

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LIMPIEZA DE  
PIEZAS PEQUEÑAS CON EL MÉTODO SANDBLASTING”**

**POR:**

**VALENCIA QUEZADA JAVIER FERNANDO**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención del  
Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
ESPECIALIZACIÓN MOTORES**

**2003**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo fue realizado en su totalidad por el SR. VALENCIA QUEZADA JAVIER FERNANDO, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA ESPECIALIDAD MOTORES.

---

ING. BASSANTES DAG

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

02 de Enero del 2004

## **DEDICATORIA**

La culminación de mi carrera y este proyecto de grado lo dedico principalmente a Dios Mi Padre Amado, perfecto amigo que ha sido la ayuda fiel que me ha sustentado durante todo este tiempo, a mis padres y a mis hermanos los cuales con su esfuerzo y sacrificio hicieron posible que yo reciba la educación en esta institución, a los instructores académicos, los cuales brindaron y compartieron sus conocimientos sin interés, y por último a mis amigos que más que amigos han sido hermanos en todo momento, a mis compañeros de aula y a todos los que hicieron posible que esto se dé en mi vida profesional.

**Fernando**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo va dirigido con gratitud a Dios que a hecho posible estos estudios y que ha sido la mano que me ha sustentado en todo momento, a mis padres, hermanos y familia en general, a mis distinguidos maestros, quienes con nobleza y entusiasmo, depositaron en mí todo su apostolado en especial al Ingeniero Guillermo Trujillo e Ingeniero Dag Bassantes, los cuales han depositado su confianza en mí a lo largo de mis estudios.

A mi prestigioso Instituto, porque en sus aulas recibí las mejores enseñanzas.

**Fernando**

## INDICE DE CONTENIDOS

♦ PORTADA.....	i
♦ CERTIFICACIÓN.....	ii
♦ DEDICATORIA.....	iii
♦ AGRADECIMIENTO.....	iv
♦ INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
♦ INTRODUCCIÓN.....	1
♦ DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
♦ JUSTIFICACIÓN.....	2
♦ OBJETIVOS.....	3
♦ ALCANCE.....	3

### CAPÍTULO I

#### MARCO TEÓRICO

1.1 SANDBLASTING.....	5
1.1.1 DEFINICIÓN.....	5
1.1.2 CHORRO DE ARENA.....	8
1.2 MÁQUINA PARA PROCEDIMIENTOS SANDBLASTING.....	10
1.2.1 CLASIFICACIÓN.....	10
1.3 FUNCIONAMIENTO.....	14
1.4 USOS.....	20

1.5 IMPORTANCIA.....	24
1.6 ABRASIÓN.....	25
1.6.1 GENERALIDADES.....	25
1.7 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	35
1.7.1 DESGASTE ABRASIVO.....	37
1.7.2 TEORIA DEL DESGASTE ABRASIVO .....	39
1.7.3 INYECTOR.....	39
1.7.4 SISTEMA NEUMÁTICO.....	45
1.7.5 ABRASIVO.....	47
1.8 TIPOS DE ABRASIVOS.....	49

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN**

2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	52
2.1.1 PRIMERA ALTERNATIVA.....	52
2.1.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.....	53
2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	54
2.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA.....	54
2.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.....	55
2.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.....	56
2.3.1 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS.....	61
2.3.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	63

## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN**

3.1 CÁLCULOS.....	64
3.2 CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN.....	69
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA.....	71
3.4 DIAGRAMAS DE PROCESOS.....	73
3.4.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE ABRASIÓN.....	73
3.4.2 DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TOLVA.....	75
3.5 DIAGRAMA DE ENSAMBLE.....	76

## **CAPÍTULO IV**

### **VERIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

4.1 VERIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	77
4.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	78
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81

## **CAPÍTULO V**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

5.1 MANUAL DE OPERACIÓN.....	83
5.1.1 ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN.....	84
5.2 MANTENIMIENTO.....	87
5.2.1 GENERALIDADES.....	87
5.3 MANTENIMIENTO DE UNA MÁQUINA SANDBLASTING.....	90
5.3.1 MANUAL DE CONTROL DE MANTENIMIENTO.....	92

## **CAPÍTULO VI**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

6.1 PRESUPUESTO.....	94
6.1.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	94
6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	95
6.2.1 MATERIALES UTILIZADOS.....	95
6.2.2 MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	97
6.2.3 MANO DE OBRA.....	97



## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1 CONCLUSIONES.....	101
7.2 RECOMENDACIONES.....	101

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

## LISTADO DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1.1	Limpieza por Sandblasting en la carrocería de un auto....	7
Figura 1.2	Limpieza por Sandblasting en el fuselaje de un avión.....	7
Figura 1.3	Aplicación de Sandblasting sobre una tubería.....	8
Figura 1.4	Pared antes del procedimiento Sandblasting.....	9
Figura 1.5	Pared después del procedimiento Sandblasting.....	9
Figura 1.6	Máquina interna de Sandblasting.....	11
Figura 1.7	Máquina externa de Sandblasting.....	12
Figura 1.8	Equipo de protección personal.....	13
Figura 1.9	Método de sifón.....	15
Figura 1.10	Sistema de presión.....	16
Figura 1.11	Tubo venturi indicando presión y velocidad.....	18
Figura 1.12	Tubo venturi.....	19
Figura 1.13	Flujo dentro de un tubo venturi.....	19
Figura 1.14	Sandblasting sobre la superficie de una pared.....	21
Figura 1.15	Limpieza de corrosión superficial en piezas metálicas.....	22
Figura 1.16	Uso de Sandblasting en la industria mecánica.....	22
Figura 1.17	Uso de Sandblasting en la industria automotriz.....	23
Figura 1.18	Remoción de pintura utilizando Sandblasting.....	24

Figura 1.19	Oxidación de un aro.....	32
Figura 1.20	Oxidación de tuberías.....	32
Figura 1.21	Muestra como se produce el desgaste abrasivo.....	38
Figura 1.22	Desempolvadora común.....	40
Figura 1.23	Desempolvadora larga.....	41
Figura 1.24	Desempolvadora larga 2.....	41
Figura 1.25	Desempolvadora de pico de alto rendimiento.....	42
Figura 1.26	Rociador de recipiente metálico.....	42
Figura 1.27	Pistola lavadora.....	43
Figura 1.28	Pistola para aplicación de adhesiva de siliconas.....	43
Figura 1.29	Flujo de salida del arenador.....	44
Figura 1.30	Pistola arenadora 1.....	44
Figura 1.31	Pistola arenadora 2.....	44
Figura 1.32	Compresor de desplazamiento o alternativo.....	46
Figura 1.33	Compresor rotativo.....	47
Figura 1.34	Piedras y ruedas de abrasión.....	51

### **CAPÍTULO III**

Figura 3.1	Area de una esfera.....	65
------------	-------------------------	----

### **CAPÍTULO V**

Figura 5.1	Diagrama de la vida útil de una máquina.....	89
------------	--	----

## **ANEXOS FIGURAS**

ANEXO 3.1	Guantes tipo manga.
ANEXO 3.2	Dispensador Aire Arena (pistola).
ANEXO 3.3	Manguera de presión.
ANEXO 3.4	Planchas de Tol.
ANEXO 3.5	Abrasivo.
ANEXO 3.6	Abrasivo.
ANEXO 3.7	Malla de alambre.
ANEXO 3.8	Extractor de abrasivo.
ANEXO 4.1	Suelda eléctrica.
ANEXO 4.2	Esmeril.
ANEXO 5.1	Elección del material a ser utilizado.
ANEXO 5.2	Toma de medidas.
ANEXO 5.3	Corte del material.
ANEXO 5.4	Corte del material.
ANEXO 5.5	Suelda.
ANEXO 5.6	Tratamiento anticorrosivo.
ANEXO 5.7	Unión mediante suelda.
ANEXO 5.8	Preparación para la pintura.
ANEXO 5.9	Pintura.
ANEXO 5.10	Máquina pintada.

## LISTADO DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2.1	Parámetros y valores.....	61
Tabla 2.2	Matriz de evaluación y decisión.....	62

### CAPÍTULO III

Tabla 3.1	Materiales para construcción de máquina Sandblasting.	70
Tabla 3.2	Máquinas y herramientas utilizadas en la construcción..	71

### CAPÍTULO IV

Tabla 4.1	Funcionamiento con varios tipos de abrasivos.....	79
Tabla 4.2	Resultados de abrasión con arena común.....	81
Tabla 4.2	Resultados de abrasión con granalla metálica.....	82

### CAPÍTULO VI

Tabla 6.1	Lista de costo de materiales para la construcción.....	96
Tabla 6.2	Costo de operación de máquinas y herramientas.....	97
Tabla 6.3	Costos de mano de obra.....	98
Tabla 6.4	Costos de otros gastos.....	98
Tabla 6.5	Costo total de la construcción de la máquina.....	99
Tabla 6.6	Costo de una máquina similar adquirida en el mercado....	100
Tabla 6.7	Comparación de costos entre los tipos de máquinas.....	100

## **ANEXOS TABLA**

- ANEXO 1      Relación entre potencia, caudal y presión con referencia al diámetro del orificio de la boquilla de la pistola.
- ANEXO 2      Propiedades del carburo de silicio.

## INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de tener en óptimo funcionamiento a los laboratorios de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, se ha optado por la construcción de una máquina de limpieza abrasiva como es la máquina SANDBLASTING, ésta máquina no solo cumple con un gran campo de uso en la industria aeronáutica, sino que ésta es también de gran utilidad en varias industrias.

Para la construcción de la máquina se tomaron en cuenta alternativas, las cuales fueron dos:

- Una máquina Sandblasting interna; y,
- Una máquina Sandblasting externa.

La maquina que se ha construido está conformada por:

Una toma de aire a presión, mangueras de aire, inyector o pistola de abrasivo, cámara de abrasi3n, mangas tipo guante, reservorio para el abrasivo, abrasivo para el trabajo.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El ITSA, específicamente en el taller de mecánica básica ubicado en el bloque 42 no cuenta con una máquina para realizar limpieza de corrosión, remoción de pintura, anclaje de recubrimientos, etc. Máquina que sería de ayuda para el desenvolvimiento en el trabajo práctico de los estudiantes.

## **JUSTIFICACIÓN**

La elaboración de una Máquina de limpieza por abrasión es de gran importancia para realizar trabajos prácticos y para tener mayor facilidad en operaciones de mantenimiento; así también se incrementará el recurso didáctico para el proceso de aprendizaje con referencia a la remoción de corrosión superficial, pintura, etc.

