
- Fractura de las esferas

Así el consumo de microesferas de vidrio se refiere a la degradación de las mismas por fractura y en este factor influyen los parámetros como: Granulometría, esfericidad, dureza superficial de la pieza a tratar, ángulo de trabajo, y distancia de trabajo.

TABLA N° 1.4

CONSUMO DE MICROESFERAS DE VIDRIO, ANGULO = 90°

Intensidad (Almen)	Malla	Dureza de la superficie (Rockwell)	Presión en la boqui- lla Kg/cm <sup>2</sup>	Consumo por ciclo de traba- jo
7N2	170	54B	3	0.33
		75B		0.49
	a	30C		1.10
	230	50C		1.39

TABLA N° 1.4

## CONSUMO DE MICROESFERAS DE VIDRIO, ANGULO = 90°

(continuación)

Intensidad (Aimen)	Malla	Dureza de la superficie (Rockwel')	Presión en la boqui- lla Kg/cm <sup>2</sup>	Consumo por ciclo de traba- jo
7N2	100	54B	2	0.46
	a	75B		0.59
	140	30C		0.96
		50C		1.39
4N2	100	54B	4	1.41
	a	75B		1.43
	140	30C		2.38
		50C		3.32
8N2 (A2)	30	54B	1	0.29
	a	75B		0.36
	40	30C		0.73
		50C		2.19
12 A2	30	54B	3	0.97
	a	75B		1.12
	40	30C		1.82
		50C		3.32

ANGULO = 90° : En el ángulo de trabajo  
Distancia de trabajo: 200 mm.

OXIDO DE ALUMINIO.

Es un abrasivo de granos muy finos en aristas y duros, produciendo una acción cortante de gran intensidad.

Su uso se restringe por su costo elevado, sólo para tratamientos especiales específicos y normalizados, como puede ser para: La

preparación de superficies previa metalización o granallado de partes de aluminio para revestimientos posteriores, en los cuales no se admiten inclusiones no compatibles con el metal base. También se emplea mediante granulometrías muy finas en la limpieza de motores de turbinas.

#### CARBURO DE SILICIO

Abrasivo extremadamente muy duro y cortante de alto costo relativo y muy frágil. Por eso su durabilidad es muy corta.

Las boquillas de proyección con este abrasivo se desgastan fácilmente, y para trabajar, las boquillas deben estar construidas con carburo de boro. Por esta razón es aplicable en casos muy especiales.

#### CUARZO

Abrasivo de forma poliédrica de aristas cortantes, muy duro y frágil, de poco uso por su corta vida útil. Pero muchas veces, es empleado por su bajo costo.

#### CASCARAS DE NUEZ MOLIDAS

Abrasivos de origen orgánico de mayor difusión.

Se emplea para la limpieza de materiales de baja dureza, logrando el efecto de limpieza al impactar sobre la superficie y arrasar todo lo que no es metal o lo que no esté firmemente adherido. La dificultad mayor radica en el aceite que se deposita en la superficie y que se desprende de las partículas y además la polución provocada en la pulverización de la partícula durante el impacto.

Se comercializa en tamaños de 800 a 150 micrones (malla 20 a 100 Mesh).

#### ESFERAS PLASTICAS

Su uso se restringe para el tratamiento de superficies plásticas y sobre todo en el rebabado de piezas inyectadas como la bakelita, donde por golpe y arrastre produce el rebabado de las partes, sin alterar la superficie.

#### ESCORIA DE FUNDICION

Es el caso de utilizar un abrasivo económico fundamentalmente, donde las exigencias de terminaciones y uniformidad son mínimas.

En la Tabla 1.5 se indica los abrasivos para máquinas granalladoras secas (diferentes abrasivos, según BLASTING S.A.I.C.)

## 2.7 EFICIENCIAS

Los equipos de granallado se especifican según la capacidad útil de carga de abrasivos. Esto es que el rendimiento está sujeto a la capacidad en función de kilogramos de arena y el tiempo de funcionamiento como mínimo de 30 a 40 minutos sin la necesidad de recarga. Así como también el rendimiento en cuanto al costo de operación y productividad dentro de una fábrica.

Estas capacidades varían desde los 50 kg. para pequeñas y medianas, hasta los grandes equipos de 20 Toneladas.

En cuanto a los equipos o máquinas arenadoras de succión y de gravedad por el sistema de vacío, tienen una eficiencia muy inferior en el costo inicial de instalación, y son más sencillos para operarios y mantenerlos. Por los pesos y diámetros de manguera usados producen un menor desgaste físico al operador y tienen la posibilidad de trabajar a muy baja presión para trabajos delicados de gran precisión, limpieza de moldes, remoción de óxidos, etc.

Para nuestro proyecto se ha tomado en cuenta un rendimiento para una capacidad de carga del 20 a 50 Kg. de arena, por medio de una granalladora seco, y

TABLA No. 1.5

ABRASIVOS PARA LA MAQUINA ARENADORA SECA

No.	DESIGNACION	DIMENSIONES	CARACTERISTICAS GENERALES Dimensiones Nominales de la Malla M (1000m = 1mm)
1	Corindon 40	Grano inferior a .050 mm; Modulo 17	80: 100% Pasa o atraviesa 50: 15 % Máx. Retención
2	Corindon 50	Grano de .040 a .080 mm Modulo 18	100: 100% Pasa 80: 15% Max. Retención 63: 30% Min. Retención 40-63: 60% Min. Retención Fond. : 20% M'n. Retención
3	Corindon 160	Grano de .125m a .250 mm Módulo 23	315: 100% Pasa 250: 15% Retiene 160: 30% Min. Retención 100: 5% Máx. Atraviesa 125-160: 75% Min. Retención
4	Corindon 500	Grano de .40 a .80 mm Módulo	100: 100% Pasa 800: 10% Máx. Retención 630: 25% Máx. Retención



TABLA No. 1.5

ABRASIVOS PARA LA MAQUINA ARENADORA SECA

(continuación)

No.	DESIGNACION	DIMENSIONES	CARACTERISTICAS GENERALES Dimensiones Nominales de 1a Malla M (1000m = 1mm)
5	Corindon 800	Grano de .63 a 1.23 mm M'duio 30	1.6 mm: 100% Pasa 1.25 mm: 25% Máx. Retenc. 800µm: 40 % Mín. Retenc. 630-800µm: 70% Mín. Retenc. 500µm: 5% Máx. Pasa
6	Corindon 1250	Grano de 1 a 1.60 mm. Modulo 32	2.0: 50 % Pasa 1.6: 45% Max. Retención 0.8: 5 % Max. Pasa
7	Corindon 1600	Grano de 1.6 a 2.5 mm Módulo	2.5 mm: 100% Pasa 2.0 mm: 40% Máx. Retenc. 1.6 mm: 55% Mín. Retenc. Fondo : 5% Máx. 100: 5% Máx.
8	Corindon 40	Granos inferiores a. 50 mm.	100: 100% Pasa 50: 25 % Máx. Retención

TABLA No. 1.5

ABRASIVOS PARA LA MAQUINA ARENADORA SECA

(continuación)

No.	DESIGNACION	DIMENSIONES	CARACTERISTICAS GENERALES Dimens. Nom. de la Malla
9	Cuarzo 100	Granos de .080 a .125 mm Mód. 21	200µm: 100% Pasa 160µm: 5% Máx. Retención
10	Cuarzo 160	Grano de .125 a .200 mm Módulo 23	815 : 100% Pasa 250 : 5 % Máx Retención 200 : 10 % Máx. Retención 100 : 15% Máx. Retención
11	Granalla de Acero 315	Ø .16 a .50 mm. (Dureza: 46-51 HRC)	630:100% Pasa 315:70% Min. Retención 500:10% Max. Retención
12	Billas Esfericas 100	Billas Ø .080 a 1.25	200:100% Pasa 100: 5% Máx. Retención 80-90:85% Min. Retención Fondo: 5% Máx.
13	Billas Esfericas	Billas Ø .125 a .200mm Módulo	250:100% Pasa 200: 5% Máx. Retención 125:90% Min. Retención Fondo: 5% Máx.

por sistema de vacío; para una capacidad de  $1.20 \times 1.20 \times 0.83 \text{ m}^3$  de arenado. Esto es para piezas cuya dimensión es de 0.83 m. de altura.

En cambio los equipos de presión, aparte de usar todo tipo de abrasivos, poseen una capacidad de producción mucho mayor a diferencia de los otros sistemas, llegándose a diferencias de más de 50% en rendimiento y además se logra la utilización del equipo hasta 50 metros o más, de distancia, prescindiendo del uso de la cabina.

Los equipos de funcionamiento intermitente o de cámara simple, poseen un rendimiento sólo del 70% productivo debido al tiempo de parada de 5 a 10 minutos para proceder a la recarga del abrasivo. Mientras que los equipos de funcionamiento continuo o de doble cámara poseen un alto rendimiento de 100% de productividad, puesto que no se llega a desperdiciar el tiempo en la recarga del material abrasivo.

Estos equipos de funcionamiento continuo, tienen un costo aproximadamente en un 40 a 60% superior al del equipo intermitente, valor que se amortiza rápidamente debido al incremento de eficiencia. Y puede trabajar acoplados a silos cargadores y a controles automáticos. En los equipos intermitentes,

la capacidad se calcula para su funcionamiento de 30 a 40 minutos.

Por tanto los costos operativos en los procesos de arenado - granallado son relativamente elevados debido al equipamiento, los movimientos de materiales y la mano de obra necesaria para llevar acabo la tarea, razón por el cual es imprescindible la optimización de la instalación para obtener el máximo rendimiento, seleccionando cada componente en función del conjunto.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA MAQUINA

ARENADORA

### 3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El aire comprimido en la industria tiene una gran acogida, por su versatilidad y su rapidez de respuesta en el trabajo. Su acción no es tan inmediata como la eléctrica, pero sí es notablemente más rápida que la hidráulica.

Hemos de pensar que la Neumática se sirve, como materia prima, del aire atmosférico que nos circunda, el cual podemos tomarlo en la cantidad que sea necesario para comprimirlo y transformar su energía en trabajo.

Por ser el aire un fluido compresible, podemos almacenarlo fácilmente en depósitos, los cuales sirven, además, para regular la entrada en funcionamiento del compresor y reponer el aire comprimido consumido, con el ahorro consiguiente de Kw/hora.

Dado a estas premisas, para el funcionamiento de la máquina granalladora seco, es necesario el requerimiento del aire comprimido, utilizando el compresor, en función del consumo de aire.

Para determinar la capacidad de la máquina granalladora, se ha previsto los siguientes parámetros de diseño, para efectos de cálculo:

1. La mayoría de las máquinas granalladoras y dispositivos neumáticos están diseñados para operar a una presión de 700 KPa en la entrada de la boquilla de proyección de arena. La diferencia de presión compensa las pérdidas en la tubería o manguera entre el compresor y la boquilla del chorro de arena.

Dado que ninguna de las boquillas de proyección de abrasivos usados en la operación de granallado constituye un elemento especial que requiera una presión mayor que la normal, se seleccionará una presión de descarga del compresor de 700 KPa (7 bar = 7 kg/cm<sup>2</sup>)

2. El consumo específico de una máquina granalladora, es el consumo de aire requerido a la presión de trabajo (7 bar).

Para efectos de cálculo del consumo de aire en m<sup>3</sup>/min, es necesario establecer el diámetro de la boquilla de proyección de arena, Dado el diámetro adecuado de ésta, se evalúa el caudal o consumo libre de aire.

En consecuencia el consumo de aire necesario (m<sup>3</sup>/min), es directamente proporcional al cuadrado del diámetro de la boquilla seleccionada. Se utilizaría un diámetro de 7 mm (valor asumido).

3. Para calcular el consumo de aire efectivo de la máquina granalladora, será necesario adicionar el factor de carga, factor de pérdidas y necesidades futuras.

Con estos parámetros queda establecida el consumo efectivo de la máquina y potencia requerida para la operación de granallado.

4. La caída de presión global admisible en todo el sistema, se ha fijado en un 2% de la presión del compresor; según el manual de aire comprimido para máquinas granalladoras(1).

5. El factor de carga viene dado por la relación entre el consumo real y el consumo continuo máximo de aire a plena carga. Los mecanismo de accionamiento neumático en general, solo funcionan de manera intermitente e incluso en ocasiones por debajo de su plena carga.

$$f_c = \frac{C_m}{C_{c_m}}$$

6. En el cálculo total de la demanda de aire deberían contemplarse las fugas aún cuando costosas existen, por ello debe añadirse, un

---

(1) Manual de CARNICER ROYO - Página 205



consumo adicional equivalente al 10% del consumo total.

En la práctica, se debe agregar un margen de un 20% a 30% en la capacidad del compresor para compensar el desgaste de la boquilla y no provocar una rápida sobrecarga, aumentando su tiempo de servicio útil (2).

7. Para calcular el caudal de extracción de aire dentro de la cabina de trabajo, se analizará teniendo en cuenta el área de circulación en forma horizontal:  $A_c = \text{Ancho} \times \text{alto}$ , de la cabina.

Para definir dicho caudal se fija como velocidad de circulación de aire dentro de la cabina de granallado, los siguientes valores:

$V = 30 \text{ m/min}$ , para abrasivos livianos  
(arena, óxido de aluminio, etc.)

$V = 14 \text{ m/min}$ , para abrasivos pesados.

8. El aire extraído de la cabina de trabajo se filtra mediante un sistema seco con tubos de tela, los que dispuestos convenientemente retienen las partículas de polvo transportado por el aire de extracción.

---

(2) Según Manual de Fabricantes y constructores de Maquinas granalladoras BLASTING S.A.I.C.

9. El tamaño del filtro mantendrá relación directa con el caudal de aire circulante; vale decir la superficie de tela filtrante. La relación entre la superficie de tela y el caudal de aire, dependerá de la eficiencia de retención requerida y del tipo de tela utilizada.

10. El circuito culmina en un extractor centrífugo de aire que establece el caudal necesario de aire, teniendo en cuenta las restricciones existentes en dicho circuito. Cabina de trabajo, filtros de tela y el extractor se hallan vinculados por conductos de circulación de aire, los cuales deberán ser estancos y soportar la depresión creada por el extractor.

## 3.2 DISEÑOS

### 3.2.1 DISEÑO DE LA TOLVA Y CABINA DE GRANALLADO

#### PARAMETROS DE CALCULO.-

##### 1) TIPO DE MATERIAL

Para efectos de cálculo, es importante conocer el tipo de material a utilizar. Para el proyecto se ha escogido como material de trabajo para la operación de granallado: Arena seca.