Será de mucha utilidad en el ITSA, ya que el instituto no cuenta con este tipo de máquina.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir con la institución y con los estudiantes, implementando en sus laboratorios una máquina Sandblasting interna, que tiene como finalidad la limpieza en seco mediante la abrasión.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Tener una idea clara del funcionamiento del sistema de limpieza por abrasión.
- Construir una máquina en donde se pueda ver los efectos del desgaste abrasivo.
- Realizar demostraciones de funcionamiento.
- Verificar la operación de este tipo de máquinas.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento.

### **ALCANCE**

El alcance que se logrará con la construcción de esta máquina es dar a conocer al personal de alumnos un método de limpieza en seco y por abrasión

esto ayudará a los trabajos de taller de los estudiantes, el manejo de esta máquina capacitará al personal dando una nueva alternativa de trabajo en la vida laboral y profesional.

También se alcanza el interés de los estudiantes por aprender algo que es nuevo para ellos y que les va a servir en el trabajo.

Para efectos de lo antes indicado, se procede a la investigación bibliográfica, documental y de campo previo a la definición de la mejor alternativa y su construcción.

Se realizan pruebas de operación para determinar el correcto funcionamiento.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **1.1 SANDBLASTING**

#### **1.1.1 DEFINICIÓN**

Es un procedimiento de limpieza superficial por abrasión en seco (abrasión por arena).

Sandblasting, no es más que un procedimiento que tiene como traducción al castellano (abrasión por arena), este tipo de procedimiento es muy utilizado en la industria mecánica por la gran ventaja de remover corrosión superficial o cierto tipo de capas de material sobre el metal sin que exista corrosión como sucede con la limpieza con agua, aditivos o muchas veces lubricantes.

En la industria artesanal se la utiliza para dar forma a la piedra o para tallar en cierto tipo de vidrios, también se la utiliza como un limpiador removedor de impurezas de superficies tales como paredes, pisos, etc.

Como conclusión se tiene que este método se refiere a la limpieza de superficies metálicas aplicando un chorro de abrasivos a presión. Los abrasivos comúnmente empleados son arena y granalla metálica.

Este procedimiento es muy utilizado, otros tipos de abrasivos desgastan de una forma bastante significativa a la pieza expuesta al ensayo, mientras que este sistema prácticamente no la desgasta.

Al probar con varios tipos de abrasivos, se observa que cada uno de ellos provoca un grado diferente de desgaste al material tratado, esto se debe a la dureza de cada uno de ellos, y a la fuerza de abrasión que se aplique sobre cada superficie.

Las partículas abrasivas al ser accionadas mediante aire, están destinadas a la limpieza de superficies provocando un desgaste mínimo, mientras que otros abrasivos como las limas metálicas, piedras abrasivas y lijas, al no tener un área de penetración al material, lo que hacen es desgastar de forma pronunciada a este.

El principio básico de este procedimiento es conocido con el nombre de CHORRO DE ARENA, que es un tratamiento de remoción para preparar a una pieza para un trabajo ulterior y consiste en proyectar arena a alta presión sobre la superficie a limpiar.

En las Figuras 1.1 y 1.2 presentan aplicaciones de este procedimiento.



**Figura 1.1 Limpieza por Sandblasting en la carrocería de un auto**



**Figura 1.2 Limpieza por Sandblasting en el fuselaje de un avión**

### 1.1.2 CHORRO DE ARENA

Con la proyección de arena a alta presión se consigue el grado de limpieza idóneo para la adherencia y el anclaje de los diferentes procesos de pintado, lubricación o simplemente limpieza final.

La Figura 1.3 presenta la aplicación del procedimiento Sandblasting dentro de una tubería.



**Figura 1.3 Aplicación del procedimiento Sandblasting sobre una tubería**

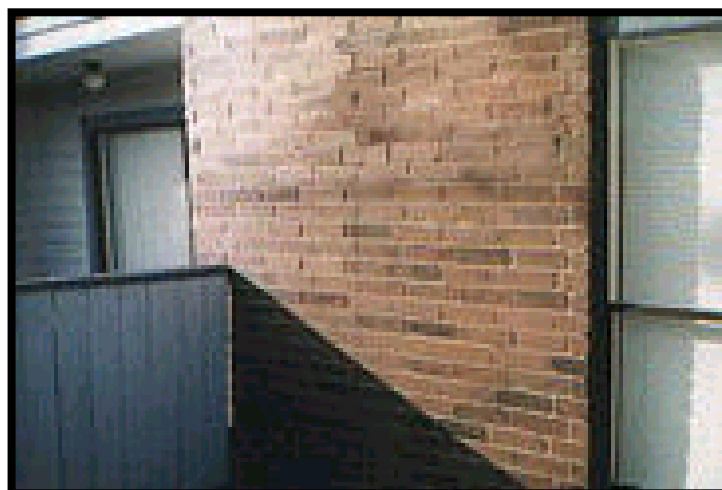
El chorro de arena también se aplica sobre superficies de hormigón, ya sea como tratamiento decorativo o simplemente como un efectivo procedimiento de limpieza. Incluso se arenan pavimentos para hacerlos antideslizantes.

La utilización del chorro de arena en el campo artesanal y decorativo, es para dar mediante abrasión un tipo de limpieza y tallado por choque, es decir a presión, en el caso de las superficies de acero también se la hace para facilitar la oxidación uniforme y para dar un aspecto homogéneo a la pieza.

Las Figura 1.4 y 1.5 indican una pared antes y después del proceso Sandblasting.



**Figura 1.4 Pared antes del procedimiento Sandblasting**



**Figura 1.5 Pared después del procedimiento Sandblasting**

## **1.2 MÁQUINAS PARA PROCEDIMIENTOS SANDBLASTING**

Las máquinas utilizadas en el procedimiento Sandblasting generalmente son denominadas como máquinas Sandblasting, estas son de diferentes características que están en función de los requerimientos de las superficies a limpiar y del grado de limpieza que se necesite.

### **1.2.1 CLASIFICACIÓN**

La clasificación de las máquinas sandblasting, se deben simplemente al lugar de utilización, teniendo así:

- Internas; y,
- Externas.

#### **Internas**

Son aquellas máquinas que poseen una cámara de limpieza abrasiva con su respectivo visor, en su interior se encuentra la manguera de presión, el inyector de dirección de chorro de material abrasivo y unas mangas del tipo guante para poder manipular la pieza a ser tratada con el inyector, este tipo es utilizado para la limpieza de piezas pequeñas las cuales van dentro de dicha cámara.



La Figura 1.6 presenta una máquina interna Sandblasting.



**Figura 1.6 Máquina interna de Sandblasting.**

### **Externas**

Son aquellas máquinas que no necesitan de la cámara de limpieza abrasiva, en este tipo de máquina simplemente se trabaja con la manguera, el inyector y el abrasivo, para este procedimiento, el operario debe estar adecuadamente protegido. A esta máquina se la utiliza para la limpieza de áreas grandes tales como maquinarias, paredes, pisos, depósitos o superficies de gran tamaño, a este tipo de máquinas se las utiliza al aire ambiente o en salas de limpieza abrasiva.

La Figura 1.7 presenta una máquina externa de Sandblasting.



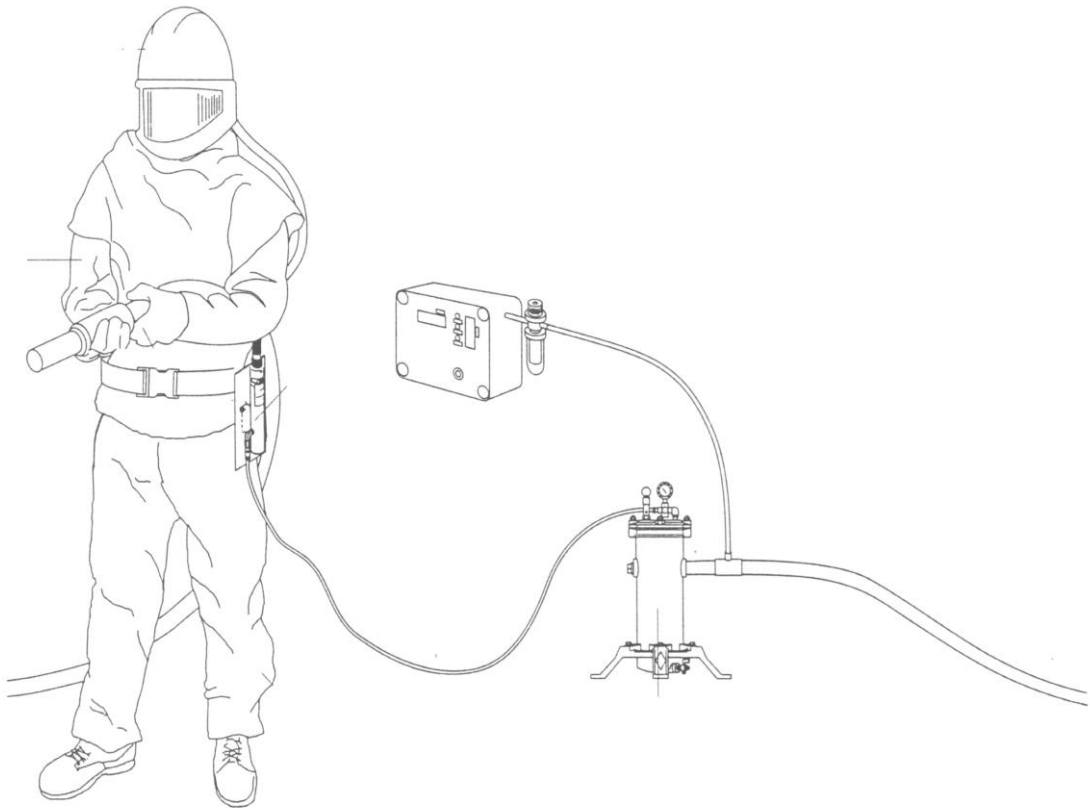
**Figura 1.7 Máquina externa Sandblasting**

Para este tipo de máquinas es necesaria la protección del operador por que se pueden presentar problemas de salud ya que rara vez se utilizan los controles técnicos.

El equipo de protección del operador consta de:

- Máscara respiratoria con suministro de aire, con su respectivo visor.
- Overol.
- Guantes.
- Botas.

La figura 1.8 muestra el equipo de protección personal SANDBLASTING.



**Figura 1.8 Equipo de protección personal**

Otra forma de clasificarlas es por el trabajo que vayan a realizar que depende del tipo de material abrasivo que estas utilizan, ya que el principio de funcionamiento es el mismo, el material puede ser fino o grueso, el grano grueso es utilizado para tallar y abrir grietas, mientras que el grano fino sirve para pulir, como tipo de material abrasivo se tiene, carburo de silicio, escoria de cobre, microesferas de vidrio, cáscara de almendra molida, aluminio molido, o el mas utilizado como es el caso de la granalla metálica y la arena.