CUADRO N° 3.01

## CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

MATERIAL	PESO ESPECIFICO	TAMAÑO	ANGULO DE REPOSO	ABRASIVIDAD
Arena sílica Seco	1140-1600	Fino Malla de 1/8" e inferio- res	30° Flu'damen- te	Muy abrasivo
Vidrio	1140-1600	Grano de 1/2"	30°-45° Mediana- mente fluido	Muy abrasivo
Cáscara de Nuez	560-641	Malla fino de 1/8" e inferio- res	30°-45° Mediana- mente fluido	Muy abrasivo

## 2) CONDICIONES DE TRABAJO

De acuerdo a la necesidad de la industria, para nuestra máquina las piezas a granallar varían, del modo siguiente:

Largo: 0.20 - 0.70 m

Ancho: 0.10 - 0.60 m

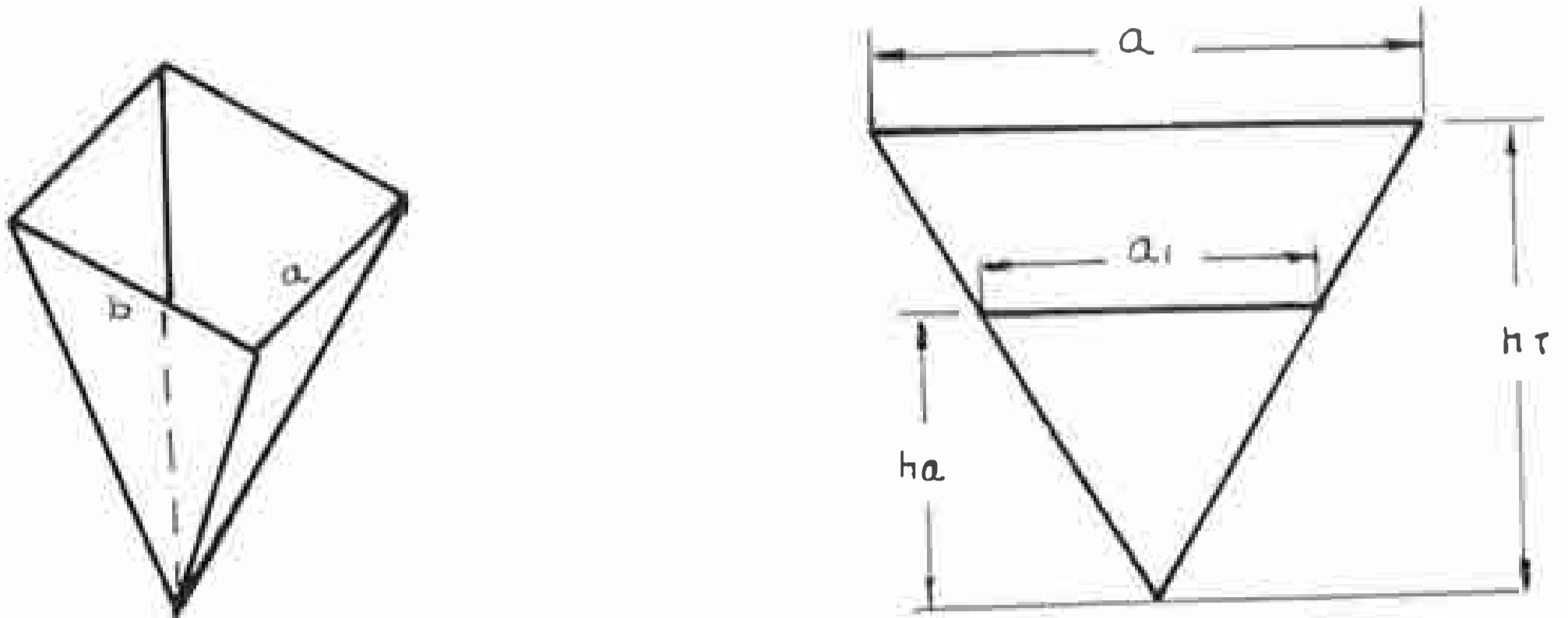
Alto: 0.10 - 0.50 m

## 3) CONDICIONES DE DISEÑO

Largo: 0.85 m máximo

Ancho: 0.85 m "

Alto: 0.50 m "



Donde:

$\alpha$  = Angulo de reposo del material

$$\beta = \alpha + (5^\circ - 10^\circ)$$

Para arena:

$$\beta = 30 + 10 = 40^\circ$$

Para vidrio y cáscara de nuez:

$$\beta = 35 + 10 = 45^\circ$$

Para diseño:

$$\beta = 40^\circ \text{ a } 45^\circ$$

### CALCULO DEL VOLUMEN DE LA TOLVA

Fórmula General: 
$$V_T = \frac{a \times b \times h}{3}$$

Donde:

a = Ancho de la tolva = 1.20 m

b = Largo de la tolva = 1.20 m

$$c = \text{Altura de la tolva} = 0.50 \text{ m} = h_T$$

Reemplazando valores en la ecuación general, se tiene:

$$V_T = 1.20 \times 1.20 \times 0.50/3 \text{ m}^3$$

$$V_T = 0.24 \text{ m}^3$$

#### CALCULO DEL VOLUMEN DE ARENA EN LA TOLVA (Va)

Se toma como base 100 kg de arena:

$$V_a = \frac{w_a}{\gamma_a} = \frac{100 \text{ kg}}{1602 \text{ kg/m}^3} = 0.0624 \text{ m}^3$$

Donde:

$$\begin{aligned} \gamma_a &= \text{Peso específico de la arena (Cuadro 3.01)} \\ &= 1602 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$w_a = \text{Peso de la arena en kg.}$$

#### CALCULO DEL VOLUMEN DE LA CÁSCARA DE NUEZ MOLIDA

(Vcn).

Peso específico de la cáscara de nuez = 560 kg/m<sup>3</sup>, Ver Cuadro 3.01

Tomando como base 35 kg de cáscara de nuez:

$$V_{cn} = \frac{w_{cn}}{\gamma_{cn}} = 0.0625 \text{ m}^3$$

CONCLUSION

La capacidad de la tolva de alimentación queda definido tanto para la arena como para la cáscara de nuez en volumen de:

$$V_T = V_a = V_{cn} = 0.0724 \text{ m}^3$$

CÁLCULO DE ALTURAS

Cálculo de la altura de arena ( $h_a$ ):

$$a_i/h_a = a/h_T = 1.2/0.5 \quad \text{Fig. N}^\circ 3.02$$

De esta relación, se tiene  $a_i$ :

$$a_i = 2.4 h_a \quad (1)$$

$$\text{Pero: } V_a = a_1 \times b_1 \times h_a/3 \quad (2)$$

Reemplazando (1) en (2), tenemos:

$$V_a = (2.4 \times h_a)^2 \times h_a/3 = 0.0625 \text{ m}^3$$

Donde:  $a_i = b_i$

Luego, se tiene:

$$h_a^3 = \frac{3 \times 0.0625 \text{ m}^3}{(2.4)^2} = 0.032552083 \text{ m}^3$$

Por consiguiente:  $h_a = 0.3192 \text{ m}$

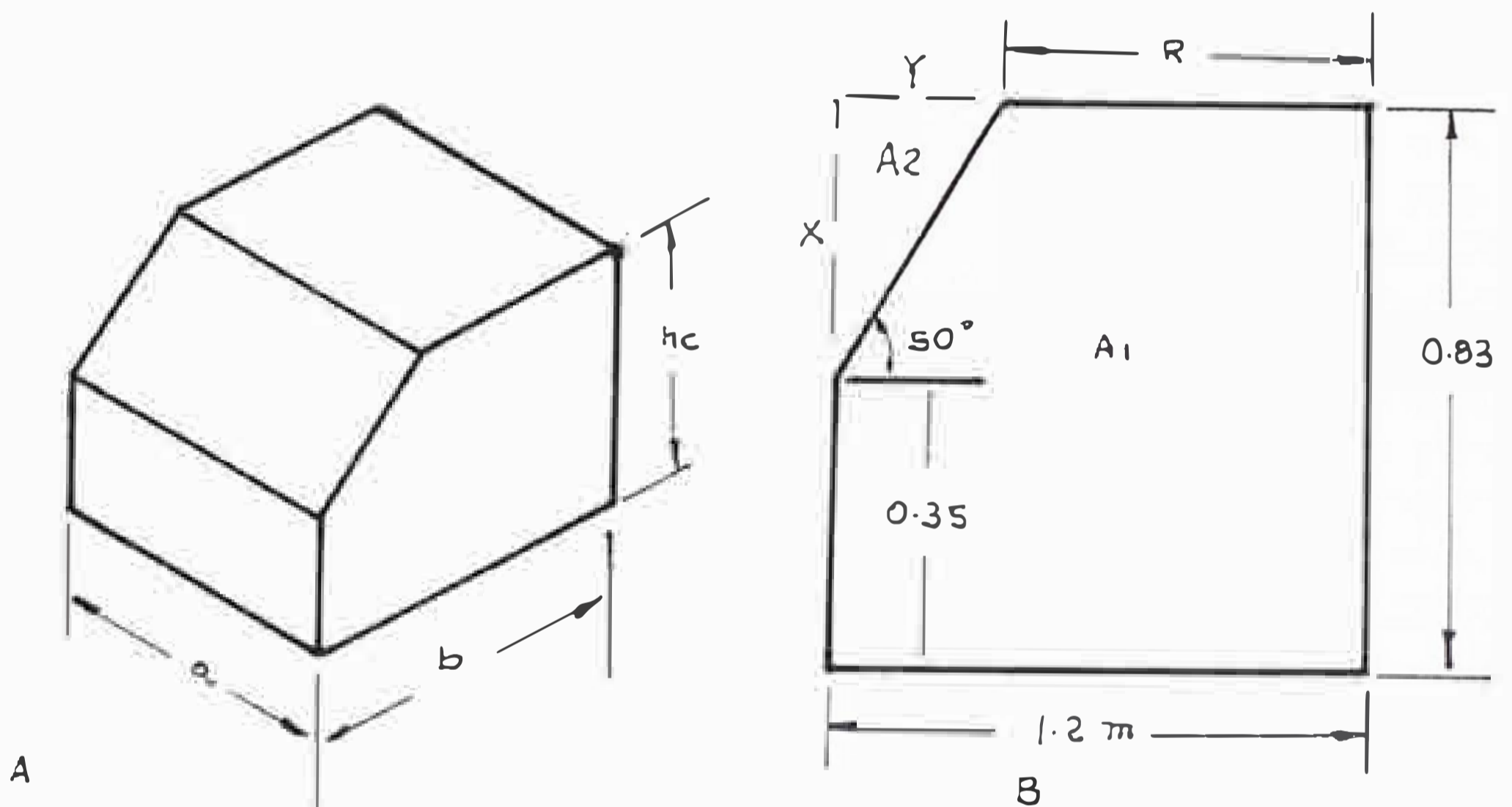
Cálculo de la altura a la malla ( $h_m$ ):

$$hm = \text{Altura de la arena} + 0.071 \text{ m}$$

$$hm = 0.3192 + 0.071$$

$$hm = 0.39 \text{ m}$$

### 3.2.2 CALCULO Y DISEÑO DE LA CABINA DE GRANALLADO



#### CALCULO DEL VOLUMEN DE LA CABINA (Vc)

Fórmula General:

$$V = a \times b \times hc \quad (1)$$

De la Figura 3.3 - B:

$$V = (A1 - A2) \times a$$

Donde:

$$A1 = b \times hc = 1.20 \times 0.83 = 0.996 \text{ m}^2$$

$$A2 = Y \times X/2 = 0.4027 \times 0.48/2 = 0.09665 \text{ m}^2$$

Además:

$$X = 0.83 - 0.35 = 0.48 \text{ m}$$

De la Figura 3.3 B

$$Y = 0.48 \times \cot 50^\circ = 0.4027 \text{ m}$$

De la Figura 3.3 B

$$R = 1.20 - Y = 0.797 \text{ m}$$

Reemplazando los valores de  $A_1$  y  $A_2$ , en la ecuación (II):

$$V_c = (0.996 - 0.09665) \times 1.20 \text{ m}^3 = 1.0792 \text{ m}^3$$

Por consiguiente, el volumen de la cabina de granallado sera de:

$V_c = 1.0792 \text{ m}^3$
----------------------------

Para el cálculo de las dimensiones de la cabina de granallado se ha tomado en cuenta el espacio de trabajo para tratar la pieza a granallar dentro de la cabina, de acuerdo al alcance del operario a través de la guantera; mediante el movimiento de clase III, asignado para dedos, muñecas y antebrazo. (3).



CUADRO N° 3.02

DIMENSIONES	PIEZA (m)	ESPACIO DE TRABAJO (m)	TOTAL (CABINA)
LARGO	0.80	0.40	1.20 m
ANCHO	0.80	0.40	1.20
ALTO	0.50	0.33	0.83

Fuente: Datos tomados de LINK BELT

#### CALCULO DE ALTURAS

1. La altura promedio al visor, está en función de la estatura del operario. Para ello se ha tomado en cuenta para operarios de 1.60 a 1.70 m de estatura.

$$h_v = 1.30 \text{ a } 1.50$$

Ver Fig. 3.1

2.  $h_g = 1.15$

Donde:  $h_g$  = Altura promedio de la guantera

3. Altura de la mesa móvil ( $h_{me}$ )

$$h_{me} = 0.85 \text{ m}$$

4. Altura de la cabina ( $h_c$ )

$$h_c = 0.83 \text{ m}$$

Ver Fig. 3.3-B

CALCULO DE CAPACIDAD DE LA MAQUINA

GRANALLADORA SECO

La capacidad de la máquina se evalúa con el volumen calculado de la tolva de alimentación de arena y de la cabina de trabajo.

$$\text{Capacidad: } V_{\text{TOTAL}} = V_c + (V_T - V_m) \quad (\text{a})$$

$$\text{Pero: } V_m = a^2 \times b^2 \times hm/3 \quad (\text{b})$$

$$V_m = \text{Volumen a la malla}$$

Además:

$$hm = a^2 \times (0.5/1.20) \quad (\text{c})$$

$$a^2 = 2.4 \times hm$$

Reemplazando el valor de (c) en (b):

$$V_m = \frac{(2.4 \times hm)^2 \times hm}{3} = \frac{5.76 \times (0.39)^3}{3}$$

$$V_m = 0.11389 \text{ m}^3$$

Reemplazado el valor de (Vm) en (a) tenemos:

$$V_m = 1.0792 + (0.24 - 0.11389)$$

$$V_m = 1.20 \text{ m}^3$$

3.2.2.1 CALCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA DE LA CABINA DE GRANALLADO Y TOLVA

Para determinar el espesor de la Plancha de la cabina de arenado, hay que tomar en cuenta:

- La velocidad del aire y arena circundante ( $v_{aa}$ )
- El peso específico de la arena con el aire ( $\tau_{aa}$ )
- La variación de presión interna ( $P_1 - P_2$ )
- El esfuerzo máximo del acero ( $\sigma_{max}$ )
- Las dimensiones de la cabina de GRANALLADO

$$- v_{aa} = 30 \text{ m/min} = 0.5 \text{ m/s}$$

$$- \tau_{aa} = 841 \text{ kg/m}^3$$

$$- P_1 - P_2 = \tau_{aa} \times (v_{aa})^2$$

$$P_1 - P_2 = 841 \text{ kg/m}^3 \times (0.5)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 210.25 \text{ (kg.m/s}^2) \times 1/\text{m}^2$$

$$= 210.25 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 - P_2 = 210.25 \text{ N/m}^2 \times 1\text{kg}/9.8\text{N}$$

$$= 21.45 \text{ kg/m}^2$$

$$P_1 - P_2 = 0.0305 \text{ PSI} = dP$$

$$- \sigma_{max \text{ acero}} = 48000 \text{ libras/pulg}^2$$

$$- \sigma_{diámetro} = \sigma_{max} / fs$$

- factor de seguridad = 2.4 = fs
- ~~σ diseño~~ = σ<sub>d</sub> = 48000/2.4 = 20000 psi

- Dimensiones del cabina de arenado expuesto al golpeo del abrasivo

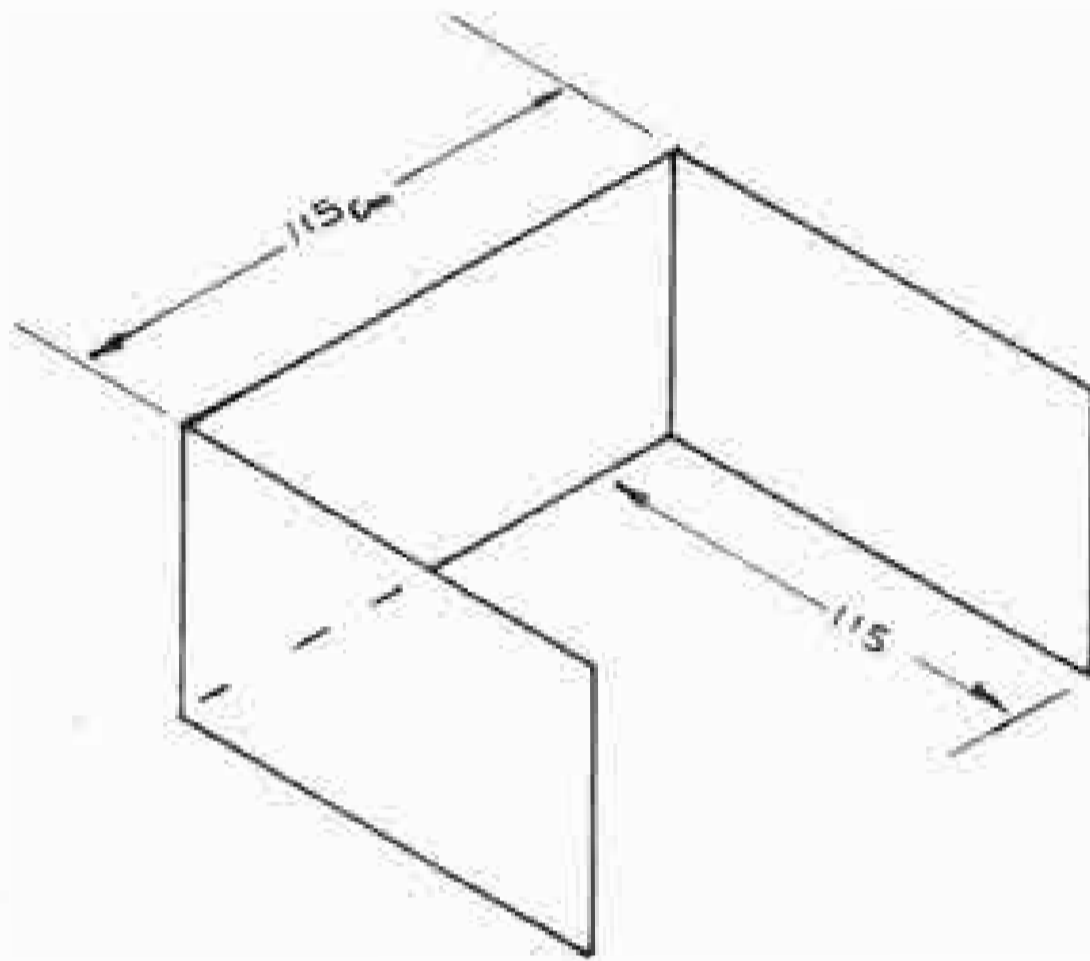


Fig N° 3.4

- Aplicando la fórmula con todas estas variables:

$$\sigma_d = \frac{dP \cdot H^2}{2 \times t^2 (1 + 0.2 (v)^4)}$$

$$t = \sqrt{\frac{dP \cdot H^2}{2(\sigma_d) (1 + 0.2v^4)}}$$

$$t = \sqrt{\frac{0.0305 \text{ lib/pulg}^2 \times (135.8)^2 \text{ pulg}^2}{2(20000) (1+0.2(0.5)^4)}}$$

$$t = \sqrt{0.13725 \text{ pulg}^2} = 0.117 \text{ pulg}$$

$$t = 1/8" = 0.125"$$

Luego la plancha de acero a usar será de 1/8" de espesor.

CALCULO DE LA PLANCHA DE NEOPRENE (JEBE) PARA CUBRIR LA PARTE INTERNA DE LA CABINA DE GRANALLADO.

Se estima importante y necesario cubrir la parte interna de la cabina de GRANALLADO con Neoprene para amortiguar los impactos, evitando los ruidos si fuera únicamente plancha de acero, brindando así a los operarios un ambiente de trabajo adecuado.

Se utilizará:

- Neoprene : 4.00 m<sup>2</sup> - 43 pies<sup>2</sup>
- Espesor : 3/8"

Estará sujeto con Stove Bolts de 1/4" x 3/8

### 3.2.3 DISEÑO DEL DOSIFICADOR DE ARENA A LA LINEA DE AIRE

El dosificador de abrasivos, para nuestro caso dosificador de arena es el elemento importante, porque en él se inicia la carrera del abrasivo,

por la combinación de succión y presión del aire que ejercen sobre la arena.

La característica principal del dosificador de abrasivo a la línea de transporte neumático es no obstruir la línea, la misma que se ha diseñado con una geometría de defensa y con una tapa de acrílico transparente de 1/2" de espesor, que nos permita así asegurarnos la presencia del material.

#### MATERIAL A USAR

- Plancha de Acero de 1/8"
- Plancha Acrílica de 1/2" Transparente
- Empaquetadura de Jefe 1/4"
- Pernos de 5/16" x 3/4" y 3/8" x 3/4"

Este dosificador va sujeto a la tolva, con Pernos en las bridas rectangulares.

Dimensiones:

Dosificador de 12.5 x 10 x 10 m

Materiales: Plancha de Acero 1: 12.5x10 cm de  
1/8"

2: 10 x 10 cm

Plancha Acrílica de 1/2" de espesor  
x 10 cm

DOCIFICADOR DE ARENA

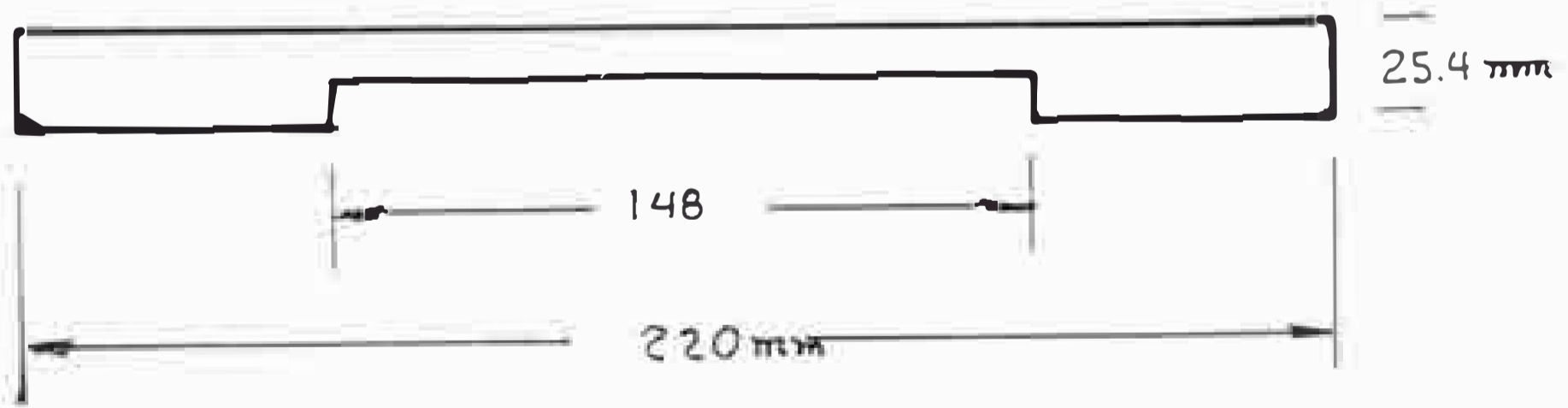
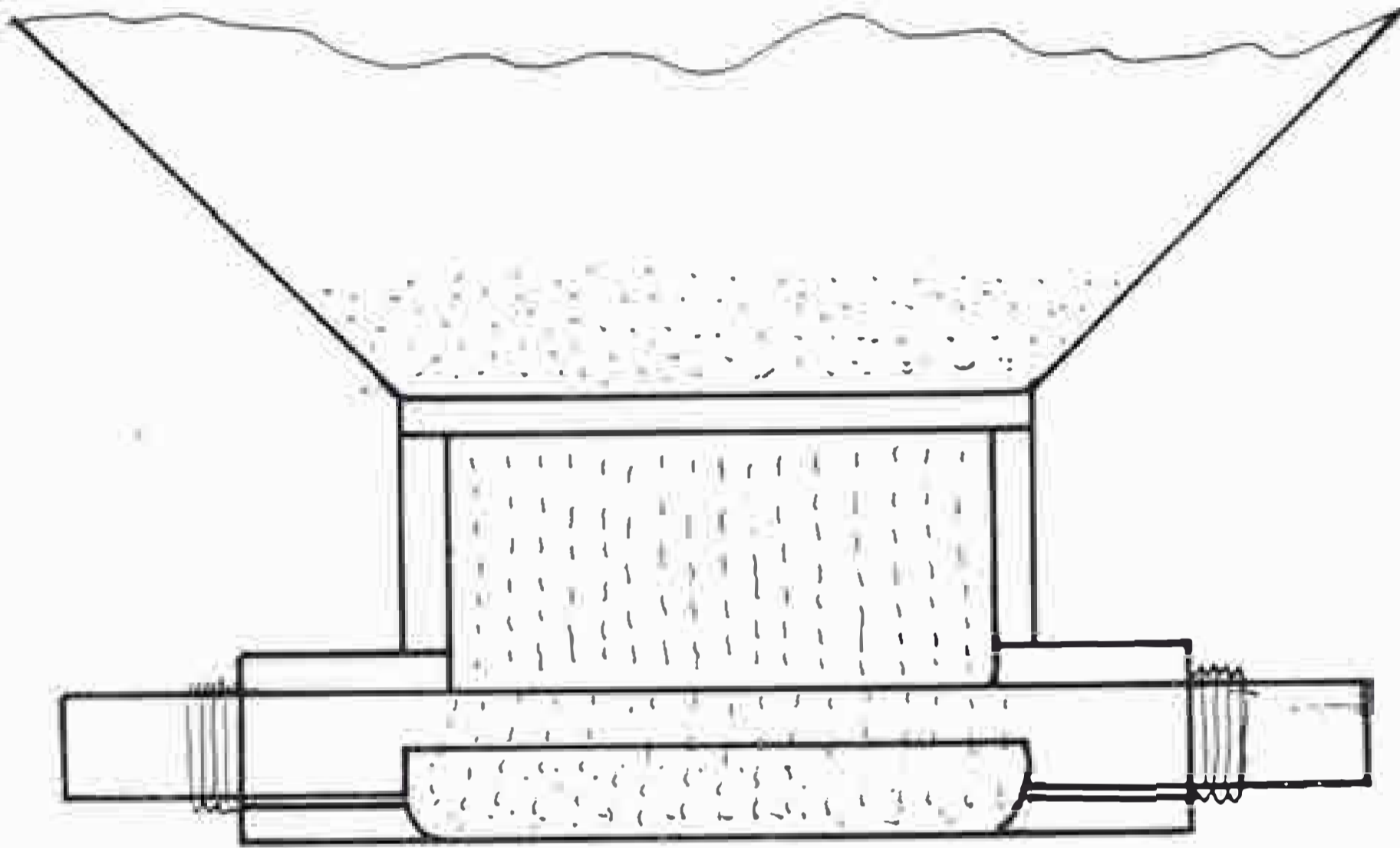


Fig. N° 3.5

### 3.2.4 REQUERIMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO EN CHORRO DE ARENA

El aire comprimido es la fuente de energía, tanto para los de succión como de presión; creando un flujo y caudal para la impulsión de partícula abrasiva.

La acción de GRANALLADO se efectúa debido al impacto de la partícula abrasiva contra la superficie, la cual será de mayor intensidad cuando adquiera mayor energía cinética y dicha energía está en función directa de la presión del aire comprimido.

De allí que la intensidad y el rendimiento de la tarea dependerá de la presión de trabajo en el final de la boquilla de proyección; lugar donde se produce la máxima aceleración de la partícula abrasiva.

Se deberá cuidar en lo posible y evitar las pequeñas caídas de presión, para no causar grandes disminuciones en el rendimiento de la operación.

Cuando se plantea la necesidad de montar una instalación de arenado, aparte de requerir un compresor de tantos  $\text{kg/cm}^2$ , es necesario considerar el caudal de aire disponible a la



presión de utilización. Así para tareas de arenado especiales, se necesitarán presiones de trabajo entre 6 bar y 7 bar, con caudales que varían desde 1 m<sup>3</sup>/min hasta 11m<sup>3</sup>/min.

Todo depende del diámetro de la boquilla de proyección de arena usada. A mayor diámetro mayor consumo de aire y por ende más rápidamente se efectuará el GRANALLADO.

### 3.2.5 CALCULO DEL CAUDAL DE SUCCION Y ABASTECIMIENTO DE AIRE

#### Parámetros

$P_i$  = Presión de ingreso a la boquilla de proyección o presión efectiva de trabajo.

$P_i = 7 \text{ bar} = 700 \text{ kPa}$

$T_i$  = Temperatura a la entrada de la boquilla = 300 K

$A_i$  = Area a la entrada de la boquilla de proyección

$A_i = \pi(\emptyset)^2 / 4$  ,  $\emptyset = 42 \times 10^{-3} \text{ m}$

$V_i$  = Velocidad de transporte neumático de la arena dentro del ducto. Esta

velocidad oscila entre 30 y 45 m/s (según el MANUAL DE TRANSPORTE NEUMÁTICO de materiales pulverulentos - 1974). Velocidad promedio de la arena.

$$V_i = 35 \text{ m/s}$$

$A_s$  = Area a la salida de la boquilla

$$\begin{aligned} \varnothing_s &= \text{Diámetro a la salida de la boquilla=} \\ &= 7 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

$V_s$  = Velocidad a la salida de la boquilla

$\dot{Q}$  = Consumo específico de la máquina  
(m<sup>3</sup>/min)

$$\dot{Q} = A_s \times V_s \quad (A)$$

Aplicando continuidad:

$$\dot{m} = \rho_i \times A_i \times V_i = \rho_s \times A_s \times V_s$$

Se tiene, entonces:

$$V_s = V_i \times \left( \frac{A_i}{A_s} \right) = V_i \times \left( \frac{\varnothing_i}{\varnothing_s} \right)^2$$

Reemplazando valores de velocidad a la entrada y relación de diámetros, se calcula la velocidad de salida:

$$V_s = 35 \text{ m/s } (42/7)^2 = 1260 \text{ m/s}$$

$$V_s = 1260 \text{ m/s} = 75,600 \text{ m/min} \quad (B)$$

Reemplazando valores hallados, la ecuación (B) en (A), tenemos el caudal de aire solicitado.

$$\dot{Q} = \pi \varnothing^2 / 4 \times V_s$$

$$\dot{Q} = \pi/4 (7 \times 10^{-3})^2 \times 75600 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{Q} = 2.91 \text{ m}^3/\text{min}$$

Por lo tanto, el consumo de aire comprimido para el chorro de arena en condiciones es de 2.91 m<sup>3</sup>/min de aire. A este valor calculado, se le añadirá un factor de carga o de seguridad para el consumo total máximo permisible de la máquina, tal como recomiendan los catálogos y manuales de aire comprimido.

Según: Teoría y Cálculo de aire comprimido "E.

CARNICER ROYO" 1977 - Página 210 - 211. Y

el Manual de BLASTING - Máquinas y Equipos  
- Página 39.

Factor de carga = 20 a 30 % sobre el total del  
caudal calculado.

Por consiguiente, el consumo total de aire  
comprimido en chorro de arena será:

$$\dot{Q} = 1.20 \times 2.91 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{Q} = 3.49 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{Q}_t = 3.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

El consumo de aire comprimido en chorro de arena, también se puede calcular mediante el ábaco de la Fig. 3.7, teniendo los parámetros de la presión de servicio, esto es 7 bar (presión de salida del compresor) y el diámetro real de la boquilla, vale decir 7mm Ø interior (a la salida de la boquilla). También la Tabla 1.7, indica el consumo de aire comprimido.

Observando la Figura 3.7, para 7 Bar (7 kg/cm<sup>2</sup>) y Ø = 7 mm, se tiene el caudal de 3.5 m<sup>3</sup>/min.

### 3.2.6 CALCULO Y SELECCION DE LA POTENCIA DEL COMPRESOR

#### CALCULO DE LA POTENCIA DEL COMPRESOR:

Por Termodinámica:

$$W = \frac{k \times P_1 \times Q}{k - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{0.286} - 1 \right]$$

Donde:  $k = 1.4$ ,  $P_1 = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$ ,  
 $P_2 = 7 \text{ bar}$ .

Reemplazando valores en la ecuación general, tenemos:

$$W = \frac{1.4 \times 100 \text{ kN/m}^2 \times 3.5 \text{ m}^3/\text{min}}{(1.4 - 1) \times 60 \text{ s/min}} \left[ \left( \frac{7}{1} \right)^{0.286} - 1 \right]$$

$$W = 15.18 = 20.4 \text{ HP}$$

Al momento de seleccionar el compresor, se prevé un margen de seguridad de 10 a 20 % sobre el valor calculado.