### **1.3 FUNCIONAMIENTO**

El principio de funcionamiento de este procedimiento es la expulsión de algún tipo de abrasivo a gran velocidad y con una alta presión, esta velocidad y presión se logra con la ayuda de un compresor de aire, el cual al mezclarse con la arena la impulsará hacia un inyector, a través de este sale el abrasivo, impactando sobre la superficie a ser tratada, por su alta presión se produce la abrasión en dicha área.

El funcionamiento se basa en dos métodos, los cuales son:

- Método de Sifón.
- Sistema de Presión.

### **Método de Sifón**

Este trabaja por una diferencia de presión que se establece en la pistola “inyector”. Al pasar un flujo de aire a alta velocidad por encima del pico que está conectado al envase con abrasivo, este es aspirado del mismo.

En la Figura 1.9 se presenta el método de sifón

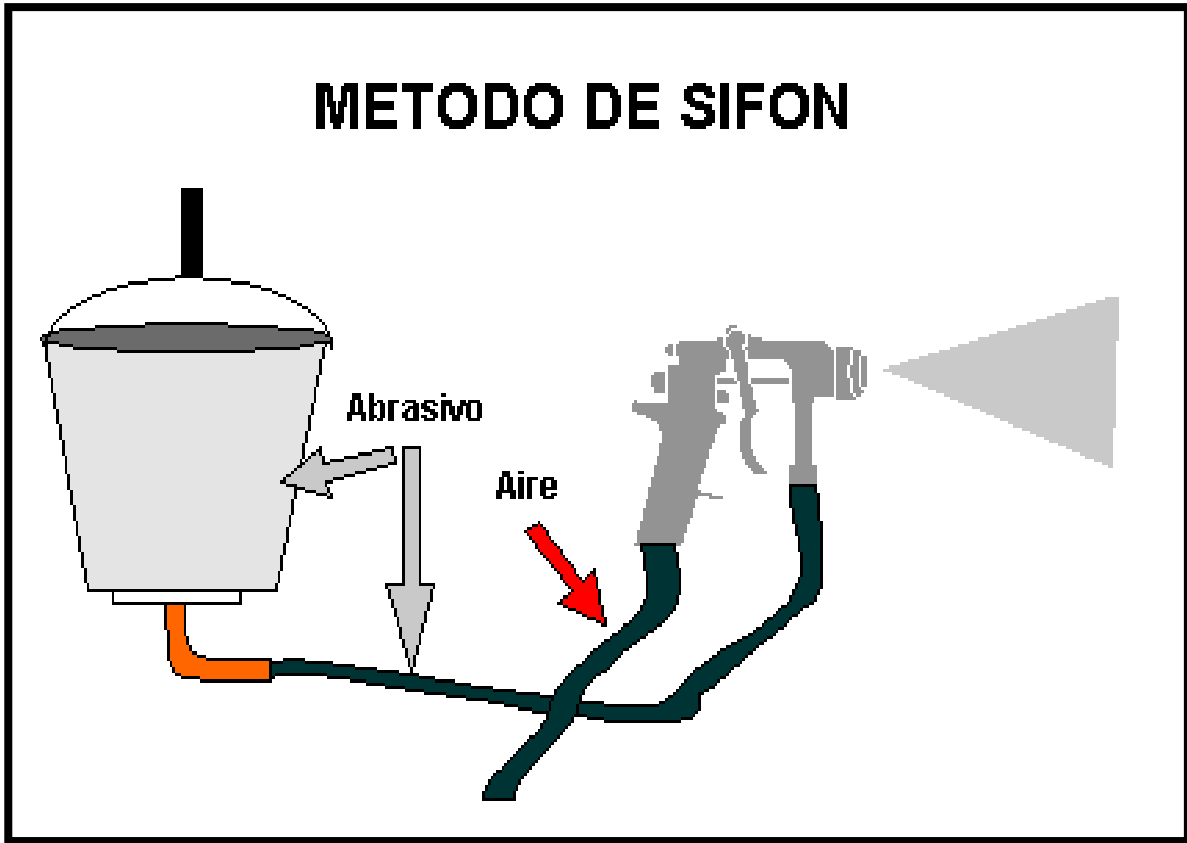
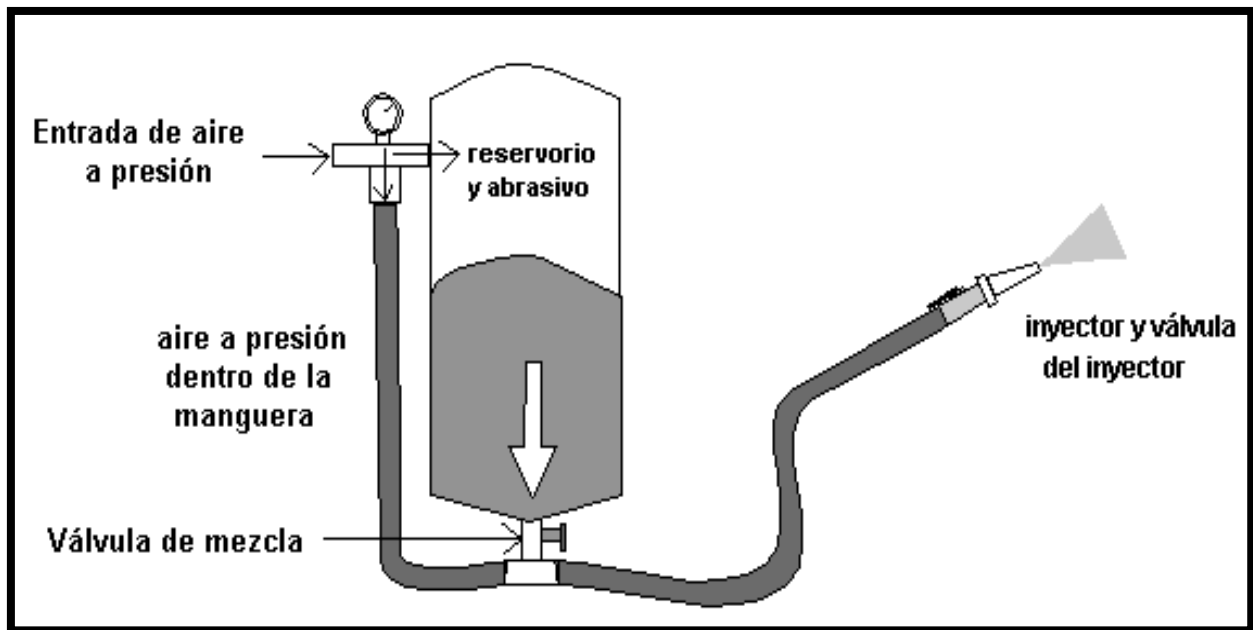


Figura 1.9 Método del Sifón

### Sistema de Presión

El sistema a presión es más eficiente ya que requiere menos aire para funcionar en su boquilla pero en este caso, la aceleración del chorro de aire abrasivo se establece en el pico. En su interior hay un tubo venturi que provoca un gran aumento de velocidad en la masa a proyectarse.

La Figura 1.10 presenta el sistema de presión.



**Figura 1.10 Sistema de presión**

### **TEOREMA DE BERNOULLI**

Para empezar, toda partícula de aire está dotada de presión y velocidad.

Este teorema es un principio físico que implica la disminución de la presión de un fluido (líquido o gas) en movimiento cuando aumenta su velocidad. Fue formulado en 1738 por el matemático y físico suizo Daniel Bernoulli, y anteriormente por Leonhard Euler.

El teorema afirma que la energía total de un sistema de fluidos con flujo uniforme permanece constante a lo largo de la trayectoria de flujo.

Puede demostrarse que, como consecuencia de ello, el aumento de velocidad del fluido debe verse compensado por una disminución de su presión.

El teorema se aplica al flujo sobre superficies, como las alas de un avión o las hélices de un barco. Las alas están diseñadas para que obliguen al aire a fluir con mayor velocidad sobre la superficie superior que sobre la inferior, por lo que la presión sobre esta última es mayor que sobre la superior. Esta diferencia de presión proporciona la fuerza de sustentación que mantiene al avión en vuelo. Una hélice también es un plano aerodinámico, es decir, tiene forma de ala. En este caso, la diferencia de presión que se produce al girar la hélice proporciona el empuje que impulsa al barco. El teorema de Bernoulli también se emplea en las toberas, donde se acelera el flujo reduciendo el diámetro del tubo, con la consiguiente caída de presión. Así mismo se aplica en los caudalímetros de orificio, también llamados venturi, que miden la diferencia de presión entre el fluido a baja velocidad que pasa por un tubo de entrada y el fluido a alta velocidad que pasa por un orificio de menor diámetro, con lo que se determina la velocidad de flujo y por tanto el caudal.

Una aplicación directa del Teorema de Bernoulli se encuentra en el tubo Venturi.

El tubo venturi es un tubo en el que el radio en el centro del tubo es menor que el de los extremos.

Cuando el fluido pasa por este centro, se acelera y pierde presión estática y gana presión dinámica.

Este es el principio en el que se basa la construcción del tubo venturi, también llamado teorema de Bernoulli.

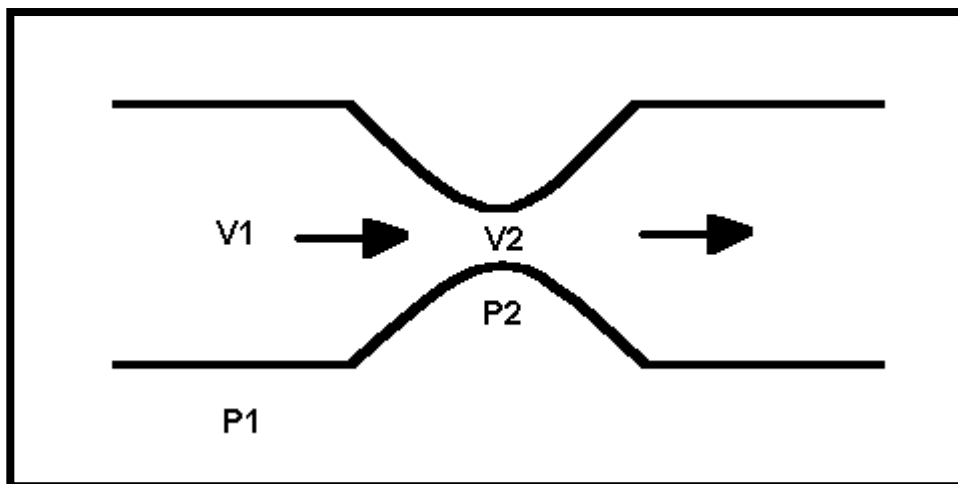
Un incremento en la velocidad del fluido produce una caída de presión. En el tubo venturi se cumple que:

$$P1 + \frac{1}{2}d * V1^2 = P2 + \frac{1}{2}d * V2^2 \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Siendo **P** presión, **V** velocidad y **d** la densidad.