Por lo que la Potencia requerida del compresor es:

$$W = 1.20 \times 20.4$$

$$W = 24.4 \text{ HP}$$

### SELECCION DEL COMPRESOR

Para seleccionar la potencia del compresor solicitado, también se puede hallar directamente utilizando el ábaco de la Figura 3.7 donde se lee aproximadamente 27 CV = 24 HP. Del mismo modo la Tabla 1.6 indica, que para 3.5 m<sup>3</sup>/min de aire, se requiere una potencia de 23.9 HP.

Según el Cuadro N°3.03 se tiene:

$$\dot{W} = 3.5 \times 5.03 = 17.6 \text{ kW}$$

$$\dot{W} = 17.6 \text{ kW}$$

$$\dot{W} = 23.6 \text{ HP}$$

A continuación se extracta el cuadro, sobre la selección del Tipo de Compresor en función de la Potencia de entrada, según: MANUAL DEL INGENIERO - TYLER. Página 3.319.

CUADRO N° 3.03

## SELECCION DEL TIPO DE COMPRESOR - POTENCIA DE ENTRADA EN KW

Altura (m)	UNA ETAPA			DOS ETAPAS		
	Presión de descarga (kPa)			Presión de descarga (kPa)		
	400	550	700	400	550	700
0	4.29	5.14	5.82	3.87	4.50	5.03*
600	4.19	4.98	5.61	3.77	4.35	4.85
1200	4.06	4.79	5.43	3.64	4.16	4.66
1800	3.95	4.64	5.27	3.50	4.00	4.48

(\*) A nivel del mar, un compresor de dos etapas requiere 5.03 kW por m<sup>3</sup>/min de aire.

Por consiguiente, por el Cuadro 3.03:

$$W = 3.5 \times 5.03 = 17.6 \text{ kW}$$

$$W = 17.6 \text{ kW} = 23.6 \text{ HP}$$

TABLA N° 1.6

Diámetro de la Boquilla	Consumos de aire, arena y HP del Compresor	Presiones de Trabajo en la Boquilla		
		5 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>	7 kg/cm <sup>2</sup>
5 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	1.4	1.6	1.8
	Arena:kg/h	88.0	97.0	119.0
	HP requeridos	8.6	11.0	12.3

TABLA N° 1.6(\*\*)

(continuación)

Diámetro de la Boquilla	Consumos de aire, arena y HP del Compresor	Presiones de Trabajo en la Boquilla		
		5 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup>	7 kg/cm <sup>2</sup>
6 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	1.4	1.6	1.8
	Arena:kg/h	88.0	97.0	119.0
	HP requeridos	8.6	11.0	12.3
7 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	1.9	2.3	2.6
	Arena:kg/h	159.0	183.0	220.0
	HP requeridos	12.4	15.8	17.5
8 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	2.7	3.1*	3.5
	Arena:kg/h	225.0	285.0	392.0
	HP requeridos	17.0	21.5	23.9
9 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	4.3	4.9	5.8
	Arena:kg/h	389.0	432.0	518.0
	HP requeridos	27.8	35.5	39.5
10 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	5.4	6.4	7.2
	Arena:kg/h	520.0	580.0	670.0
	HP requeridos	34.3	43.7	48.7
12 mm	Aire:m <sup>3</sup> /min	7.6	8.8	10.2
	Arena:kg/h	680.0	756.0	910.0
	HP requeridos	49.5	63.0	70.0

Nota : (\*) Valores de Diseño

(\*\*) Esta Tabla es un parámetro para el diseño de máquinas arenadoras secas.

Fuente: Manual S.A.I.C. BLASTING, MAQUINA GRANALLADORAS



### 3.2.7 SELECCION DE LA BOQUILLA DE PROYECCION DE ARENA

La eficiencia en el proceso de granallado depende en gran medida de la elección correcta de la boquilla de proyección. La elección correcta, para el granallado por aire comprimido es tan importante como la calidad del resto del equipamiento, pues por sí misma determina el consumo de aire, cantidad de abrasivo proyectado y la superficie granallada en la unidad de tiempo.

Para dicha elección se debe tener en cuenta una serie de factores que van desde la superficie a granallar en la unidad de tiempo a la capacidad útil del compresor instalado, pasando por el grado de oxidación de la superficie, revestimientos a ser removidos, secciones de fácil o difícil acceso, abrasivo empleado, etc., cada uno de estos factores determinan la elección correcta de la boquilla del chorro de arena.

Los principales factores que con frecuencia intervienen como parámetros que definen a la boquilla de proyección son los siguientes:

- i.- Alma de la boquilla

- 2.- Longitud de la boquilla
- 3.- Menor diámetro nominal
- 4.- Sección Longitudinal del orificio de pasaje.

#### 1. ALMA DE LA BOQUILLA

El material del pasaje interno de la boquilla es el que se encuentra en contacto con la mezcla de aire-arena cuando esta adquiere la velocidad máxima. Por lo tanto el material considerado deberá tener la más alta resistencia a la abrasión.

Para el caso de diseño, se ha elegido para la fabricación del alma de la boquilla de granallado el material siguiente:

Material : Carburo de tungsteno -ASTM  
(B276-54)

Dureza Vickers : 1650 a 1809 -ISO 9(K01)

Porosidad Máxima: A3 B2 C1 - ASTM

En la actualidad el material más difundido para la fabricación de las almas de boquillas de proyección es el carburo de tungsteno, Otro material que se puede utilizar es el carburo de boro que determina una duración de 700 horas de arena. Sin embargo su uso es

menos difundida debido a' costo de dicho material (tanto para fabricar como para reparar).

Al fabricar el alma de la boquilla se deberá construir de una sola pieza, por que fabricado en dos partes, las juntas de unión se fracturan fácilmente, disminuyendo por ende su vida útil y la calidad de la superficie granallada.

## 2. LONGITUD DE LA BOQUILLA

La longitud esta relacionada con el grado de oxidación de la superficie a a granallar y las condiciones geométricas de la misma.

Para el diseño se ha escogido boquillas tipo Venturi corto, que normalmente se usan y según sea su diámetro nominal tiene una longitud entre 60 y 100 mm y las distancias de trabajo a la superficie de la pieza a procesar varían de 100 mm a 300 mm.

Para efectuar la limpieza de la superficie de mayor grado de oxidación o capas duras de cascarilla de laminación, esmaltado, etc., se deberá recurrir a boquillas de mayor longitud que oscilan entre 100 y 180 mm, dependiendo de su diámetro nominal, con las cuales es

posible trabajar de 300 a 500 milímetros de la superficie, obteniéndose mayores rendimientos.

Al momento de seleccionar el tipo de material a utilizar y, la longitud, se deberá tener en cuenta un factor importante en el diseño de la boquilla en cuanto al cono de entrada de modo tal que éste se encuentre en relación con el diámetro de la manguera empleada. Las dimensiones comúnmente utilizadas para seleccionar la longitud de la boquilla se extracta en la Tabla N° 1.8.

De acuerdo a la Tabla 1.8 la longitud de la boquilla (asumiendo) sera:  $L = 85$  mm, para  $\phi_i = 7$ mm.

### 3. MENOR DIAMETRO NOMINAL

En la medida del orificio de pasaje de la boquilla en su sección mínima y es el valor más importante de la elección, pues define, para una presión dada de trabajo, el consumo de aire de la máquina granalladora, y por ende también la capacidad del compresor.

En este punto no sólo debe tenerse en cuenta el valor del diámetro nominal, sino considerar también el máximo desgaste

admisible en la boquilla. El límite de desgaste de la boquilla esta dado, primero por el espesor de la capa de metal duro en el alma de la boquilla, y segundo por la capacidad máxima disponible en el equipo compresor de servicio. Es importante también el control periódico de dicho valor para que en función del desgaste producido no sobrepase el valor máximo admitido. Dicha medición se realiza con el dispositivo de medición de "diámetros nominales".

Para elegir el diámetro nominal del orificio interior de pasaje de la boquilla de granallado, existen dos caminos, y son los siguientes:

Utilizando la Tabla 1.7

Consiste, conocida la presión de descarga del compresor 7 bar ( kg/cm<sup>2</sup>), y el diámetro nominal asumido (7 mm de Øi). A partir de estos datos se calculó el caudal de aire libre teórico de 2.91 m<sup>3</sup>/min en el párrafo anterior.

#### 4. SECCION LONGITUDINAL DEL ORIFICIO DE PASAJE

La función de la boquilla de proyección es la de acelerar al abrasivo, dirigiéndolo hacia

la superficie a granallar. Para que la velocidad sea máxima, se deben minimizar turbulencias y pérdidas por fricción, lo cual implica un adecuado diseño del perfil interno de la boquilla.

Existen dos tipos de diseño:

A.-Boquillas de pasaje recto, en este tipo, el aumento de velocidad está acompañado por turbulencias que restan energía cinética a la partícula y por lo tanto bajo rendimiento de la operación. Además se produce la dispersión en el borde de salida proyectando al abrasivo de la forma indicada en el Figura 3.8-A, lográndose dos zonas bien diferenciadas, una perfectamente procesada y otra que la circunda con un granallado difuso, necesitándose pasadas adicionales para uniformizar la superficie.

B.-Boquillas con diseño Venturi: Este tipo se compone de un cono de entrada que acelera en la garganta (área mínima), la mezcla aire-arena y se define en diámetro nominal.

El efecto logrado es acelerar el aire comprimido en el cono de entrada hasta la

garganta, alcanzándose velocidades supersónicas lo que posibilita que la misma siga incrementándose en el cono de salida de la boquilla, duplicando la velocidad alcanzada en la garganta.

Comparándolas con las boquillas de diseño recto, se logran con las de diseño Venturi, velocidades de proyección cercanas al doble y una dispersión mucho menor, obteniéndose un círculo de impacto uniforme tal como se muestra en la Figura 3.8-B.

Para el diseño se ha elegido el tipo Venturi corto, porque realiza un trabajo homogéneo con mayor rapidez y el rendimiento de trabajo aumenta de 10 % a 60 %, lo que equivale a una disminución en los costos operativos a pesar de un mayor costo inicial relativo.

#### 3.2.7.1 Desgaste de la Boquilla de Proyección de Arena

El desgaste de la boquilla es inevitable durante el proceso de granallado; para ello, es necesario sobredimensionar la capacidad del compresor en un 20 a 30% del consumo de aire, según el diámetro de la

boquilla escogido, para compensar el mayor consumo debido al aumento de diámetro, producto de su propio desgaste.

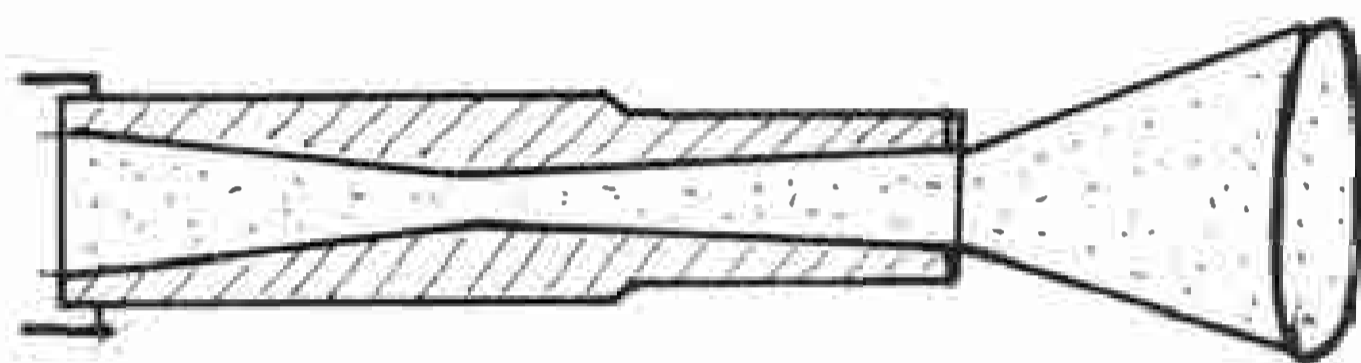


FIG Nº 3.7

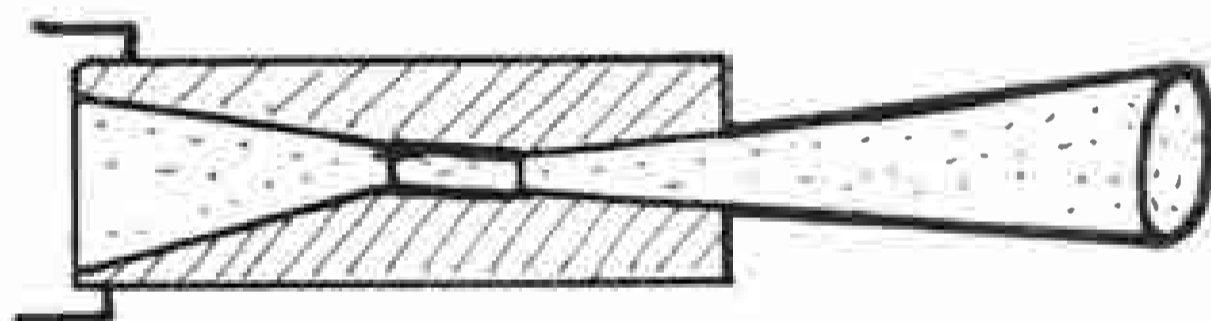


FIGURA 3.8 CIRCUITOS DE IMPACTO, BOQUILLAS  
RECTAS Y VENTURI

Se sabe que el gasto de aire comprimido es directamente proporcional al cuadrado del diámetro nominal el que será función del desgaste de la misma. Por esta razón



se sobredimensiona el compresor (mayor inversión inicial); vale decir cuanto mayor sea el sobredimensionamiento del compresor, mayor será el desgaste admisible de la boquilla y de esa forma menor será el costo de la boquilla amortizada en horas de trabajo. Ahora bien si se usa un compresor con poco margen de capacidad (menor inversión inicial), el tiempo de utilización de la boquilla será menor, debido a admitir un menor desgaste total, aumentando el costo de la boquilla por hora de trabajo.

Como regla práctica se acepta: que el valor del cuadrado del diámetro máximo no debe ser superior al doble del cuadrado del diámetro original de la boquilla. Lógicamente en este punto la relación entre consumos de aire comprimido es exactamente el doble.

Siguiendo esta regla el compresor solicitado deberá suministrar el doble del caudal de aire comprimido indicado para el diámetro nominal de la boquilla a utilizar.

TABLA N°1.7

OPERACION DE GRANALLADO M<sup>2</sup>/H

Grado de preparación por granallado m <sup>2</sup> /h	Condición de la superficie (grado de oxidación)	Diámetro de la boquilla					
		5	6	7	8	10	12
1 Granallado a Metal Blando Norma SSPC SSPC, SPS Norma SIS Sa 3	Mínima oxidación sin picaduras	2.9	5	7.5	9	13	22
	Cascarilla de laminación Cavidades pequeñas de herrumbre	2.4	4	8	7.5	11	15
	Pintura horneada. Cavidades de herrumbre	1.4	2	3	4.5	7	11
	Varias capas de pintura Grandes cantidades de herrumbre	11	18	27	3.6	5.5	9
2 Granallado Cerca del Metal blanco	Mínima oxidación sin picaduras	31	5.5	8	9.5	14	24
	Cascarilla de Laminación Cavidades pequeñas de herrumbre	25	5	7.5	8	12	19
	Pintura horneada Cavidades de herrumbre	15	25	35	48	7	11

TABLA N°1.7

(continuación)

OPERACION DE GRANALLADO M<sup>2</sup>/H

Grado de preparación por granallado m <sup>2</sup> /h	Condición de la superficie (grado de oxidación)	Diámetro de la boquilla					
		5	6	7	8	10	12
2 Granallado Cerca del Metal blanco	Varias capas de pintura Grandes cavidades de herrumbre	12	2	3	38	6	9
3 Granallado Terminación comercial Norma SSFC SSFC-SP10 Norma SIS Sa 212	Mínima oxidación sin picaduras	73	12	18	22.5	33	56
	Cascarilla de laminación Cavidades pequeñas de herrumbre	49	8	12	15	22	30
	Pintura horneada Cavidades de herrumbre	36	6	9	11	14	28
	Varias capas de pintura. Grandes cavidades de herrumbre	24	4	6	76	11	18
4 Granallado rápido Norma SSFC SSFC-SP7 Norma SIS Sa 1	Mínima oxidación sin picaduras	14	27	36	45	65	110
	Cascarilla de laminación Cavidades pequeñas de herrumbre	14	27	36	45	62	110

TABLA N°1.7

(continuación)

OPERACION DE GRANALLADO M<sup>2</sup>/H

Grado de preparación por granallado m <sup>2</sup> /h	Condición de la superficie (grado de oxidación)	Diámetro de la boquilla					
		5	6	7	8	10	12
4 Granallado rápido Norma SSPC SSPC-SP7 Norma SIS Sa 1	Pintura horneada Cavidades de herrumbre	14	27	36	45	65	110
	Varias capas de pintura Grandes cavidades de herrumbre	14	27	36	45	65	110

Nota.- Los valores consignados deben ser considerados como estimativos pues dependen de distintas variables en cada operación.

## 1.-Capacidad del consumo de aire

A este valor se le ha añadido un factor de 20 % (por fugas y para compensar el desgaste de la boquilla), resultando entonces un caudal de 3.49 m<sup>3</sup>/min. Entramos en la Tabla 1.7 y se observa que a una presión de 7 kg/cm<sup>2</sup> y al  $\phi_i = 7$  mm, valor que se asumió, el caudal máximo

permisible es de 3.5 m<sup>3</sup> por minuto de aire.

Por consiguiente el valor real del orificio de pasaje de la boquilla queda definido por:

$Q_1 \equiv$  diámetro nominal de la boquilla  $\equiv 7$  mm

$Y:P \equiv 7$  kg/cm<sup>2</sup>  $\equiv$  Presión efectiva de trabajo

$HP \equiv 23.9 \equiv$  Potencia solicitada para el compresor

2.-Mediante el grado de preparación por granallado (Normas SIS u SSPC)  $\equiv$  Superficie a granallar en la unidad de tiempo (m<sup>2</sup>/h).

Este método está basado en datos experimentales y normas ya establecidas por el Instituto Sueco de Corrosión y el Steel Structure Painting Council de EE.UU. Para ello se extracta la Tabla i.7

Para utilizar esta Tabla i.7 hay que conocer las condiciones de la superficie a granallar (cascarilla de laminación, cavidades de

herrumbre, varias capas de pintura, mínima oxidación, etc.) el grado de preparación según la norma. Conocido estos datos se selecciona el diámetro adecuado de la boquilla para cada caso a tratar. Una vez establecida el diámetro nominal, se utiliza la Tabla 1.7 para completar la selección del sistema.

La tabla 1.7 indica que un aumento en un 100 % en el diámetro nominal produce un aumento del 400 % en el rendimiento de la operación. De modo que si con una boquilla de 6 mm de diámetro nominal se puede granallar  $0.56 \text{ m}^2/\text{h}$  de superficie, utilizando otra cuyo diámetro nominal sea de 12 mm, se deberá a granallar  $4 \times 0.56 = 2.25 \text{ m}^2/\text{h}$ . Como es de esperar y se indica en la Tabla 1.7 un aumento de 100% en diámetro nominal determina un consumo de aire comprimido cuatro veces mayor que el de 6mm  $\varnothing$ i. En la Tabla adjunta, se obtiene por interpolación el área de superficie granallada de  $0.78 \text{ m}^2/\text{h}$ , para una boquilla de 7mm  $\varnothing$ i.

TABLA No. 1.8

DIAMETRO DE BOQUILLA Y DE MANGUERA DE AIRE COMPRIMIDO

BOQUILLA (Ø mm)	5		6		7		8		9		10		12	
Longitud de manguera en (m)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
Diámetro de correcto de manguera en (pulg.)	3/4	1	1	1 1/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1	1 1/2	1	1 1/2

DATO:  $\phi_i = 7 \text{ mm}$        $P_i = \text{bar}$  ( 7 Kg/cm<sup>2</sup>)      ,      y Caudal = 3.5 m<sup>3</sup>/min

Selección del diámetro de manguera: 1"Ø, Selección de longitud de manguera:  
L = 15m.

TABLA No. 1.9

DIAMETROS DE MANGUERAS DE AIRE COMPRIMIDO Y CAUDALES MAXIMOS DE AIRE

Longitud	15 m	30 m
Diámetro	3/4" 1" 1 1/4" 1 1/2"	1" 1 1/4" 1 1/2" 2" 3"
Caudal Max. m <sup>3</sup> /min.	1.7 3.5 7.0 9.8	2.5 5.0 7.0 14 42

DATOS: Caudal = 3.5 m<sup>3</sup>/min y P = 7 bar

Selección del Diámetro de la manguera: 1" Ø, con 15 m. de longitud.



### 3.2.8 SELECCION DE MANGUERA DE AIRE COMPRIMIDO

En una instalación de aire comprimido se debe minimizar en lo posible las caídas de presión mediante un diseño correcto de la instalación.

Para minimizar las caídas de presión se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Diámetros internos u longitudes de mangueras

Diseño de los acoples utilizados

Diseño del circuito de aire en la máquina granalladora.

Rugosidades internas de las tuberías de aire, etc.

Como en toda instalación de aire comprimido se aceptará como razonable una caída de presión de hasta un 2% en los trazos de mangueras y un 5 % en el total de la instalación. Tomando como base una presión de salida en el compresor de 7 bar, se tendrá:  $\times 0.02$  0.14 bar, y 0.35 bar (tramo de mangueras y el total de la instalación), medida en la entrada de la boquilla. Con estos valores tenemos una presión efectiva de trabajo de 6.65 bar (inclusive desde 5 y 6 bar)

Para seleccionar la manguera de aire comprimido, extracta la Tabla 1.8 y la Tabla 1.9.

Longitud: 15 m

Diámetro: 1"Ø, con caudal de 3.5 m<sup>3</sup>/min y 7 kg/cm<sup>2</sup>

### 3.2.9 SELECCION DE MANGUERA DE ABRASIVOS

Las mismas consideraciones expuestas para la manguera de aire comprimido, pueden tomarse en este caso; pero se debe tener en cuenta que en las mangueras de abrasivos no sólo se producen caídas de presión en su longitud, sino la pérdida de energía cinética de la partícula de abrasivo por fricción contra sus paredes.

Es necesario reducir en este caso en lo posible la longitud de la manguera de abrasivos y tratar de trabajar con tramos de hasta 10 ó 15 m.

Para evitar estas dificultades, se recomienda contar con máquinas granalladoras móviles, que permiten circundar el área de trabajo sin alargar la manguera de abrasivo.

La manguera de abrasivos se ha escogido, teniendo en cuenta una longitud de 10 m, y el diámetro de la boquilla del chorro de arena  $\phi = 7 \text{ mm}$ .

Por consiguiente el diámetro solicitado de la manguera de abrasivos, será:  $\phi = 1"$  (ver Tabla 1.1)

Se recomienda en todos los casos de instalación de las mangueras mediante acoples de anclaje exterior y cierre rápido; manteniéndose en todo el tramo, el diámetro de pasaje de la manguera. Produciéndose caídas de presión sólo por el largo de la manguera.

### 3.2.10 CALCULO Y DISEÑO DE LA CAMARA SEPARADOR POLVO-AIRE

#### 1. MATERIAL

- Plancha de acero
- Esfuerzo de Rotura: 65000 psi
- Esfuerzo de Fluencia: 48000 psi =  $\sigma_r$

#### 2. CONDICIONES DE DISEÑO

El cálculo se analizará por esfuerzos y deformaciones: Placas rectangulares con

bordes largos empotrados y bordes cortos apoyados.

Carga uniforme en la superficie.

### 3. CALCULO DEL ESPESOR DE PLANCHA

Dimensiones de una plancha

Largo: 96"  $\cong$  240 cm  $\cong$  A

Ancho: 48"  $\cong$  120 cm  $\cong$  B

Estimando un factor de seguridad:  $f_s \cong 2.4$

Determinamos el esfuerzo de diseño  $\sigma_d$

$$\sigma_d = \frac{\sigma_r}{f_s}$$

$$\sigma_d = \frac{4800}{2.4} \cong 20000 \text{ psi}$$

$\sigma_d \cong 20000 \text{ psi}$
------------------------------------

Luego aplicando la fórmula para Placas Rectangulares. Pág. 3-21 Esfuerzos y Deformaciones Ing. Hori.

$$\sigma_{max} = \frac{P_1 \times H^2}{2t^2 (1+0.2a^4)}$$

Para  $u = 0$   $a = B/A$

$$a = 120/240 = 0.5$$

Para máquinas granalladoras se considera  
 $B_i = H =$  Longitud de ingreso, entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{P_1 \times H^2}{2t^2 (1+0.2(0.5))_4}$$

Cálculo de la Variación de la Presión ( $P_1$ )

$$P_1 = P_2 = \rho_p \times v_s$$

$\rho_p =$  Peso específico del polvo

$$\rho_p = 80 \text{ kg/m}^3$$

$$H = (120 \text{ cm}) \times 4 \text{ lados} = 189''$$

$v_s =$  Velocidad del polvo dentro  
de la cabina y cámara.

$$v_s = 0.5 \text{ m/s}$$

$$\text{Luego: } P_1 - P_2 = 80 \text{ kg/cm}^3 \times (0.5)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$P_1 - P_2 = 20 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 - P_2 = 20 \text{ N/m}^2 \times 1 \text{ kg/9.8N} = 2.04 \text{ kg/m}^2$$

$$P_1 - P_2 = 0.00289 \text{ psi}$$

Despejando el espesor  $t$ :

$$t^2 = \frac{P_i \times H^2}{2\sigma_{max} (1+0.2(0.5)^4)}$$

$$t = \sqrt{\frac{0.00289 \text{ psi} \times (189)^2 \text{ pulg}^2}{2(20000 \text{ psi} \times (1+0.2(0.5)^4)}}$$

$$t = 0.0505 \text{ pulg}$$

ESPESOR = t = 1/16"

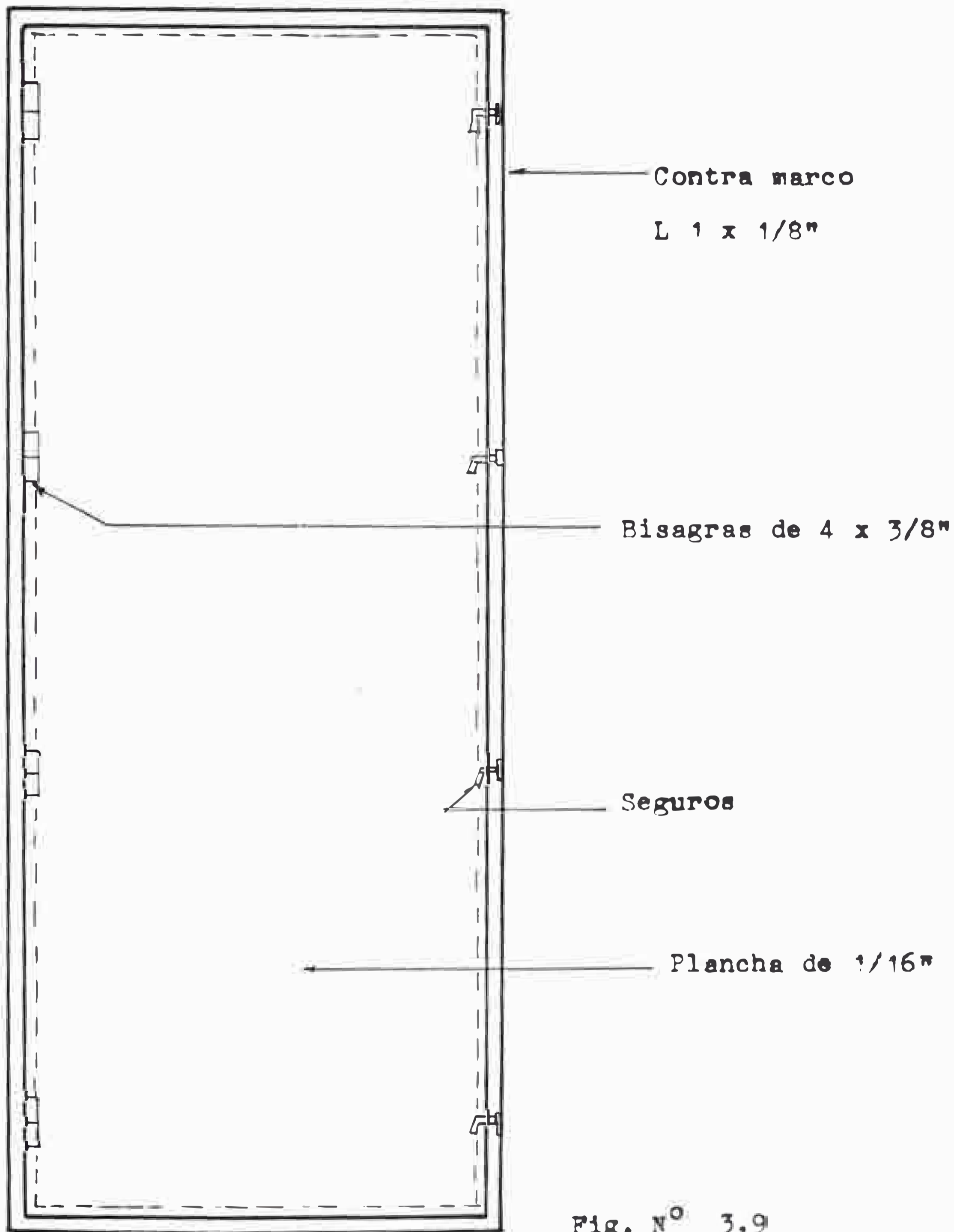
Luego para la cámara separadora de aire polvo usaremos Plancha de espesor  $t=1/16"$ .

La cámara de Polvo (Fig. 3.9) llevara una puerta en uno de los lados, la misma que se sujetará con bisagras y seguros, cerrando herméticamente con la ayuda de una cinta de goma.

Por esta puerta se logrará reparar y cambiar las magas que sufran algún desperfecto.

### 3.2.11 SELECCION DE ELEMENTOS FILTRANTES

Zona donde se separa el polvo de la corriente en que ha sido acarreado, se llama zona de separación.



Puerta de Acceso a las Mangas

Existen diferentes equipos separadores, lo que son de diferente eficiencia (porcentaje de captación de polvo), los que se escogen de acuerdo a diferentes factores como:

- a) Las propiedades y características del polvo
- b) La cantidad de polvo a ser atrapado por unidad de tiempo
- c) La temperatura
- d) La relación aire/polvo
- e) La ubicación del colector o separador
- f) La continuidad de la operación
- g) Salubridad
- h) Costos.

De acuerdo a las condiciones de la operación de granallado, se seleccionará una combinación de separadores por choque y filtro de tela. Primero por que dentro de la cabina existe la circulación de arena gruesa más polvo, y para que la arena gruesa no salga dentro de la cabina se ubicará un deflector, dejando ingresar al separador propiamente dicho



solamente el polvo para ser retenido en un filtro de tela (tubos de tela seco).

TABLA 1.12

COLECTORES COMERCIALES DE PARTICULAS QUE SE PUEDEN  
SEPARAR EN MICRAS

Tipo de Separador	Tamaño Mínimo de Partículas
-Por gravedad o tolva de retención	200
-De choque	50 a 150
-Centrífugo ciclones grandes	30 a 60
-Centrífugo ciclones pequeños	5 a 30
-Mecánicos	5 a 30
-Filtros	0.1 a 0.3
-Precipitación Electroestática	0.001 a 1.0

3.2.12 CALCULO DEL SISTEMA DE EXTRACCION Y FILTRADO

El caudal de aire de extracción dependerá del volumen de la cabina de granallado o de trabajo, de sus dimensiones y del tipo de abrasivo utilizado.