Dentro de este sistema se tiene dos presiones P1 y P2; y se tiene dos velocidades V1 y V2, debido al estrangulamiento de la tubería.

Las Figuras 1.11 y 1.12 muestran un tubo Venturi.



**Figura 1.12 Tubo Venturi indicando presión y velocidad**

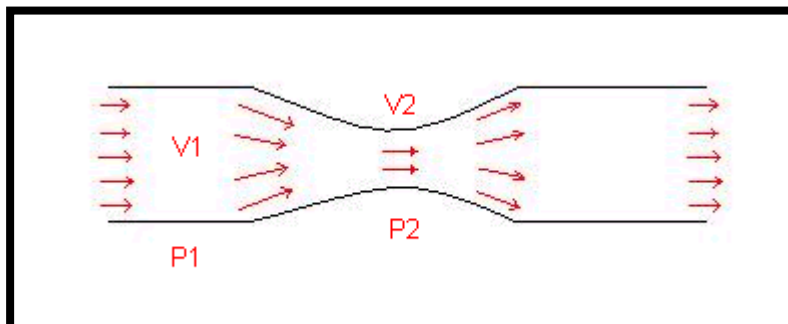




**Figura 1.12 Tubo Venturi**

El flujo de aire atraviesa el tubo comprimiéndose en un principio pero luego al incrementarse la velocidad la presión disminuye.

La figura 1.13 muestra el flujo dentro del tubo Venturi.



**Figura 1.13 Flujo dentro del Tubo Venturi**

Se debe tomar en cuenta un factor, el cual nos indica que el reservorio del abrasivo, debe tener la cantidad suficiente y estar en flujo continuo de material para que el caudal de salida del abrasivo no varíe incontrolablemente.

Si comparamos un reservorio con suficiente abrasivo y un reservorio a medio llenar, nos podemos dar cuenta como el caudal de salida varía.

Esto es de mayor pronunciación en el sistema de presión.

Cuando un reservorio esta lleno, esto se convierte en una preocupación menos para el operador de la máquina, con lo cual puede concentrarse en su trabajo y en las cosas que va a realizar.

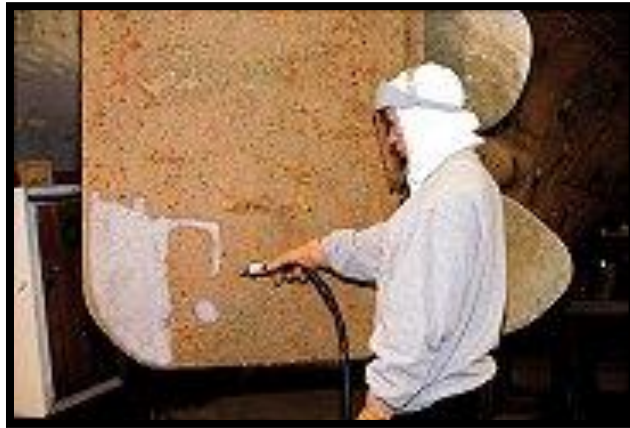
## **1.4 USOS**

Como se dijo anteriormente, el uso del equipo sandblasting, esta basado principalmente en la limpieza de corrosión superficial, remover impurezas, capas de pintura, oxido, ya sea en superficies metálicas o superficies no metálicas como paredes y pisos también tiene un gran campo de uso en el aspecto artesanal, como por ejemplo tallaje en vitrales, dar forma a piezas de acero, piedra, etc.

Las Figuras 1.14, 1.15, 1.16 y 1.17 muestran utilización del proceso Sandblasting en varios lugares.



**Figura 1.14 Sandblasting sobre la superficie de una pared**



**Figura 1.15 Limpieza de corrosión superficial en piezas metálicas**



**Figura 1.16 Uso de Sandblasting en la industria mecánica**



**Figura 1.17 Uso de Sandblasting en la industria Automotriz**

Para remover corrosión superficial e impurezas en piezas y objetos metálicos, este procedimiento es utilizado ya que la arena no causa ningún tipo de corrosión, y esta al ser utilizada es de fácil remoción para su limpieza final.

En la remoción de pintura y lacas, el procedimiento Sandblasting, es muy utilizado, ya que la abrasión por arena no daña la superficie a ser limpiada, cuando este procedimiento es utilizado, en la superficie ya limpia no quedan impurezas que sean ocasionadas por la arena.

La Figura 1.18 muestra Remoción de pinturas o lacas en cierto tipo de superficies.



**Figura 1.18 Remoción de pintura utilizando Sandblasting**

Los usos que se les da a este tipo de maquinas son en:

- Talleres mecánicos, agrícolas e industriales.
- Talleres de reparación de vehículos y carrocerías.
- Empresas de construcción para paredes de piedra, limpieza de vidrio.
- Empresas de fabricación del mármol.
- Decoradores, pintores, etc.
- Naves, instalaciones de perforación y plataformas, entre otras.

## **1.5 IMPORTANCIA**

La importancia de este procedimiento es sumamente alta, ya que para limpieza y remoción de sustancias aplicadas sobre una superficie, este

procedimiento no solamente quita las impurezas y las deja limpias, sino que este no las daña.

En la industria artesanal es importante para la obtención de un trabajo preciso y de calidad, sin el uso de productos que puedan perjudicar al operador.

## **1.6 ABRASIÓN**

### **1.6.1 GENERALIDADES**

La acción de una partícula dura, bajo la influencia de una fuerza, sobre una superficie, se denomina desgaste por abrasión.

Existen al mismo tiempo, dos factores:

- Presión
- Movimiento

Los elementos abrasivos originan:

- Levantamiento de viruta a lo largo de la zona de desgaste, que se acumula en el extremo de la misma.
- Formación de surcos.

Dependiendo de la intensidad de la fuerza que ejerce la partícula abrasiva sobre el material base, a la abrasión se la puede dividir en tres grupos:

- ABRASIÓN MEDIA
- FUERTE ABRASIÓN
- EROSIÓN

El desgaste se produce bajo la acción de fuerzas abrasivas débiles, originadas por partículas, normalmente en suspensión en un líquido o gas. El grado de erosión, dependerá del número de partículas, la velocidad de las mismas y el ángulo de incidencia.

Casos de erosión:

- Ciclones.

### **ABRASIÓN MEDIA**

La intensidad de las fuerzas abrasivas es mayor, así como el desgaste producido por las partículas.

Casos de abrasión media:

- Trituradoras
- Dientes de pala
- Tornillos sin fin, etc.

Los materiales adecuados para resistir a la abrasión media, deben tener un alto límite elástico, buena tenacidad, capacidad para absorber esfuerzos mecánicos importantes (compresión - deformación).



## **FUERTE ABRASIÓN**

La presión ejercida por el material abrasivo, es lo suficientemente elevada como para sobrepasar la resistencia a la compresión del material base. Se producirá una huella en la superficie, debido a un hundimiento del material base.

Casos de abrasión fuerte:

- Patines de "oruga"

La pieza presenta un aspecto brillante que varía según el tipo de abrasivo (arena, óxidos, carbón, arcilla.)

Los materiales resistentes a este tipo de abrasión tendrán una dureza elevada, estructura de grano fino y mecanizables.

## **IMPACTO**

Los efectos de la acción local, por choque o por elevada compresión, de una masa dura sobre una superficie, se identifican como desgaste por impacto.

El desgaste dependerá de la cadencia de los choques, de la velocidad de los mismos y del peso de la pieza. El principal factor a tener en cuenta, es el límite elástico. Si el límite elástico del material afectado, es superior al límite elástico unitario aplicado, se producirá únicamente deformación elástica y nunca permanente.

Por el contrario, si el límite elástico es inferior, se producirá una deformación permanente, homogénea, en donde tendremos riesgos de fisuración.

Normalmente este fenómeno estará combinado con un desgaste por abrasión a temperatura.

Los materiales resistentes a los choques se caracterizan por una tenacidad elevada (indeformabilidad), un límite de rotura elevado, y capacidad para endurecerse con el uso.

## **ROZAMIENTO METAL-METAL**

Es la acción de dos metales que se desplazan el uno sobre el otro sin un material intermedio

Este tipo de desgaste se caracteriza por el "coeficiente de fricción relativa" (presión, estado superficial, velocidad relativa, medio, temperatura.)

Casos de rozamiento metal - metal:

- Ruedas de locomotoras.
- Paletas de mezcladora de arena.
- Correderas, cojinetes, ejes, cadenas, piñones.
- Raíles.
- Cilindros de laminación.

El fenómeno de rozamiento en "seco", normalmente, está agravado por choque, abrasión, corrosión.

Los materiales resistentes a este tipo de desgaste, deben presentar una buena estabilidad, una resistencia a la oxidación y a la corrosión, bajo coeficiente

de fricción y ser mecanizables. La dureza no es una característica necesaria en este tipo de desgaste.

## **OXIDACIÓN A ALTAS TEMPERATURAS**

Se produce a altas temperaturas, en presencia de aire (oxidación). Se observa la presencia de "escamas" (óxido) sobre el material base, que se desprenden de la superficie. Esta pérdida de material se verá acentuada por la presencia de humedad, anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso, etc.

Los materiales con presencia de elementos que formen óxidos duros, estables, tenaces y que tienen un punto de fusión elevado, o materiales que no formen óxidos son resistentes a este tipo de desgaste.

Una regla simple, pero de aplicación efectiva, consiste en prever un porcentaje de Cromo igual al 25%, que formará una película de óxidos resistentes a la oxidación hasta 1000°C.

Las aleaciones "base Cobalto y Tungsteno" son evidentemente resistentes a la oxidación, poseen elevadas características mecánicas en caliente, incluida la dureza, factores que les confieren alta resistencia al desgaste en condiciones difíciles (abrasión – oxidación – temperatura).

## **CAVITACIÓN**

Es cuando una masa líquida se calienta a presión constante o cuando se reduce la presión a temperatura constante, estática o dinámicamente, se forman y crecen burbujas o cavidades. Las burbujas también están sujetas a la difusión

de gases disueltos dentro de las cavidades y a la expansión del gas contenido en ellas. Si llamamos "hervir" al fenómeno causado por el aumento de temperatura a presión constante, podemos llamar "cavitar" a aquella causada por la disminución de presión a temperatura constante. La cavitación es la que tiene lugar en circuitos hidráulicos, turbinas, bombas, etc. Esta cavitación produce un desgaste en los componentes que se cuantifican por:

- PERDIDA DE PESO
- PÉRDIDA DE VOLUMEN
- NUMERO DE CRÁTERES PRODUCIDO

La cavitación no controlada produce daños serios y hasta catastróficos. El rendimiento de los equipos hidráulicos es afectado por la cavitación, que impone severas condiciones de diseño y operación.

En el caso de las turbomáquinas, tanto en bombas como en turbinas se puede presentar dicho fenómeno, y la zona que resulta más susceptible de formación de cavitación en el caso de rodetes radiales y semiaxiales es la superficie adyacente al diámetro interior del rotor.

Casos de cavitación

- Alabes de turbinas, palas de dirección de turbinas, Ventiladores, Rotores de bombas, Hélices de propulsión, etc.

## **CORROSIÓN**

La acción de desgaste por corrosión, es el resultado de la influencia de agentes químicos y electroquímicos sobre una pieza determinada, que conduce, a la destrucción del metal.

El término corrosión se aplica a la acción gradual de agentes naturales, como el aire o el agua salada sobre los metales.

El ejemplo más familiar de corrosión es la oxidación del hierro, que consiste en una compleja reacción química en la que el hierro se combina con oxígeno y agua para formar óxido de hierro hidratado. Este óxido, conocido como orín o herrumbre, es un sólido que mantiene la misma forma general que el metal del que se ha formado, pero con un aspecto poroso, algo más voluminoso, y relativamente débil y quebradizo.

Hay tres procedimientos para evitar la oxidación del hierro:

1. Mediante aleaciones del hierro que lo convierten en químicamente resistente a la corrosión.
2. Impregnándolo con materiales que reaccionen a las sustancias corrosivas más fácilmente que el hierro, quedando éste protegido al consumirse aquellas.
3. Recubriéndolo con una capa impermeable que impida el contacto con el aire y el agua. El procedimiento de la aleación es el más satisfactorio pero también el más costoso.

Un buen ejemplo de ello es el acero inoxidable, una aleación de hierro con cromo o con níquel. Esta aleación está totalmente a prueba de oxidación e incluso resiste la acción de productos químicos corrosivos como el ácido nítrico concentrado y caliente. La protección de la superficie con una capa impermeable, es el más barato y por ello el más común. Este procedimiento es válido mientras no aparezcan grietas en la capa exterior, en cuyo caso la oxidación se produce como si no existiera dicha capa.

Las Figuras 1.19 y 1.20 muestran casos de oxidación.



**Figura 1.19 Oxidación de un aro**



**Figura 1.20 Oxidación de tuberías**

Algunos metales como el aluminio, aunque son muy activos químicamente, no suelen sufrir corrosión en condiciones atmosféricas normales.

Generalmente el aluminio se corroe con facilidad, formando en la superficie del metal una fina capa continua y transparente que lo protege de una corrosión acelerada. El plomo y el zinc, aunque son menos activos que el aluminio, están protegidos por una película semejante de óxido.

La corrosión en los metales supone un problema mayor que en otros materiales. El vidrio se corroe con soluciones altamente alcalinas, y el hormigón con aguas ricas en sulfatos. La resistencia a la corrosión del vidrio y del hormigón puede incrementarse mediante cambios en su composición.

Diferentes formas de corrosión:

- Corrosión general superficial.
- Corrosión por picaduras.
- Corrosión bajo tensión.

Los factores a tener en cuenta, son:

- Carácter del medio (básico, ácido.)
- Concentración.
- Temperatura.
- Movimiento.

### **Corrosión general o superficial**

Este tipo de corrosión es el ideal para ser removido con el método Sandblasting.

Aparece sobre la superficie de la pieza, de forma generalizada, sobre todo en medios ácidos.

Para evitar este defecto, es necesario mantener la superficie lo más lisa posible.

### **Corrosión por picaduras**

Esta forma de corrosión se caracteriza por un intenso ataque localizado en grietas expuestas a agentes corrosivos. Este proceso es asociado al estancamiento de pequeños volúmenes de solución causados por perforaciones en empaquetaduras, defectos superficiales, grietas bajo pernos u otros elementos de sujeción.

El mecanismo básico de la corrosión por grietas, se considera por un metal en contacto con una solución en presencia del oxígeno, esta solución puede ser el cloro.

En este proceso una vez que la perforación empieza a crecer las condiciones desarrolladas son tales que promueven al crecimiento de la perforación.

### **Corrosión bajo tensión**

Bajo fatiga o tensión, la capa protectora se rompe, debido a las deformaciones y como consecuencia, el material base sin protección, es atacado. Las microfisuras formadas, absorben los esfuerzos y de esta forma se acelera el proceso de corrosión.

Las fisuras pueden ser intercristalinas (aceros bajos en Carbono). Los cloruros son conocidos por su elevada acción corrosiva en los casos de fisuración.



En general, los otros tipos de desgaste (abrasión, erosión, cavitación), se verán acelerados, de forma determinante debido a la corrosión.

Este tipo de sistema de limpieza tiene como objeto el desgaste de la impureza mediante el impacto del chorro de arena sobre la superficie a limpiar.

## **1.7 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Este tipo de sistema tiene como objeto el desgaste de las impurezas mediante el impacto del chorro de arena sobre la superficie a limpiar.

### **Desgaste**

El desgaste es el fenómeno que más afecta la productividad de las máquinas ya que obliga a su detención de manera programada ó intempestiva cuando alguno de sus componentes falla de manera catastrófica. En los componentes de las máquinas se presentan algunos tipos de desgaste como el erosivo y el abrasivo que de manera silenciosa van desgastando sus superficies de fricción sin que el operador en la mayoría de los casos detecte a tiempo condiciones anormales en su funcionamiento, las cuales conllevan inexorablemente a su deterioro, pérdida de tolerancias, a un comportamiento errático y por consiguiente a su reemplazo.

Las clasificaciones que se han establecido para definir y describir los diferentes tipos de desgastes son varias, en donde se tiene que el desgaste básicamente se clasifica en:

- Desgaste adhesivo.
- Desgaste abrasivo.
- Desgaste erosivo.
- Desgaste corrosivo.

### **Desgaste adhesivo**

Este tipo de desgaste ocurre durante el contacto metal con metal, donde interactúan asperezas superficiales.

### **Desgaste abrasivo**

Este tipo de desgaste ocurre por partículas duras que se mueven forzadas sobre la superficie del material que se está desgastando.

### **Desgaste erosivo**

Este tipo de desgaste ocurre por la acción de corte que resulta de la energía cinética de las partículas suspendidas en un medio gaseoso o líquido.

Estas partículas al entrar en la zona de la película lubricante, cambian su trayectoria lineal como resultado del cambio de presiones, se desordenan y chocan con las rugosidades; es posible que cuando empiezan a chocar no

causen desgaste, pero van fatigando poco a poco las superficies que impactan hasta que finalmente dan lugar al desprendimiento de material.

### **Desgaste corrosivo**

Este tipo de desgaste ocurre cuando la superficie es atacada químicamente produciendo una pérdida de material.

Realmente los fenómenos físicos no son resultados aislados de cada uno de estos tipos de desgastes, ya que estos son el resultado final de la acción combinada de algunos o de todos los tipos de desgastes ya mencionados.

#### **1.7.1 DESGASTE ABRASIVO**

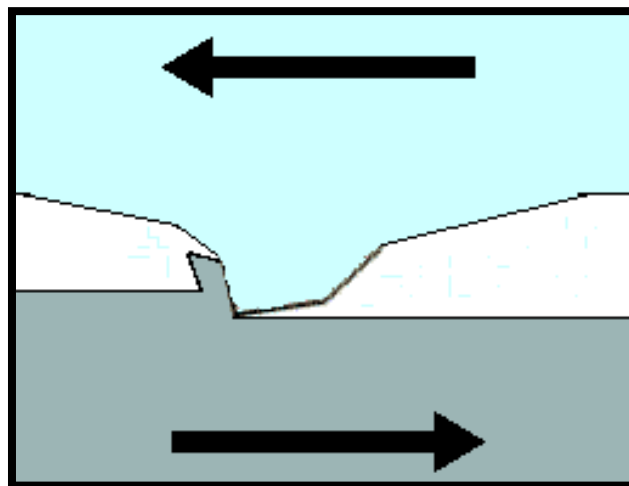
##### **Desgaste Abrasivo**

Un ejemplo claro es en los lubricantes, donde es consecuencia de la presencia de partículas sólidas y metálicas de un tamaño igual ó mayor que el espesor mínimo de la película lubricante y de la misma dureza ó mayor a la de las superficies metálicas del mecanismo lubricado; el desgaste abrasivo es mayor en la superficie más blanda. Las partículas sólidas como el Silicio dan lugar a un considerable desgaste abrasivo debido a la elevada dureza de este material. Cuando las partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante se encuentra entre las dos superficies "ruedan" removiendo la película límite y desprendiendo material; cuando son de mayor tamaño se fracturan dando lugar a partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de

la película lubricante generando desgaste abrasivo y de un tamaño menor que propician el desgaste erosivo de dichas superficies metálicas.

Las partículas de menor tamaño también pueden propiciar desgaste abrasivo si la carga que actúa sobre el mecanismo se incrementa o la viscosidad del aceite se reduce ya sea por incremento en la temperatura de operación, contaminación con agua o con aceites de menor viscosidad. También es factible que se incrusten partículas en una de las superficies y actúen como una herramienta de corte, removiendo material de la otra.

La Figura 1.21 Muestra como se produce el desgaste abrasivo.



**Figura 1.21 Muestra el desgaste abrasivo**

En la actualidad no es factible eliminar totalmente el desgaste abrasivo debido a la imposibilidad de contar con aceites completamente limpios y con filtros que garanticen un nivel de contaminación cero.

### **1.7.2 TEORIA DEL DESGASTE ABRASIVO**

“Se define como el desgaste que ocurre a ciertas temperaturas normales y como resultado del contacto dinámico entre superficies metálicas desgastadas conocidas como partículas y fragmentos abrasivos”.

“La fuerza que se aplica normalmente a la superficie actúa a través de las partículas duras, causando deformación, en donde se produce movimiento relativo entre esta y la partícula, generando el desgarramiento de la superficie del material”.

El desgaste abrasivo es el tipo de desgaste más destructivo, provocando altas pérdidas en corto tiempo. Se ha estudiado el desgaste abrasivo en los principales aceros dúctiles y frágiles sin lubricación.

Normalmente la abrasión se da por sustancias muy duras que se aplican divididas en trozos muy pequeños.

### **1.7.3 INYECTOR**

El inyector, pistola o boquilla de salida, es el elemento más importante de la máquina Sandblasting, a través de este sale la mezcla aire – abrasivo.