CALCULO DEL CAUDAL DE AIRE DE EXTRACCION

Para abrasivos livianos, como arena, la velocidad de circulación standard es:  $V_s = 30$  m/min = 0.5 m/s (ver 3.1 -Generalidades).

Area de circulación es:  $A_s = \text{Ancho} \times \text{Alto}$  de la cabina de trabajo (circulación horizontal).

Caudal de aire de extracción =  $A_s \times V_s = 1.20 \times 0.83 (30)$

$$Q = 29.88 \text{ m}^3/\text{min} = 30 \text{ m}^3/\text{min}$$

### 3.2.13 CALCULO DE RENOVACION TOTAL DE AIRE

Renovación de aire en la cabina de trabajo en rpm.

$$\text{RPM} = \frac{Q}{\text{Vol. de Salida}} = \frac{30 \text{ m}^3/\text{min}}{1.20 \text{ m}^3} = 25 \text{ ciclos/min}$$

Para dimensiones pequeñas recomiendan dicha renovación hasta 3 veces por minuto.

El aire extraído de la cabina se filtrará mediante un sistema de filtrado con tubos de tela.

### CALCULO Y SELECCION DEL FILTRO

### CALCULO DE LA SUPERFICIE FILTRANTE ( $A_f$ ):

La superficie filtrante (tela) es proporcional al caudal de circulación. Pues esta relación mantendrá el tamaño del filtro de tela.

La relación entre la superficie de tela y el caudal de aire, dependerá de la eficiencia de retención requerida y del tipo de tela empleada. La Tabla 1.13 que se muestra indica el factor  $K_c$  o la relación arriba mencionada. Pero estos valores indican para un flujo laminar hasta 490 Reynolds.

En la Tabla 1.14 se extracta el diámetro aproximado de algunos polvos comunes.

TABLA 1.13

VALORES DE  $K_c$  PARA TELAS DIFERENTES MEDIDOS EN FLUJO LAMINAR

Tipo de Tela	Peso g/m <sup>2</sup>	Diámetro del Hilo mm	Tamaño de los Poros mm	$K_c$ m/min
Algodón limpio	—	0.51	0.25	4.0(*)
Algodón sucio	—	—	—	39.98
Algodón drill	179	0.25	0.25	0.77
Algodón satén	233	0.22	0.17	2.25

TABLA 1.13

VALORES DE Kc PARA TELAS DIFERENTES MEDIDOS EN FLUJO LAMINAR

(continuación)

Tipo de Tela	Peso g/m <sup>2</sup>	Diámetro del Hilo mm	Tamaño de los Poros mm	Kc m/min
Lana	-	-	-	2.08
Vidrio	-	0.76	-	13.33
Nylon	-	0.25	-	5.50
Nylon Lona	-	0.17	-	10.83

\* Fuente: Ingeniería Química "Perry Jhon-Chilton"

TABLA 1.14

DIAMETRO MEDIO APROXIMADO DE ALGUNOS POLVOS Y NIEBLAS COMUNES

Polvo o Niebla	Diámetro aproximado en Micras
Niebla atmosférica	2 a 15
Polvo atmosférico	0.5
Polvo de carbón	5 a 10
Polvo de cemento	40
Polvo de arena-sílice	1 a 10
Polvo de la fundición	0.1 a 100

\* Fuente: Ingeniería Química "Perry Jhon-Chilton"

## Cálculo del Número de Reynolds (Re)

$$\text{Reynolds} = \frac{D_p \times \rho_p \times V_s}{\mu} = \frac{10 \times 10^{-6} \times 80 \times 0.5 \text{ m/s}}{0.0181 \times 10^{-2} \times 0.100 \text{ N/m}^2 \text{ s}}$$

Donde:

$$D_p = 10 \text{ micras} = 10 \times 10^{-6}$$

$$V_s = 0.5 \text{ m/s} = \text{Veloc. de entrada al separador}$$

$$\rho_p = 80 \text{ kg/m}^3 = \text{Peso admisible de polvo/m}^3 \text{ de aire}$$

$$\mu = \text{Viscosidad del aire/polvo} = 0.0181 \text{ CP}$$

$$\text{CP} = \text{centipoises}$$

$$\text{P} = \text{Poise} = 100 \text{ CP} = 0.1000 \text{ N/m}^2 \text{ s}$$

Por consiguiente:

Re = 22.1
-----------

De acuerdo al cálculo obtenido tenemos un flujo laminar y podemos utilizar la Tabla 1.13 seleccionamos el tipo de tela a utilizar: Tela de algodón (limpio),  $K_c = 4.0$

$$\text{Superficie filtrante} = \frac{\text{Caudal de extracción}}{K_c}$$

$$= \frac{30 \text{ m}^3/\text{min}}{4 \text{ m/min}}$$

$$A_f = 7.5 \text{ m}^2 \quad (\text{total de tela})$$

El área proyectada del tubo de tela será:

$$A_p = \pi \times D \times L$$

$L =$  longitud del tubo de tela  $= 2.0 \text{ m}$

$D = 5.5''$ , valor asumido

Reemplazando valores, se tiene:

Área proyectada:  $A_p = \pi \times 0.1397 \times 2 = 0.877 \text{ m}^2$

Cantidad de tubos de tela a utilizar:

Número de tubos  $= A_f/A_p = 7.5/0.877 = 8.544$

$= 9$  tubos.

Por consiguiente el elemento filtrante queda definido como:

- Tipo de tela: Algodón
- Tipo de filtro: Sistema de filtrado con tubos de tela

- Diámetro del tubo de tela:  $\varnothing = 5.5''$  13.95 cm
- Cantidad a usar: 9 tubos de tela de algodón
- Mecanismo para sacudir el filtro: Manual y contraflujo
- Eficiencia promedio de captación (5 a 15 micras):
- Eficiencia ( $\eta$ ) = 99%
- Concentración de polvo: de 23 a 230 g/cm<sup>3</sup>
- Caudal de gas o polvo: 27.5 m<sup>3</sup>/h y m<sup>2</sup> de filtro
- Capacidad: de 14 a 283 m<sup>3</sup> por unidad de tiempo
- Caída de presión: 0.005 a 0.01 kg/cm<sup>2</sup>

#### 3.2.14 DISEÑO DEL MECANISMO PARA SACUDIR LAS MANGAS

- Como las mangas al ser el elemento filtrante de mayor vulnerabilidad, requiere una limpieza después de cada jornada de trabajo, para mantener su eficiencia de retención, evitando estancamientos.

- Uno de los métodos a utilizar es el contraflujo de aire a presión, pudiéndose utilizar el ventilador centrífugo de giro reversible.

- Mecanismo Manual de limpieza

Las 9 mangas van sujetas a su base inferior sujetas con abrazaderas de platina de 1" x 1/8".

Del mismo modo van sujetos a la base superior móvil con abrazaderas.

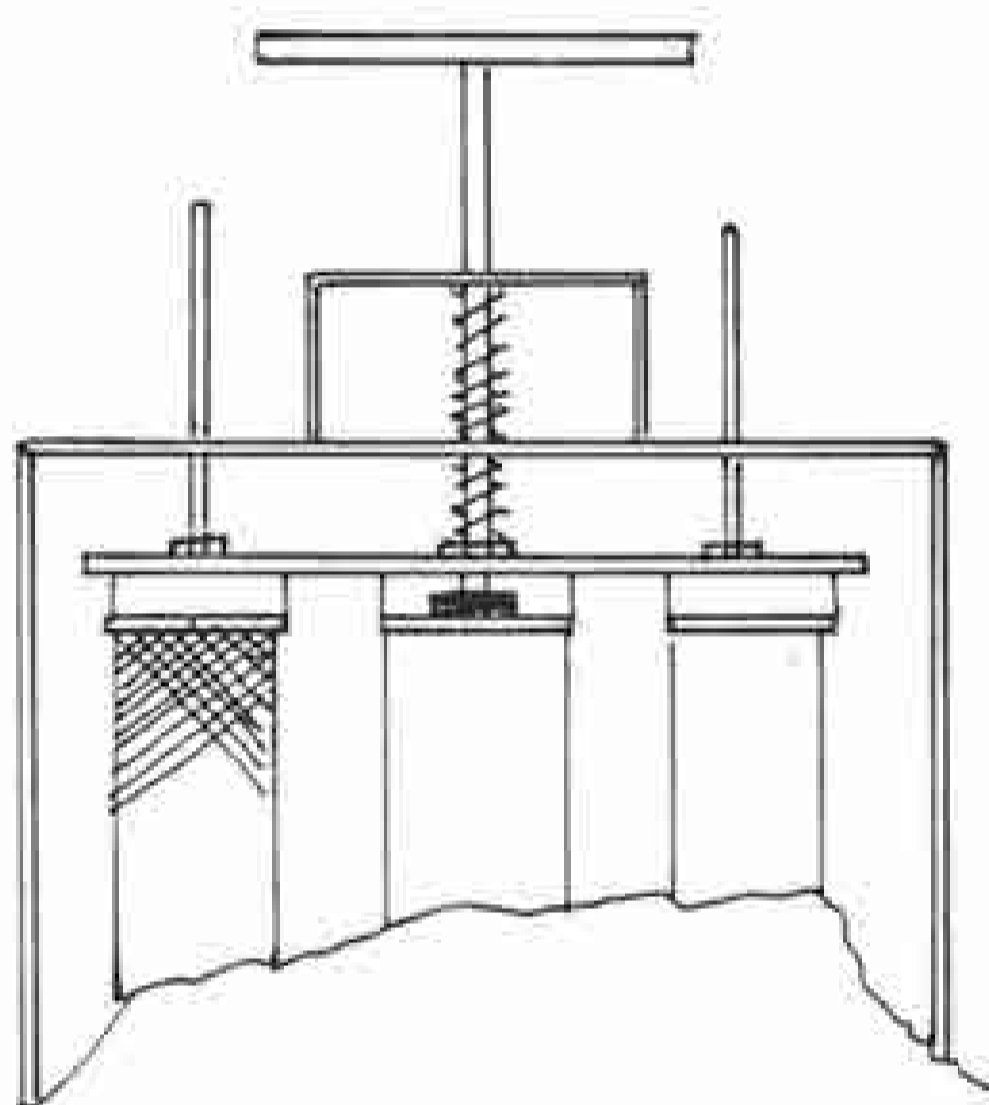
En la base superior se instala el mecanismo para vibrarlo. En el centro de la base superior se fijará un tubo de 3/4"Ø standard con dos pernos de 3/8" x 1".

En el tubo se soldará una arandela a 2" de la base.



El tubo al atravesar la tapa superior de la cámara, llevará un resorte de 5" x 1"Ø con arandelas y pín de seguridad.

Que al aplicarle una fuerza hacia abajo recorrerá unos 5 cm dejando que reaccione el resorte, vibre: Las mangas.



SISTEMA PARA SACUDIR MANGAS

FIG. Nº 3.10

#### Materiales

- 1.-Base superior Plancha 1/16"
- 2.-Barra redonda de 1/2" liso de 0.20 m
- 3.-Tubo FN de 3/4" standard: 0.25 m
- 4.-Resorte de 5" x 1" para trabajo a compresión

5.-Tres arandelas de  $1.1/4"$  x  $3/16"$

6.-1 Arandela de  $5/8"$

7.-3 empaquetaduras

8.-Un puente con platina de  $2"$ x $1.1/4"$

9.-2 pines de seguridad

10.-Seis pernos de  $3/8"$  x  $1"$

11.-2 pernos de  $5/16"$  x  $3/4"$ .

Los resultados de limpieza (sacudida) dependerá del número de accionamientos.

Se recomienda no exceder a 5 accionamientos ya que la caída del polvo. Dependerá de la acción que responda el resorte frente a la fuerza aplicada y el desplazamiento libre de la manga.

### 3.2.15 CALCULO Y SELECCION DEL EXTRACTOR DE AIRE

Para evaluar la capacidad del ventilador-extractor, es necesario evaluar la caída de presión total, vale decir la presión estática y presión dinámica.

Cálculo de la caída de presión a la entrada del separador:

$$P_1 - P_2 = \rho_p \times V_s^2 = 80 \text{ kg/m}^3 \times 0.5^2 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$P_1 - P_2 = 20 \text{ (kg-m/s}^2\text{)} \times \text{m/m}^3$$

$$P_1 - P_2 = 20 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 - P_2 = 20/9.81 \text{ kg/m}^2 = 2.04 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de la caída de presión a través de la tela filtrante:

Caída de presión = 0.005 a 0.01 kg/cm<sup>2</sup>

Asumimos valor promedio, o en todo caso el mayor valor:

$$dP = 0.0075 \text{ kg/cm}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$$

Considerando que a la salida del separador, es decir a la entrada del ventilador se mantenga 5 pulgadas de columna de agua para

ventiladores centrífugos: 5 Pulgadas de H<sub>2</sub>O =  
127 kg/m<sup>2</sup>.

CAIDA DE PRESION TOTAL: 2.04 + 75 + 127 = 204  
kg/m<sup>2</sup>

Caudal de Extracción: 30 m<sup>3</sup>/min

Eficiencia Volumétrica: 30% = 1.3, y  
eficiencia del ventilador 60 % = 0.6

$$\text{Fórmula: Potencia} = \frac{1.3 (\text{caída de presión}) \times Q_E}{\eta_v \times 60 \times 76}$$

Reemplazando valores:

$$\text{Potencia} = \frac{1.3(204 \text{ kg/m}^2) \times 30 \text{ m}^3/\text{min}}{0.60 \times 60 \times 76 \text{ kg-m/s(s/min)}}$$

Potencia = 2.9 HP = 3 HP = 2.2 kW
-----------------------------------

### 3.2.16 POTENCIA INSTALADA

La potencia instalada de la máquina granalladora seco, estará constituido por la suma total de potencias requeridas para efectuar la operación.

$$\text{Potencia instalada} = (24 + 3 + 0.45) \text{HP}$$

$$= 27.45 \text{ HP}$$

Por lo tanto la instalación queda, para una potencia instalada total de: 28 HP = 21 kW

Donde: 0.45 HP = Potencia del fluorescente de 0.08 kW

Número de fluorescentes a usar:  $4 \times 0.08 = 0.32 \text{ kW} = 0.45 \text{ HP}$ .

### 3.2.17 SELECCION DE LA VALVULA DE PRESION

La presión que nos entrega el compresor es de 7 bar = 101 psi, las pérdidas son pequeñas, porque el recorrido es corto. Estimamos una presión de trabajo de 7 bar, cuyas válvulas a seleccionar soportarán presiones igual o mayor que 101 psi.

Según el catálogo de SAUNDERS

Seleccionamos válvulas para aire comprimido

GRADO	MATERIAL	MEDIDA	TEMPERAT.	EMPLEO
T	Neopreno	1"=25mm	-5° a 100°C	Aire Compr

## Número de Válvulas 3

2 Válvulas con mecanismo de cierre  
embridada y con volante

1 Válvula con Palanca de accionamiento

TABLA 1.15

GRADO	MATERIAL	MEDIDA	TEMPERAT.	EMPLEO
A	Caucho P	DN 15-350	-40 °-100 °C	Abrasivos
B	Caucho B	DN 15-350	-25 °-100 °C	Acidos
Q	Caucho N	DN 8-350	-40 °-100 °C	Abrasivos Acidos
T	Neopreno	DN 15-350	- 5 °-100 °C	Aire Comp
TV	Neopreno	DN100-200	-15 °-100 °C	Aire Comp

CAPITULO IV

**MONTAJE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO**

#### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las máquinas de granallado seco permiten ejecutar tratamientos superficiales de limpieza y remoción sin contaminar el ambiente de trabajo con el polvo, producto de la operación o el abrasivo de trabajo. Debido a la robustez y confiabilidad basado en la calidad y espesores de los materiales utilizados en la construcción.

Esta máquina con cabinas de granallado hermético tiene la característica principal de realizar la operación muy económica, por que se consigue consumos mínimos en el rendimiento del abrasivo. Vale decir que el material abrasivo se efectúa en un circuito cerrado. Siendo importante para abrasivos costosos (carburo de silicio), obteniéndose la reutilización.