Por medio del diámetro de su boquilla de salida se puede tener en cuenta la cantidad de aire que necesitamos para su operación.

De igual forma con este se debe tener cuidado ya que cuando está en funcionamiento es peligroso si su uso no es el correcto.

Con la finalidad de encontrar un tipo de inyector o pistola que cumpla con nuestros requerimientos, se tienen las siguientes alternativas de pistolas existentes en el mercado, cada una de estas utilizada para actividades diferentes

### **DESEMPOLVADORA COMÚN**

Pico corto uso general para extracción o desprendimiento de polvo, viruta, basura.

Figura 1.22 muestra Desempolvadora común.



**Figura 1.22 Desempolvadora común**

### **DESEMPOLVADORA LARGA 1**

Pico largo 150mm. utilizada en lugares de difícil acceso.

Figura 1.23 muestra Desempolvadora larga 1.

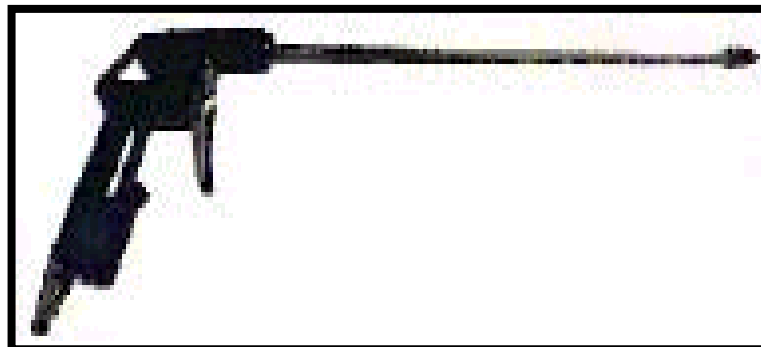


**Figura 1.23 Desempolvadora larga 1**

### **DESEMPOLVADORA LARGA 2**

Es también utilizada en lugares de difícil acceso con pico largo 300mm.

Figura 1.24 muestra Desempolvadora larga 2.



**Figura 1.24 Desempolvadora larga 2**

### **DESEMPOLVADORA DE PICO DE ALTO RENDIMIENTO**

Mediante un pico de funcionamiento basado en el sistema Venturi aumenta o multiplica el caudal suministrado por el compresor logrando un alto rendimiento.

Figura 1.25 muestra Desempolvadora de pico de alto rendimiento.



**Figura 1.25 Desempolvadora de pico de alto rendimiento**

### **ROCIADORA RECIPIENTE METÁLICO**

Con recipiente metálico, para pulverizar o rociar líquidos de limpieza, queroseno, gas oil, aceites livianos, etc.

Figura 1.26 muestra rociador de recipiente metálico.



**Figura 1.26 Rociador de recipiente metálico**

### **LAVADORA**

Produce un chorro de alta presión, pues conectada a un ducto con agua caliente o fría, impulsa el líquido con extrema fuerza, reemplazando las hidrolavadoras.



Figura 1.27 muestra pistola lavadora.



**Figura 1.27 Pistola lavadora**

### **PISTOLA PARA APLICACION ADHESIVO DE SILICONAS**

Aplicadora de cartucho de adhesivo de siliconas, reemplazando a las pistolas manuales en la tarea de sellado de parabrisas, vidrios, construcción, otorgando rapidez y precisión en el trabajo.

Figura 1.29 muestra pistola para aplicación adhesiva de siliconas.

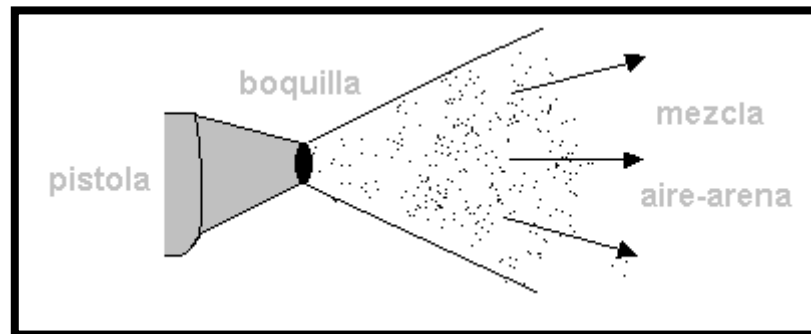


**Figura 1.28 pistola para aplicación adhesiva de siliconas**

### **ARENADORA**

Utilizada para arenar pequeñas y medianas superficies con pico de acero tratado térmicamente que otorga una larga duración y manguera para toma de depósito. Requiere arena fina, seca y tamizada.

La Figura 1.29 Muestra flujo de salida del arenador.



**Figura 1.29 Flujo de salida del arenador**

Las Figuras 1.30 y 1.31 muestran pistolas arenadoras.



**Figura 1.30 Pistola arenadora**



**Figura 1.31 Pistola arenadora**

#### **1.7.4 SISTEMA NEUMÁTICO**

El sistema neumático consta de un compresor de aire que proporciona aire a presión a la pistola dispensadora de aire abrasivo.

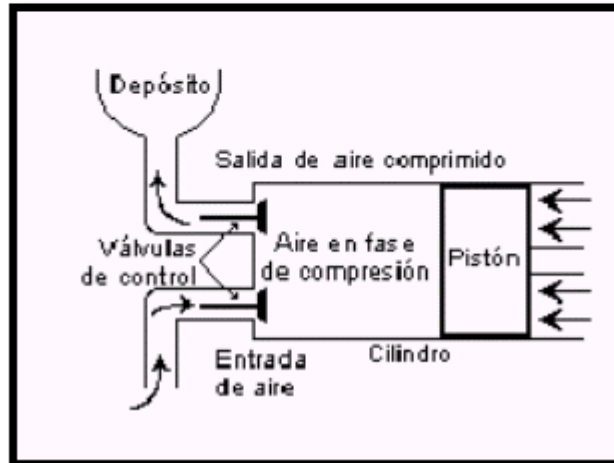
##### **Compresor**

El compresor es una máquina que disminuye el volumen de una determinada cantidad de aire y aumenta su presión por procedimientos mecánicos. El aire comprimido posee una gran energía potencial, ya que si eliminamos la presión exterior, se expandiría rápidamente. El control de esta fuerza expansiva proporciona la fuerza motriz de muchas máquinas y herramientas, como martillos neumáticos, taladradoras, limpiadoras de chorro de arena y pistolas de pintura.

En general hay dos tipos de compresores: alternativos y rotativos.

Los compresores alternativos o de desplazamiento, se utilizan para generar presiones altas mediante un cilindro y un pistón. Cuando el pistón se mueve hacia la derecha, el aire entra al cilindro por la válvula de admisión; cuando se mueve hacia la izquierda, el aire se comprime y pasa a un depósito por un conducto muy fino.

La Figura 1.32 muestra un compresor de desplazamiento o alternativo.



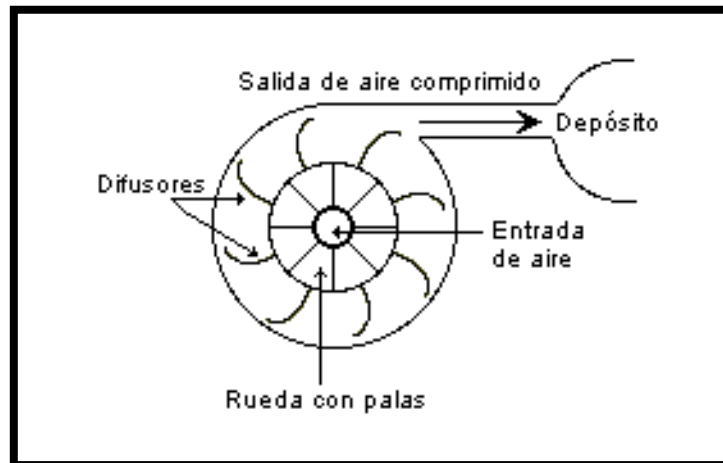
**Figura 1.32 Compresor de desplazamiento o alternativo**

Los rotativos, producen presiones medias y bajas.

Están compuestos por una rueda con palas que giran en el interior de un recinto circular cerrado.

El aire se introduce por el centro de la rueda y es acelerado por la fuerza centrífuga que produce el giro de las palas. La energía del aire en movimiento se transforma en un aumento de presión en el difusor y el aire comprimido pasa al depósito por un conducto fino.

La Figura 1.33 muestra un compresor rotativo.



**Figura 1.33 Compresor rotativo**

El caudal del compresor está con relación a su potencia y a la presión de este, esta relación es de 1 a 4.5, es decir con 1HP. Se tiene 4.5 c.f.m (pie cúbico por minuto).

La potencia que se necesita está de acuerdo al diámetro de la salida de la boquilla de la pistola.

Cabe mencionar que el aire requerido esta sin relación con el abrasivo, sino que esta relación es con aire solamente.

En el ANEXO 1 se muestra la Relación entre potencia, caudal y presión con referencia al diámetro del orificio de la boquilla de la pistola.

### **1.7.5 ABRASIVO**

El abrasivo es una sustancia que se utiliza para afilar y pulir objetos por fricción o desgaste de su superficie.

Normalmente son sustancias muy duras que se aplican divididas en trozos muy pequeños. Para rebajar piezas grandes se fragmentan en trozos mayores, de manera que tengan aristas cortantes más agudas. Los abrasivos bastos producen surcos grandes en las superficies y se utilizan para dar forma a los objetos. Los abrasivos finos producen surcos pequeños y se utilizan para pulir. El abrasivo tiene que ser más duro que el objeto a tratar, aunque algunos pulimentos, que también se consideran abrasivos, son más blandos.

La mayoría de los abrasivos naturales son minerales, como por ejemplo el corindón (óxido de aluminio), diamante, esmeril, granate, piedra pómez, cuarzo y arena.

Entre los abrasivos sintéticos más antiguos destaca el rojo de hierro, el acero triturado y el cristal en polvo. Desde 1891 se utilizan algunos abrasivos sintéticos (carburos, boruros y nitruros) que son prácticamente tan duros como el diamante. De hecho, los abrasivos sintéticos de carbono presentan la misma dureza que los de diamante artificial.

Entre ellos destacan el corindón sintético, granallas metálicas, el carburo de tungsteno, el de boro y el de silicio, que se conoce con el nombre de carborundo.

Viendo la mejor alternativa en lo que se requiere a abrasivos, se ha optado por utilizar el carburo de silicio, también conocido con el nombre de SIC y la

granalla metálica, a estos se los ha escogido por que tienen una propiedad muy importante como es su dureza, y porque puede volver a ser utilizado, este también puede ser mezclado con arena común.