Mediante un diseño adecuado, en este tipo de máquinas se consigue una alta producción para el mismo consumo de aire comprimido está en función de diseño correcto y selección de las boquillas de proyección de abrasivos, y el de su circuito neumático.

Todos los componentes de este sistema o máquina son fácilmente accesibles, con un stock de repuestos permanentes, para el mantenimiento adecuado.



Las secuencias constructivas, montaje y puesta en marcha de la máquina, tiene un valor significativo en cuanto al rendimiento de la operación de granallado. Para ello se deberá ceñirse a normas de fabricación y reglas de orden de instalación para la operación de puesta en marcha del equipo en conjunto, con el objeto de garantizar la marcha normal de operación de la máquina granalladora seca.

Estas secuencias constructivas de la máquina granalladora seca, se detalla en el acápite siguiente.

#### 4.2 MAQUINAS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA MAQUINA GRANALLADORA SECA

Las máquinas y equipos utilizados son los siguientes:

1.- Dobladora de Plancha.

Espesor de doblado:  $1/8'' = 3.17 \text{ mm.}$

Longitud : 1.50m

2.- Cizalla para corte.

3.- Máquina de soldar (eléctrica).

Alimentación : 220 V, 60 Hz.

Capacidad promedio: 250 A

4.- Taladro eléctrico portátil.

Chuck : 1/2" Ø

Velocidad : 2 ó más

5.- Torno horizontal.

Volteo : 50m

Mesa : 0.80 m

Estas dimensiones están referidas para un torno mediano.

6.- Taladro de columna.

Altura : graduable.

7.- Equipo de oxiacetileno.

8.- Esmeriles : De Banco y amoladora.

9.- Machinas.

10.- Tornillo de banco de 4".

11.- Otros (winches graduado en metros, escuadras metálicas, nivel, arcos de sierra, botador de entalles, etc).

### 4.3 PROCESO DE MONTAJE

Para el montaje de la máquina se ha previsto, primero la secuencia constructiva previa de elementos componentes, y segundo, el armado o montaje respectivo del conjunto.

#### 1.- SECUENCIA DE CONSTRUCCION

a) Corte de planchas, ángulos y tubos.

Ángulos para base :  $3/16"$  x  $2"$  x  $2"$

Ángulo para soportes:  $1/8"$  x  $1.1/4"$  x  $1.1/4"$

(ARMAZON)

Ángulos para soporte de filtros:

$1/8"$  x  $1.1/4"$  x  $1.1/4"$

Ángulos de  $1/8"$  x  $1$  y  $3/4"$  x  $1/8"$

Planchas para cámara :  $1/16"$

Planchas para tolvas, recuperador de arena,  
puerta :  $1/8"$

Planchas para portalámparas, ducto, carcasa  
de extractor :  $3/32"$

Tubos para el sistema de alimentación:  $1/2"Ø$   
y  $1"$

b) Doblado y corte de planchas

Se efectúa para los siguientes componentes:

- Cabina
- Tolvas
- Separador de arena
- Ducto
- Base de filtros, compuertas, porta-lámparas, etc.

c) Armado de subconjuntos (mediante la soldadura).

- Cellocord AF de 1/8" 6011
- Supercito : 7018

## 2.- MONTAJE DEL SISTEMA DE GRANALLADO.

El montaje del conjunto, se ha establecido en el orden siguiente:

- a) Montaje de bases de anclaje.
- b) Separador de arena, filtro y tolva.
- c) Armado de la cabina de trabajo, visor, puertas laterales.
- d) Montaje de estructuras de soporte del motor-extractor.
- e) Montaje de mesa móvil, malla de protección.

## f) Montaje de accesorios

Acrílico fluorescentes

- Motor eléctrico
- Sistema neumático
- Goma o sellos herméticos en puertas laterales de cabina y cámara
- Manijas
- Guanteras
- Filtros de aire
- Secadores de humedad
- Reguladores de presión
- Válvulas de paso
- Filtros de tela, etc.
- Visor.

g) Todos los elementos componentes descritos de (a) hasta (e), deberán ser pintadas primero con un anticorrosivo y luego con la pintura zincromato.

h) Finalmente, el tablero general de toda la instalación.

#### 4.4. OPERACION Y PUESTA EN MARCHA.

Para la operación y puesta en servicio de la máquina granalladora seca, se deberá tener las siguientes recomendaciones:

1. Efectuar el chequeo general de toda instalación, revisando todos los acoples de aire comprimido del sistema neumático; si hubiera desajustes, volver a chequear ajustando nuevamente.
2. Una vez verificado el sistema neumático, chequear el separador de arena; debe estar completamente limpio sin partículas extrañas. Si hubiese arena retirarlas.
3. Paso seguido se deberá llenar de material abrasivo (arena) en la tolva de granallado.
4. Se deberá chequear el extractor de aire, antes de proceder al llenado de arena a la tolva; verificándolo el correcto funcionamiento.
5. Una vez verificado el sistema de extracción y de todas las válvulas existentes; se deberá seleccionar la presión de trabajo en función al diámetro de la boquilla de proyección de arena. Para esta máquina la presión efectiva de trabajo que se ubica en la boquilla es de 7 Kg/cm<sup>2</sup> (7 bar aproximadamente), y 7 mm de diámetro interior a la salida de la boquilla proyectora de arena.

6. Verifique la cabina hermética. Que no exista ningún elemento extraño.
7. Una vez chequeado la cabina de trabajo, introduzca la pieza a tratar o granallar, estableciendo hasta la altura de alcance de la guantera.
8. Antes de conectar al tablero general de energía eléctrica, el sistema de operación de todo el conjunto, se deberá inspeccionar concienzudamente todas las líneas del sistema neumático vale decir las válvulas de paso, los filtros, secadores de humedad de aceite, reguladores de presión, etc. como también todos los acoples de las mangueras de aire y de abrasivos. De igual forma el sistema de alimentación de arena y extracción deben estar en condiciones satisfactorias de seguridad como para empezar con la operación y puesta en servicio de la máquina.
9. Una vez inspeccionado la conformidad del sistema, se da la orden de operación. Durante el cual el operario empezará a granallar la pieza a tratar dentro de la cabina de trabajo, utilizando la mano derecha manteniendo la distancia recomendable y, con la mano izquierda podrá girar la pieza anclada en la mesa giratoria.

El control del chorro de arena, el operario controla, mediante el pedal de mando, ubicado en la parte inferior de la tolva y al alcance del trabajador.

10. De esta manera se pone en servicio y operación la máquina del proyecto para una capacidad de 1.20 m<sup>3</sup> de granallado.
11. Al término de la tarea de granallado, se deberá sacudir los filtros de tela con el mecanismo mecánico.
12. También se efectuará el cierre de la válvula de entrada de aire comprimido al final de la jornada de trabajo; como también los interruptores de energía tanto de los motores eléctricos como del sistema de iluminación.

De este modo se consigue la operación cotidiana de la máquina granalladora seco.

#### 4.4.1 SECUENCIA DE PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA GRANALLADORA

1. Ubicar la pieza a granallar
2. Cargar el compresor (7 bar)
3. Encendido de fluorescentes



4. Frenado del ventilador centrífugo
5. Apertura de la válvula general de aire comprimido
6. Apertura de la válvula a la línea de abrasivos
7. Accionamiento de la válvula de pedal dará inicio al trabajo de arenado.

#### SECUENCIA DE APAGADO.

El apagado se debe efectuar con los pasos anteriores pero en forma inversa.

## 4.5 MANTENIMIENTO

### 4.5.1 ARRANQUE Y MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR

Los preparativos para el arranque inicial del compresor son los siguientes:

- 1) Llénese el cárter de aceite hasta que su nivel alcance, el punto indicado por el fabricante.
- 2) Compruébese la tensión de alimentación o la alineación del acoplamiento.
- 3) Cébase el purgador.

- 4) Abrase el grifo de purga del depósito.
- 5) Compruébese el sentido de rotación del compresor.
- 6) Compruébese el amperaje y el voltaje del motor.
- 7) Gírese el compresor a mano para asegurarse que todas sus partes pueden moverse sin inconveniente.
- 8) Póngase el grupo en marcha permitiendo que el compresor se caliente antes de cerrar el grifo de purga del depósito. Obsérvese el manómetro de presión de aceite. Si esta presión no se acusa en el manómetro de presión, párese el grupo o la unidad de compresión y corriójase nuevamente.

Una vez establecida la circulación de aceite y en marcha normal las partes móviles del compresor, ciérrase gradualmente la válvula de desagüe del recipiente, aumentando a continuación la presión de aire.

- 9) Alcanzada la presión de régimen en este caso 7 Kg/cm<sup>2</sup>, corriójase con espuma de jabón que todas las juntas sean estancadas.

- 10) Verifíquese que las válvulas de seguridad estén funcionando correctamente.
- 11) Verifíquese que el motor esté convenientemente lubricado.
- 12) Después de varias horas de funcionamiento, apriétense todos los pernos y tuercas mientras que el compresor está aún caliente.

El mantenimiento adecuado consiste en realizar inspecciones periódicas, de la forma siguiente:

#### DIARIAMENTE

- Verifíquese el nivel del aceite en el cárter, con el compresor parado.
- Púrguese el depósito hasta que no salga agua condensada.
- Límpiase el filtro de aire de aspiración.
- Compruébese que el motor esté bien lubricado.

#### SEMANALMENTE

- Límpiase las aletas de los cilindros y del refrigerador intermedio con chorro de aire.
- Compruébese la válvula de seguridad.

MENSUALMENTE

- Límpiase el filtro de la válvula piloto.

CADA 500 HORAS ( O CADA DOS MESES)

- Cámbiase el aceite del cárter.

CADA TRES MESES

- Lubríquese los motores eléctricos.
- Compruébese la tensión de las correas o el ajuste del acoplamiento (sí, se utiliza de este tipo).
- Apriétese bien las tuercas de las culatas y chequear las tuercas de anclaje que estén seguros y fijos.

ANUALMENTE

- Remuévase la grasa, que debe ser de tipo normal para cojinetes de motor.

#### 4.5.2 MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA Y ACCESORIOS

El mantenimiento preventivo es uno de los factores, más importante, antes que el correctivo. Por que permite parametrizar el mantenimiento de la máquina en función de

costos de utilización y la vida útil; sin llegar a paradas prolongadas de reparación y funcionamiento de la misma.

Por lo tanto el mantenimiento preventivo es un indicador económico en el rendimiento de la producción y operatividad continua de una planta industrial cualesquiera. Debido a esta razón, la máquina granalladora seco, deberá tener un mantenimiento adecuado y confiable para el proceso de operación de granallado.

El mantenimiento que se deberá efectuar son los siguientes:

1. La cabina hermética, se deberá limpiar diariamente, incluidos la luna visor y la guantera.
2. La malla metálica que se encuentra dentro de la tolva de abrasivos, se deberá sacar y limpiarlas después de cada operación de granallado; para evitar la formación de óxidos (corrosión).
3. Se deberá realizar el mantenimiento con pintura anticorrosivo a todas las superficies metálicas del sistema de granallado; tolva de abrasivo (arena), los laterales externos de la cabina de granallado, las estructuras de

base, y del motor - extractor de aire, separador de polvo, etc.

4. El conducto de aire comprimido (manguera), se deberá chequear e inspeccionar cada mes; si es necesario todos los días, para evitar fugas de aire en los acoples o en el mismo conducto.

5. El conducto de abrasivo (arena), lo mismo que la anterior. Antes de empezar la tarea de granallado, se deberá efectuar los ajustes necesarios en los acoples y no deben estar obstruidas; de ser así, disminuirá el rendimiento de la operación de granallado.

#### MANTENIMIENTO DE ACCESORIOS

a) Los filtros de aire, los secadores de humedad y aceite, los reguladores de presión, etc. del sistema neumático, se deberán realizar inspecciones cada 300 horas de funcionamiento (especialmente los lubricadores de aceite, si es necesario cambiarlas).

Se deberá sacar cada 15 días de trabajo, y limpiarlas los filtros de aire y los secadores de humedad.

b) Mantenimiento del extractor de aire.

Para la operación eficiente, en muchas aplicaciones es necesario, el mantenimiento siguiente:

- Se deberá limpiar periódicamente las álabes y envolventes de los ventiladores.

Deben estar libre de partículas extrañas (polvos y pelusas), y al efectuar la limpieza se deberá tener mucho cuidado con las partes internas.

Si se usan rejillas en la succión y en la descarga, debe tenerse cuidado de que no estén tapadas o llenas de basura y de suciedad.

Donde existen condiciones de humedad, de ácidos o de abrasivos, o en cualquier aplicación donde se note que la envolvente del ventilador, así como el rotor, se han corroído, la unidad debe cepillarse con escobilla de alambre y pintarse con un material que soporte esas condiciones cuidando siempre las álabes y el rotor, para asegurarse de que no se afecte el balanceo.

Se deberá programar en forma permanente los engrases de los rodamientos, el alineamiento del eje del ventilador y del motor eléctrico.

## c) Mantenimiento del motor eléctrico

Se debe mantenerse libre de acumulaciones de pinturas, materiales rociados sobre él con exceso, pelusa y suciedades que generalmente existen. Esas acumulaciones disminuye la transferencia del calor de la carcasa del motor y de hecho sirven para aislarlo.

En los motores eléctricos enfriados por aire, deben mantenerse totalmente limpios tanto los ventiladores como los canales por los cuales pasa el aire refrescante. Tal limpieza debe ser periódica.

Los motores de extremo abierto, se deberá tener cuidado de que las entradas o las salidas del aire no estén tapadas, en ningún momento. Es necesario colocar mallas de protección.

Los motores, en atmósferas cargadas de vapor o en atmósferas donde se registran fluctuaciones severas de temperatura, deben estar provistos de agujeros de drenaje, o de tubos de drenaje para hacer que los condensadores se drenen.

Se deberá engrasar los rodamientos del motor periódicamente.

## d) Mantenimiento del separador de polvo



El mantenimiento será satisfecho si se siguen las reglas siguientes generales:

Limpieza periódica con intervalos de determinado tiempo para el almacenamiento de polvo en la tolva.

Programación de inspecciones para el mantenimiento preventivo.

Reparar, reemplazar y limpiar todas las partes indicadas durante la inspección regular.

e) Mantenimiento de los filtros de tela.

Generalmente en forma paralela los colectores de polvo y los filtros de polvo se instalan para satisfacer uno o más propósitos:

Evitar daños a la instalación.

Evitar el regreso de contaminantes al lugar de trabajo.

Y permitir la recirculación de aire limpio en las áreas de trabajo.

Por tales motivos, deben incluirse los siguientes puntos para el mantenimiento:

Fugas de polvo a través de agujeros en la tela.

- Verificar las placas deflectoras, el desgaste y si hay agujeros en las mismas.
- Verificar si hay fugas en las válvulas de descarga de polvo.
- Inspección de rutina en el mecanismo manual para sacudir los filtros de tela,

El mantenimiento de los filtros de tela se deberá realizar 2 a 3 veces por día (proceso continuo).

CAPITULO V

**ANALISIS DE COSTOS**

## 5.1 RUBROS ECONOMICOS

Para el presente proyecto de la máquina granalladora seco de 1.20 m<sup>3</sup> de capacidad; se ha previsto teniendo en cuenta los precios que rigen en el mercado.

Se ha considerado también incluidas todas las leyes y normas que estipulan para las construcciones e instalaciones de equipos mecánicos - eléctricos.

En este rubro de inversiones se ha considerado dos aspectos; primero, los recursos económicos necesarios para la instalación del proyecto, es decir las inversiones de dirección de obra y el montaje del equipo y segundo, los requeridos para la etapa de funcionamiento. Lo primero constituye la inversión fija, y lo segundo el capital de trabajo.

En este rubro de evaluación económica; primero se hace un listado completo de todos los materiales utilizados, para obtener costo de materia prima.

El costo de la máquina terminada se obtiene por la suma de:

- Costos de materiales.
- Costos de fabricación.
- Costos de instalación.
- Fuente en servicio.
- Dirección técnica.

5.1.1 MATERIALES UTILIZADOS Y COSTOS

#	DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONES	'CONT' 'TOTA' m.m. <sup>2</sup>	PESO KG	COSTO \$
1	BASE ANGULO	2	3/16x2"x2"	4.0 m	15	16.00
2	BASE ANGULO	3	3/16x2"x2"	3.6 m	14	14.40
3	SOPORTE CABINA	4	3/16x2"x2"	4.8 m	18	19.20
4	SOPORTE CAMARA	4	3/16x2"x2"	3.0 m	11.2	12.00
5	CABINA ARENADO PLANCHA DE 1/8"	3	1.2 x 0.83m	2.988 m <sup>2</sup>	74	83.00
6	CABINA ARENADO 1/8	1	0.35 X 1.2m	0.42 m <sup>2</sup>	12	16.70
7	CABINA ARENADO 1/8	1	0.63 X 1.2m	0.76 m	19	21.0
8	CABINA ARENADO	1	0.80 x 1.2 m	0.96 m <sup>2</sup>	25	4.70
9	PUNTO FRACTORO PLANCHA DE 1/4	1	Ø 0.60 m.	0.29 m <sup>2</sup>	15	15.00
10	PUNTE SOPORTE	2	1/8" X 1"	2.4 m	2.6	1.6
11	PIN Ø 3/4	1	3/4" x 3"	0.075 m	0.4	

5.1.1 MATERIALES UTILIZADOS Y COSTOS

#	DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONES	LONG. TOTAL m.m. <sup>2</sup>	PESO KG	COSTO \$
12	MALLA	1	0.76 X 0.76	0.58 m2	2	15.00
13	ANGULO 1 1/4	11	1 1/4 X 1/8	13.2m	25.3	14.40
14	TOLVA RANCHA 1 1/4	4	1.2 X 0.78	1.87m2	47	52.00
15	ALIMENTADOR PLANCHA 1/8	4	0.2 X 0.12	0.096 m2	3.5	2.7
16	LUNA ACRILICA 1/8	1	0.4 X 1.2	0.48 m2	12.0	13.5
17	VISOR VIDRIO TEMPLADO TRIPLE	2	12" X 9"	0.75 ru	1.3	10.0
18	GUNTERA ZUELA GUANTES	8	12" X 12"	20 ru	1.2	12.0
19	MARCO PUERTAS	8	3/16 X 1"	6.8 m	10.2	8.16
20	BISAGRAS PUERTAS	4	3/8" X 4"		0.75	2.5
21	DUCTO AIRE POLVO	4	0.2 X 0.8 M	0.64 m2	8	13.4
22	ARMAZON DUCTO	8	1/8 X 1"	6.4 m	7	6.5

5.1.1 MATERIALES UTILIZADOS Y COSTOS

#	DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONES	LONG. TOTAL m.m. <sup>2</sup>	PESO KG	COSTO \$
23	EMPAQUETADURA	2	1/8 x 1"	6.4 m	7	10.00
24	CAMARA AIRE POLVO PLANCHA 1/6	2	0.75x2.2	1,65m	13	25.0
25	CAMARA AIRE POLVO	2	0.80 X 2.2	1.76 m <sup>2</sup>	14.5	28.0
26	PLANCHA SOPORTE MANGAS 1/16	2	0.70 X 0.75	0.525 m <sup>2</sup>	4.5	7.5
27	ABRASADERA PLA- TINA 1/8 X 1	9	1/8" X 1"	4.3 m	4.7	3.0
28	TAPA CAMARA PLANCHA de 1/16	1	0.75 X 0.8m	0.6 m <sup>2</sup>	5.0	8.5
29	TOLVA CAMARA PLANCHA de 1/16	2	(0.8x0.6)/2	0.24 m <sup>2</sup>	2.2	6.0
30	TOLVA CAMARA 1/16	2	(0.7X0.6)/2	0.21 m <sup>2</sup>	2.0	5.5
31	ESTRUCTURA CAMARA	4	L 11/4X 1/8	8.8 m	17.2	9.0
32	ESTRUCTURA CAMARA	8	L 11/4 X 1/8	6.4 m	12.5	6.8
33	MARCO PUERTA CAMARA	2	L 1X1/8	4.0 m	4.2	3.8

5.1.1 MATERIALES UTILIZADOS Y COSTOS

#	DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONES	LONG. TOTAL m.m. <sup>2</sup>	PESO KG	COSTO \$
34	MARCO PUERTA DE CABINA	2	1/8" X 1"	1.0 m	1.0	0.9
35	ESCALERA GATO TUBO 3/4" "F" "C	2	Ø 3/4	6.0 m	7.8	22.0
36	ESCALERA TUBO 3/4" "F" "C	12	Ø 3/4	4.8 m	6.3	17.0
37	EMPAQUETADURA PUERTA	1	1/8 X 1"	12 m	3.0	12.0
38	VALVULA PARA AIRE C/VOLANTE	2	Ø 1"			20.0
39	VALVULA PARA AIRE C/PALANCA	1	Ø 1"			15.0
40	TUBO DE 90°	3	Ø 1"	18 m	23.5	75.0
41	MANGUERA PARA ABRASIVOS DE 1" Ø	1	Ø 1"	5 m	15	30.0
42	MANGUERA PARA AIRE	1	Ø 1"	10 m	30	40.0



5.1.1 MATERIALES UTILIZADOS Y COSTOS

#	DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONES	LONG: TOTAL m.m. <sup>2</sup>	PESO KG	COSTO \$
43	DOSIFICADOR DE ARENA ACERO VON - 150 1/4		0.10 X 0.25	0.1 m2	4.9	30.00
44	FILTRO MANGA - TELA DE ALGODON SOLDADURA	9	5.5" X 78"	6.0 M2		30.00
45	E 6011 DE 1/8 CELLOCORD AP				20.0	40.00
46	7018 SUPERCITO				4	16.00
47	HOJAS DE SIERRA SAMFLEX	10				12.00
48	PLANCHAS DE JEBE			5.4 m2	75	85.00
				TOTAL	602	917.36

5.1.2 COSTO DE COMPRESOR EXTRACTOR

1	COMPRESOR 2 ETAPAS		24 HP			6000
2	VENTILADOR		3 HP			550

## 5.1.3 COSTOS DE OTROS MATERIALES UTILIZABLES

	COSTO: US \$
Fernos :	25.00
<u>OXIGENO :</u>	
1 Botella de 8 m <sup>3</sup> de capacidad	30.00
<u>PEGAMENTO (GOMA):</u>	
Goma de diferentes secciones	
para puertas, visor, etc.	38.00
<u>PINTURA:</u>	
2 Galones - Pintura Zincromato	25.00
1 Galones - Pintura Martillado	18.00
Color verde	
5 Litros de Thinner	10.00
<u>MATERIALES VARIOS:</u>	
Lija, Waipe, grasa y otros	20.00
	-----
	US\$ 166.00

## 5.1.4 COSTO DE ACCESORIOS

	COSTO US \$
(2) Manómetros de 2 1/2" Ø, 0-200 Psi, socket 1/4" Ø	50.00
(5) m. de manguera de jebe de 1" Ø	20.00
(5) m. de manguera de jebe de 3/4" Ø	15.00
(1) Interruptor con botonera para motor e iluminación	15.00
(2) Contactores térmicos y magnéticos	5.00
(1) Filtro separador de humedad 3/4" Ø, con purga automática	70.00
(1) Válvula reguladora de presión 40-125 Psi 3/4" Ø	30.00
(1) Válvula globo de 1/2" Ø	3.00
(1) Válvula de aire con pedal 1/2" Ø	25.00
(1) Regulador de presión	10.00
(6) m. de tubo de Fe galvanizado 1/2" Ø	12.00
(5) Fluorescentes de 40 W (Equipos)	40.00
(30) m. de cable eléctrico # 12	15.00
(30) m. de cable eléctrico # 14	12.00
(20) m. de tubo PVC 3/4" Ø	20.00
(1) Boquilla de 7mm Øi, con alma de tungsteno - 7 bar	400.00
Accesorios de tubería universal, codos, térs con reducción de 3/4" - 1/2"	15.00
	<hr/>
	<b>US\$ 752.00</b>

### 5.1.5 COSTO DE FABRICACION

Considerado desde el inicio hasta la puesta en marcha.

Tiempo que tarda en construir la máquina 15 días útiles.

		COSTO US\$
2 Soldadores	S/. 10/día x 15 días	300.00
1 Cortador	S/. 10/día x 15 días	150.00
2 Ayudantes	S/. 07/día x 15 días	210.00
1 Armador	S/. 12/día x 15 días	180.00
1 Mecánico eléct.	S/. 14/día x 15 días	210.00
1 Supervisor	S/. 25/día 15 días	365.00

1 \$ (DOLAR AMERICANO) 1.03 NUEVO SOL.

### COSTOS DE INGENIERIA

	COSTO US \$
1 Ingeniero Jefe del Proyecto	750.00
1 Ingeniero de Obra	600.00
1 Secretaria	200.00

---

US \$ 2,965.00

## 5.2 COSTO TOTAL DE LA MAQUINA

1. Costo de materiales	\$ 917.36
I.F.V. 16%	146.80
2. Costo de otros materiales	166.00
3. Costo del Compresor	
De 2 etapas de 24 H.P.	
220 V. Trifásico	
Incluido I.G.V.	6,000.00
4. Extractor Motor 3 H.P.	
Caudal 30 m <sup>3</sup> /min	
R.P.M 3,600, 220 V.	
Incluido I.F.V.	550.00
5. Costo de otros materiales	166.00
I.G.V. 16%	26.56
6. Costo de accesorios	752.00
I.G.V. 16%	120.32
7. Costo de fabricación	
Instalación e Ingeniería	2,950.00
	<hr/>
COSTO TOTAL DE LA MAQUINA ARENADORA	US \$ 11,821.60

### 5.3. COSTO DE MAQUINA ARENADORA EN OTRO PAIS.

Según consultas efectuadas en representante de negocios del Brasil en el Perú, los costos de una máquina granalladora de capacidad de 1.2 m<sup>3</sup> cuesta \$ 15,000 en territorio Brasileño y sin considerar los impuestos y transporte. Comparando costos con la máquina diseñada y fabricada en el Perú nos cuenta menos, representando así ahorros de divisas al país y rentable su fabricación en nuestro medio, incentivando así la Industria Nacional.

### 5.4 RECUPERACION DE LA INVERSION DE LA MAQUINA ARENADORA

Para recuperar los costos invertidos en la máquina arenadora, se debe tener en cuenta:

- Costos por arenado de una pieza.

Si se arena una superficie plana, su valor es 13 dólar por metro cuadrado; logrando arenar este tipo de superficies en una jornada de trabajo de 8 horas/día. 8 m<sup>2</sup>; según PIGSA ASTILLEROS S.A.

Si se arena autopartes caprichosas el rendimiento es menor, pero sus costos son mayores.

Estimando la recuperación de inversión de la máquina, con un flujo de 40% de área trabajada por día.

$$40\% \times 8 = 3.2 \text{ m}^2/\text{día}$$

$\text{COSTO DE ARENADO} = 13 \text{ \$/m}^2$
---

$$\frac{3.2 \text{ m}^2}{\text{día}} \times \frac{13 \text{ US\$}}{\text{m}^2} = \frac{41.6 \text{ US\$}}{\text{día}}$$

$$\frac{11821.62 \text{ día}}{41.6\$} \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ días}} = 11.36 \text{ meses}$$

$$= 12 \text{ meses}$$

Luego se recuperará todo el capital invertido en 12 meses.

De trabajo, sin embargo, teniendo en cuenta los cortes de energía en un 5%; 18% en pago de operación de la máquina y 10% en pago de consumo de energía.

El tiempo total a recuperar el costo de la máquina trabajando es:

		12.00 +
5%	(9)	= 0.60
18%	(9)	= 2.16
10%	(9)	= 1.20
		<hr/>
		15.96 meses

Luego la máquina se pagará íntegramente en 16 meses.

### COSTO DE GRANALLA - ARENA

Utilizando como materia prima arena, abrasivo a utilizar en este proyecto. Por la abundancia en nuestro medio, haciendo fácil su adquisición, su costo es relativamente económico. Aún incluido el tamizado y transporte.

En el mercado el tipo de arena a usar se adquiere a 12 US\$/m<sup>3</sup>.

### DETERMINACION DEL COSTO POR CADA CARGADA DE ARENA EN LA TOLVA

$$\tau_a = 1600 \text{ kg/m}^3 = \text{Peso específico de la arena}$$

$$\text{PESO} = \tau_a \times V = 1600 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 = 1600 \text{ kg}$$

- Cargada de 20-50 kgs. Tomando Promedio 35 kg/cargada

$$\text{- Número de cargadas} = \frac{1600 \text{ kgs}}{35 \text{ kgs/cargada}}$$

$$= 45 \text{ cargadas}$$

- Costo de cada cargada tamizado sale menos de 0.5 US\$.



CAPITULO VI

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

**CONCLUSIONES. -**

- 1.- Durante la fabricación y montaje de la cabina de granallado, control de calidad debe exigir un excelente ensamblaje de sus autopartes, buena ejecución de los cordones de soldadura con 7018, debe haber un alineamiento y nivelación de la estructura para obtener un producto de primera calidad que garantice una operación segura.
2. Luego de fabricado e instalado la máquina arenadora se desarrollaran las pruebas donde durante y después se realizará las verificaciones sobre alguna fuga.
- 3.- Un aspecto muy importante es evitar cualquier exceso y falta de carga.
- 4.- El presente proyecto, es una necesidad de gran envergadura para realizar trabajos de limpieza, remoción de óxidos y cascarillas, y el anclaje de pintura. De este modo brindar a la industria la fabricación y acabado de piezas en óptimas condiciones; y por ende satisfacer las necesidades existentes.
- 5.- La mayoría de trabajos de mantenimiento tanto en los astilleros como en otras empresas (piezas de fundición) requieren de este tipo de máquina, por su facilidad y rapidez.

- 6.- Se fundamenta la aplicación de este sistema de granallado, para establecer parámetros modelo para la operación, limpieza y mantenimiento de piezas de gran precisión e instalaciones de plantas industriales y mineras.
- 7.- El costo de inversión efectuado está en óptimas condiciones, ya, que el costo de instalación equipos se recupera con el costo de operación y mantenimiento puesta en servicio de funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Por ningún motivo se debe dejar sin seguro las puertas laterales.
- 2.-
  - 2.1.- Antes de introducir una autoparte a cabina debe asegurarse buen funcionamiento del plato giratorio.
  - 2.2.- Tener en cuenta la geometría de la pieza.
- 3.- Es conveniente contar con un Historial de la máquina granalladora, debe comprender:
  - 3.1.- Sistema eléctrico
  - 3.2.- Sistema de aire comprimido
  - 3.3.- Cabina de granallado.

## BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DEL CONSTRUCTOR  
DE MAQUINA I Y II..... H. DUBBEL  
LABOR S.A -  
1977
2. MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO.....Perry-  
Chilton  
5ta. Edición,  
Mac Graw  
1973-Japón.
3. FUNDAMENTOS DE TRANSPORTE NEUMATICO  
PARA MATERIALES.....Alegre -  
Marcos,  
Seminario CIP  
Lima - 1979.
4. TRANSPORTE DE MATERIALES  
PULVORULENTOS..... Engineering  
Equipment-  
Associación,  
Editorial  
Labor  
Barcelona-  
1974

5. MANUAL DE INGENIERO MECANICO.....Marx
6. FILE DE PLATAFORMAS.....PICSA  
ASTILLEROS  
S.A
7. MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL..L.C. Morrow  
3ra. Edición  
CECSA - 1985  
Tomo II.
8. CATA' OGO DE BLASTING.....S.A.I.C.  
Tratamiento  
integral de  
superficies.  
1987.
9. ESFUERZOS DE ELEMENTOS DE MAQUINAS.Hori  
Asano, UNI  
1977.