Para superficies de acero y aluminio en donde se quiera remover impurezas es recomendable el uso de la granalla metálica, ya que el carburo de silicio es mas utilizado en el pulimento, trabajo sobre vitrales y trabajos artesanales.

### **Granalla metálica**

Esta tiene un alto grado de anclaje, es decir, mientras remueve impurezas, causa un tipo de porosidad, con la finalidad de poder adherir a futuro pinturas, recubrimientos, o capas protectoras.

Los requisitos fundamentales de la granalla, además de conseguir un acabado superficial óptimo para cada aplicación son: que ésta tenga un tiempo de vida largo, un bajo desgaste, y que el tiempo de granallado sea lo más reducido posible.

### **Carburo de silicio**

El carburo de silicio fue preparado por primera vez al principio de los años 1800. Se produjo comercialmente hacia 1892, como polvo de rectificación y corte, con una dureza de 9-10 (casi tan duro como el diamante).

Consisten de multi filamentos contínuos de Nicalón de cristales ultra finos que proporcionan un buen enlace entre las partículas. Esta fibra tiene una resistencia mecánica y un módulo elevados a temperaturas elevadas.

Es resistente a la oxidación, tiene una humectabilidad elevada por lo cual se utiliza en mezclas con metales, plásticos y cerámicas.

La tabla del ANEXO 2 muestra algunas propiedades del carburo de silicio.

## **1.8 TIPOS DE ABRASIVOS**

Normalmente se las clasifica por el tipo y número de grano con el que estos actúan.

Se tiene:

### **Tipos de grano:**

- Óxido de aluminio común;
- Óxido de aluminio blanco;
- Carburo de silicio verde;
- Carburo de silicio negro;
- Óxido de aluminio;
- Grano cerámico;
- Granalla metálica;
- Otros.

Estos son utilizados en el sistema de abrasión por partículas flotantes conocido como sistema sandblasting y en la construcción de piedras de abrasión.



El número de grano es muy similar al utilizado en los números de abrasivos en lámina como las lijas, por ejemplo 120, 180, etc.

La Figura 1.34 muestra los tipos de abrasivos convertidos en piedras y ruedas de abrasión.



**Figura 1.34 Piedras y ruedas de abrasión**

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION**

#### **2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Para definir la máquina a construir se debe realizar un estudio de varias alternativas, mismas que al ser evaluadas bajo parámetros que permiten definir el tipo de máquina a construir.

##### **2.1.1 PRIMERA ALTERNATIVA**

###### **Máquina Sandblasting Externa**

Este tipo de máquina es una de las más utilizadas como máquina de abrasión por choque de chorro de arena, tiene mayor capacidad de carga en el reservorio del abrasivo, es del uso con protección personal, este equipo consta de un traje de caucho o cuero, (tipo astronauta) con protección de tela aislante del calor, este traje, también debe tener un cierto tipo de ventilación, ya que el operador se encuentra sometido a largo tiempo de uso del traje.

La protección personal también consta de guantes que son para protección de las manos y brazos, este tipo de guantes son contruidos de cuero, al igual que el calzado, donde se recomiendan botas diseñadas para el trabajo.

La respiración del operador, es un factor muy importante, este lleva uno o dos tanques de oxígeno en su traje, con la respectiva máscara respiratoria, la capucha de la cabeza de este debe ser herméticamente cerrada, con la finalidad de que el operador no respire el abrasivo ni las impurezas expuestas al ambiente, este tipo por lo general trabaja con el sistema de presión.

A este tipo de máquinas mayormente se la utiliza en la remoción de impurezas en áreas grandes, como por ejemplo paredes, depósitos, tanques de combustible, tanqueros, esferas de almacenamiento, vitrales grandes, etc.

### **2.1.2 SEGUNDA ALTERNATIVA**

#### **Máquina Sandblasting Interna**

Se las conoce como internas por el lugar en el que se realiza la limpieza abrasiva, en este caso es una cámara de remoción.

Este tipo de máquinas es utilizado para la remoción de varios tipos de impurezas pero en piezas que no sean de gran tamaños, la variedad de tamaños de las piezas que pueden ser sometidas a este tipo de máquinas, dependen del tamaño de la cámara que esta tenga, ya que la pieza a ser limpiada está en el interior de dicha cámara.

Para este tipo de máquina no es necesaria la protección personal, ya que la propia cámara está provista de guantes de manga, donde se introducen las manos, maniobrando así la pieza a ser limpiada y el inyector del abrasivo, esta cámara también está provista de un visor e iluminación las cuales ayudan a la

visibilidad del operador arenador, la arena o el abrasivo que permanece en la cámara puede ser nuevamente usado hasta que su poder abrasivo disminuya.

## **2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

El estudio consta básicamente en identificar las ventajas y desventajas de cada alternativa establecida, estas serán utilizadas para poder definir la mejor opción para poder construir la máquina.

### **2.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA**

#### **Máquina Sandblasting Externa**

##### **Ventajas**

- Sirve para limpiar piezas de gran tamaño.
- Tiene un reservorio de material más amplio.
- Sirve para trabajos dentro de lugares tales como depósitos, tanques, etc.
- Mejor maniobrabilidad en los trabajos de precisión como los decorativos, (tallaje en vidrio y en piedras.)

## **Desventajas**

- Necesita de equipo de protección personal, tales como:
  - Traje.
  - Guantes.
  - Botas.
  - Máscara de oxígeno, con sus respectivos tanques, la cual le da un costo adicional.
- Es de gran peso ya que consta de un tanque de presión.
- El abrasivo que se utiliza en estas no puede ser nuevamente utilizado.
- Es de mayor peligro para el operador.
- Necesita de personal altamente adiestrado en la operación de estas máquinas.

## **2.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA**

### **Máquina Sandblasting Interna**

#### **Ventajas**

- Mayor seguridad al momento de la limpieza.
- Menor costo en equipo de seguridad personal.
- Se la puede operar sin extremado equipo de seguridad personal.

- El elemento abrasivo utilizado en esta máquina puede ser nuevamente utilizado.
- Puede ser utilizada como Máquina Sandblasting Externa, simplemente extrayendo el inyector del interior de la cámara.

### **Desventajas**

- Limitada al uso en piezas de gran tamaño dentro de la cámara.
- Falta de maniobrabilidad en los trabajos de precisión como los decorativos, (tallaje en vidrio y en piedras.)

## **2.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA**

Para la selección de la mejor alternativa es necesario el estudio de las alternativas dadas con el fin de elegir la mejor, y aplicarla para la construcción del proyecto.

### **Aspecto técnico**

- Confiabilidad.
- Construcción.
- Facilidad de operación.
- Funcionamiento.
- Mantenimiento.

- Usos.

### **Aspecto Económico**

- Costo de Construcción.
- Costos de funcionamiento.

### **Aspecto Complementario**

- Dimensión.
- Peso.
- Facilidad de transportación.
- Lugar de utilización.

Los parámetros establecidos es un punto muy necesario para poder definir el tipo de máquina la cual se llevará a cabo en su construcción, para eso se verá de que trata cada uno de los parámetros establecidos, a cada uno de estos se le dará un factor de ponderancia o puntuación, con la finalidad de obtener un resultado numérico y poder hacer la selección de la alternativa adecuada.

### **Confiabilidad**

Se refiere a la seguridad que tiene la máquina, es decir: las garantías que esta ofrece, ya sea al operario, como a la labor que va a realizar, esta debe ser totalmente confiable para que se la pueda ocupar sin problemas.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.9.

### **Construcción**

Este parámetro se refiere a la complejidad de su construcción, en este caso se debe desarrollar una máquina de buenas características pero de poca dificultad de elaboración.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.8.

### **Facilidad de operación**

Se refiere a la facilidad de manipulación y operación y revisiones que se la dará en su vida de funcionamiento.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.9.

### **Funcionamiento**

Se refiere a la forma de trabajar de dicha máquina en donde se las compara y diferencia con otro tipo de máquinas.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.9.

### **Mantenimiento**

Este parámetro es sumamente necesario incluirlo, ya que este trata del perfecto funcionamiento el cual va a tener la máquina, esto se da por las revisiones periódicas, y reemplazo de piezas, debemos ver la complejidad del mantenimiento y la disponibilidad de los repuestos.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.9.



## **Usos**

Los usos que se le vayan a dar a esta máquina es un parámetro importante, trata de los lugares donde va a ser utilizada y para los diferentes trabajos en donde se le va a dar uso.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.8.

## **Costos de construcción**

En este tipo de parámetro, se tiene que ver que la maquinaria tenga un costo económico en los componentes que intervienen en su construcción y en los componentes que estas necesitan para su funcionamiento.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.8.

## **Costos de funcionamiento**

Cuando la máquina ya esté en las condiciones adecuadas de uso, se tiene que ver, lo que esta nos puede hacer gastar, como por ejemplo, corriente eléctrica, presión de aire, equipo para el personal a utilizar, etc.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.8.

## **Dimensión**

Este parámetro se refiere al espacio que va a ser utilizado por este tipo de máquina.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.7.

## **Peso**

Este parámetro se refiere al peso vacío que tiene esta máquina, sin contar el abrasivo que esta utiliza.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.7.

## **Facilidad de transportación**

Se refiere a la complejidad de trasladar la maquina Sanblasting de un lugar a otro, en este factor también van incluidos factores tales como: la forma, etc.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.6.

## **Lugar de utilización**

Este aspecto se refiere al lugar donde esta va a ser utilizada, donde se tenga las facilidades necesarias para su funcionamiento.

A este parámetro se le dará un factor de ponderancia de 0.7.

Ya que todos los factores tienen una importancia, se los debe tomar en cuenta a todos ellos, para luego poder analizar el tipo de máquina que se ha de construir.

Para tener mas en claro los factores de ponderancia que se han tomado y se han visto para la construcción de la máquina Sandblasting, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 2.1. Parámetros y valores

<b>ITEM</b>	<b>EVALUACION DE PARAMETROS</b>	<b>VALORES DE PONDERACIÓN</b>
<b>01</b>	<b>CONFIABILIDAD</b>	<b>0.9</b>
<b>02</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>0.8</b>
<b>03</b>	<b>FACILIDAD DE OPERACIÓN</b>	<b>0.9</b>
<b>04</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>	<b>0.9</b>
<b>05</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>0.9</b>
<b>06</b>	<b>USOS</b>	<b>0.8</b>
<b>07</b>	<b>COSTOS DE CONSTRUCCION</b>	<b>0.8</b>
<b>08</b>	<b>COSTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>0.8</b>
<b>09</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>0.7</b>
<b>10</b>	<b>PESO</b>	<b>0.7</b>
<b>11</b>	<b>FACILIDAD DE TRANSPORTACIÓN</b>	<b>0.6</b>
<b>12</b>	<b>LUGAR DE UTILIZACION</b>	<b>0.7</b>

### **2.3.1 EVALUACION DE PARAMETROS**

**Matriz de evaluación y decisión.**

Tabla 2.2. Matriz de Evaluación y decisión.

EVALUACION DE PARAMETROS	VALORES DE PARÁMETROS  Xi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO			
		ALT.1	ALT.2	1*Xi	2*Xi
CONFIABILIDAD	0.9	0.6	0.8	0.54	0.72
CONSTRUCCIÓN	0.8	0.7	0.7	0.56	0.56
FACILIDAD DE OPERACIÓN	0.9	0.5	0.8	0.45	0.72
FUNCIONAMIENTO	0.9	0.8	0.8	0.72	0.72
MANTENIMIENTO	0.9	0.8	0.8	0.72	0.72
USOS	0.8	0.7	0.7	0.56	0.56
COSTOS DE CONSTRUCCION	0.8	0.7	0.7	0.56	0.56
COSTOS DE FUNCIONAMIENTO	0.8	0.6	0.8	0.48	0.64
DIMENSION	0.7	0.7	0.6	0.49	0.42
PESO	0.7	0.6	0.6	0.42	0.42
FACILIDAD DE TRANSPORTACIÓN	0.6	0.6	0.5	0.36	0.30
LUGAR DE UTILIZACION	0.7	0.6	0.6	0.42	0.42
TOTAL	-	-	-	6.28	6.76

### **2.3.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA**

#### **ALTERNATIVA SELECCIONADA SEGÚN UN ESTUDIO POR TABLA DE PARÁMETROS**

Como se ve en la tabla de evaluación, los parámetros establecidos son medidos con relación a las dos alternativas de proyecto, con lo cual se ve la de mejor conveniencia para su construcción.

Con un estudio realizado con las alternativas ya dadas, se llega a la conclusión de que en construcción, la segunda alternativa es la opción más idónea “máquina Sandblasting interna”.

## CAPITULO III

### CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 CALCULOS

Antes de proceder a la construcción de la máquina se determina una relación entre el peso del material abrasivo y la potencia que este necesita para ser movido del reposo en el que se encuentra.

**Con el cálculo de una velocidad, se tiene:**

Se asume que  $F = W$

$$V_y = \left( \frac{2 * g * W}{A * P_a * C} \right)^{0.5} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

donde:

$g$  = aceleración de la gravedad.

$W$  = peso de la partícula.

$A$  = sección transversal de la partícula (área).

$P_a$  = Peso específico del aire.

$C$  = Coeficiente de resistencia de la partícula en el aire (adimensional).

Los valores son:

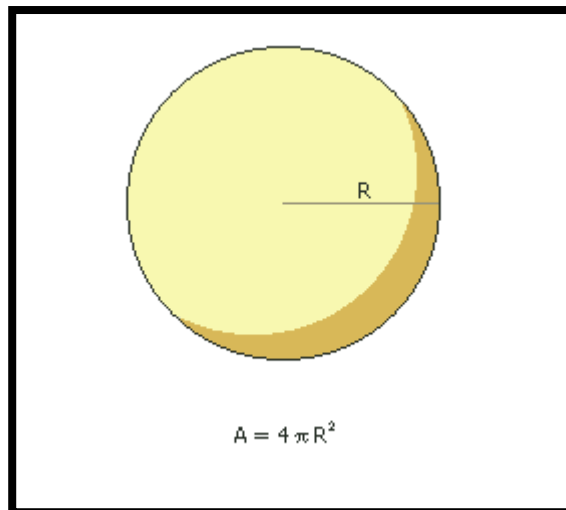
$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$W = 9.9898 \times 10^{-4} \text{ Kgf. (Se asume un gramo de abrasivo).}$$

Cálculo del área de un gramo de abrasivo:

Al ver que un grano de abrasivo, es muy pequeño y de difícil medición, se ha optado por apelmazar un gramo de este material, donde se podrá sacar el área de la figura ya formada, como en este caso una esfera.

La figura 3.1 muestra área de una esfera.



**Figura 3.1** Área de una esfera

El área de la superficie de la esfera, es igual a:

$$A = 4\pi * r^2$$

Ec. 3.2

$$r = 0.003m$$

$$A = 4 * (3.14159) * (0.003)^2$$

$$A = 1.1309 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = 1.1309 \times 10^{-4} m^2$$

$$Pa. = 0.9074 \frac{Kgf}{m^3}$$

$$C = 0.41$$

Reemplazo de valores en Ecuación 3.1:

$$Vy = \left( \frac{2 * 9.8 \frac{m}{s^2} * 9.9898 \times 10^{-4} Kgf}{1.1309 \times 10^{-4} m^2 * 0.9074 \frac{Kgf}{m^3} * 0.41} \right)^{0.5}$$

$$Vy = (465.3480 \frac{m^2}{s^2})^{0.5}$$

$$Vy = 21.5726 \frac{m}{s}$$

Cálculo de Caudal:

$$Q = V * A \tag{Ec. 3.3}$$



donde:

Q = Caudal.

V = Velocidad. ( $V_y = 21.5726 \text{ m/s}$ )

A2 = Area. (En este caso es el área de la salida del inyector (boquilla)).

Cálculo del área 2:

$$r = \frac{3}{32} p \lg$$

$$A2 = \pi * r^2 \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$A2 = 3.1415 * (2.3812 \times 10^{-3} \text{ m})^2$$

$$A2 = 1.7814 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Reemplazo de valores en:  $Q = V * A$ :

$$Q = 21.5726 \text{ m/s} * 1.7814 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = 3.8429 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo de potencia:

$$\dot{w} = P * Q \quad (\text{Ec. 3.4})$$

donde:

$\dot{w}$  = Potencia.

P = Presión.

Q = Caudal. ( $Q = 3.8429 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ )

Para calcular la presión es necesario tener un área como es el área 3.

El área 3 es igual al área de entrada del abrasivo hacia la pistola.

Cálculo del área 3:

$$r = \frac{5}{32} p \lg$$

$$A3 = \pi * r^2$$

$$A3 = 3.1415 * (3.9687 \times 10^{-3} \text{ m})^2$$

$$A3 = 4.9481 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Cálculo de la presión:

$$P = \frac{F}{A3} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$P = \frac{9.9898 \times 10^{-4} \text{ Kgf}}{4.9481 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$P = 20.1891 \text{ Kgf}/\text{m}^2$$

Reemplazo de valores en Ec. 3.4:

$$\dot{w} = 20.1891 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} * 3.8429 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{w} = 7.7584 \times 10^{-3} \frac{\text{Kgf} * \text{m}}{\text{s}}$$

$$\dot{w} = 56.3264 \times 10^{-3} \frac{\text{lb} * \text{pie}}{\text{s}}$$

$$\dot{w} = 56.3264 \times 10^{-3} \text{HP}$$

Se obtiene que:

Para poder mover 1gr. de abrasivo se necesita de:  $\dot{w} = 56.3264 \times 10^{-3} \text{HP}$  o

0.2534 c.f.m. (  $\text{pie}^3 / \text{min.}$  )

Por ejemplo: Para poder mover un Kg. de abrasivo se necesita:

$$\dot{w} = 56.3264 \times 10^{-3} \text{HP} * 1000$$

$$\dot{w} = 56.3264 \text{HP}$$

### **3.2 CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA REALIZAR LA CONSTRUCCIÓN.**

La clasificación de los materiales para ser utilizados en la construcción de esta máquina han sido elegidos en base a un estudio, donde se ha visto su utilidad, calidad, durabilidad y costo.

Los materiales utilizados para la construcción de la máquina Sandblasting son:

Tabla 3.1 Muestra los materiales y la cantidad para la construcción de la máquina Sandblasting.

<b>MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIAL</b>
01	02	Planchas de Tol
02	01	Abrasivo
03	01	Dispensador Aire - Arena (pistola)
04	02	Mangas tipo guante
05	01	Malla para superficie inferior
06	01	Extractor de abrasivo
07	01	Interruptor ON –OFF
08	01	Boquilla
09	02	Conexiones para manguera
10	04	Tornillos
11	01	Foco
12	01	Enchufe
13	01	Alambre para conexión
14	01	Vidrio para visor
15	01	Manguera de presión
16	01	Recipiente para abrasivo
17	01	Pintura

También para la construcción de la máquina se han utilizado varias máquinas y herramientas.

Tabla 3.2 Muestra máquinas y herramientas utilizadas en la construcción.

<b>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
01	Cinzel de corte
02	Sierra
03	Suelda
04	Pintura
05	Dobladora
06	Amoladora

### **3.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA.**

La máquina que se ha construido, realizará trabajos de remoción corrosiva, oxido e impurezas de superficies metálicas pequeñas, esta máquina trabaja por el sistema de abrasión por arena.

La máquina consta de lo siguiente:

#### **Cámara de Abrasión**

La cámara de abrasión está elaborada de tol, ya que es un material resistente a la abrasión, al interior de la cámara de abrasión es donde se desarrollará el proceso Sandblasting.

### **Guantes tipo Manga**

Estos Guantes son de alta resistencia, ayudan a manipular la pieza sometida al proceso dentro de la cámara.

### **Malla de Alambre**

Esta es la que ayuda a que el material abrasivo pase para nuevamente ser utilizado, esta hace las veces de base de la cámara.

### **Tolva**

Esta también está construida de tol, esta tolva ayuda para que el abrasivo ya utilizado caiga por gravedad hacia un recipiente o donde se tenga almacenado el abrasivo.

### **Dispensador Aire – Arena (pistola)**

Este va en la parte interna de la cámara de abrasión, sirve para direccionar el flujo aire – arena hacia el material sometido al proceso Sandblasting.

### **Extractor de abrasivo**

Está dentro de la cámara de abrasión con una salida hacia el exterior. Este ayuda a sacar el abrasivo circundante dentro de la cámara de abrasión ya que con la abrasión las partículas de abrasivo flotan dentro de la cámara.

### **Vidrio para visor**

Este va ubicado dentro en la estructura de la cámara de abrasión y tiene como propósito dar visibilidad al operador de la máquina.

### **Manguera de presión**

Esta ubicada tanto en la parte interior como en la parte exterior de la cámara, sirve para suministrar aire y abrasivo a la pistola, la manguera que suministra el aire soporta altas presiones.

### **Equipo eléctrico**

Este consta de varias conexiones mediante un cable eléctrico, una boquilla con foco, un tomacorriente, un switch on – off, este también va conectado al extractor de abrasivo.

### **Inyector o Pistola.**

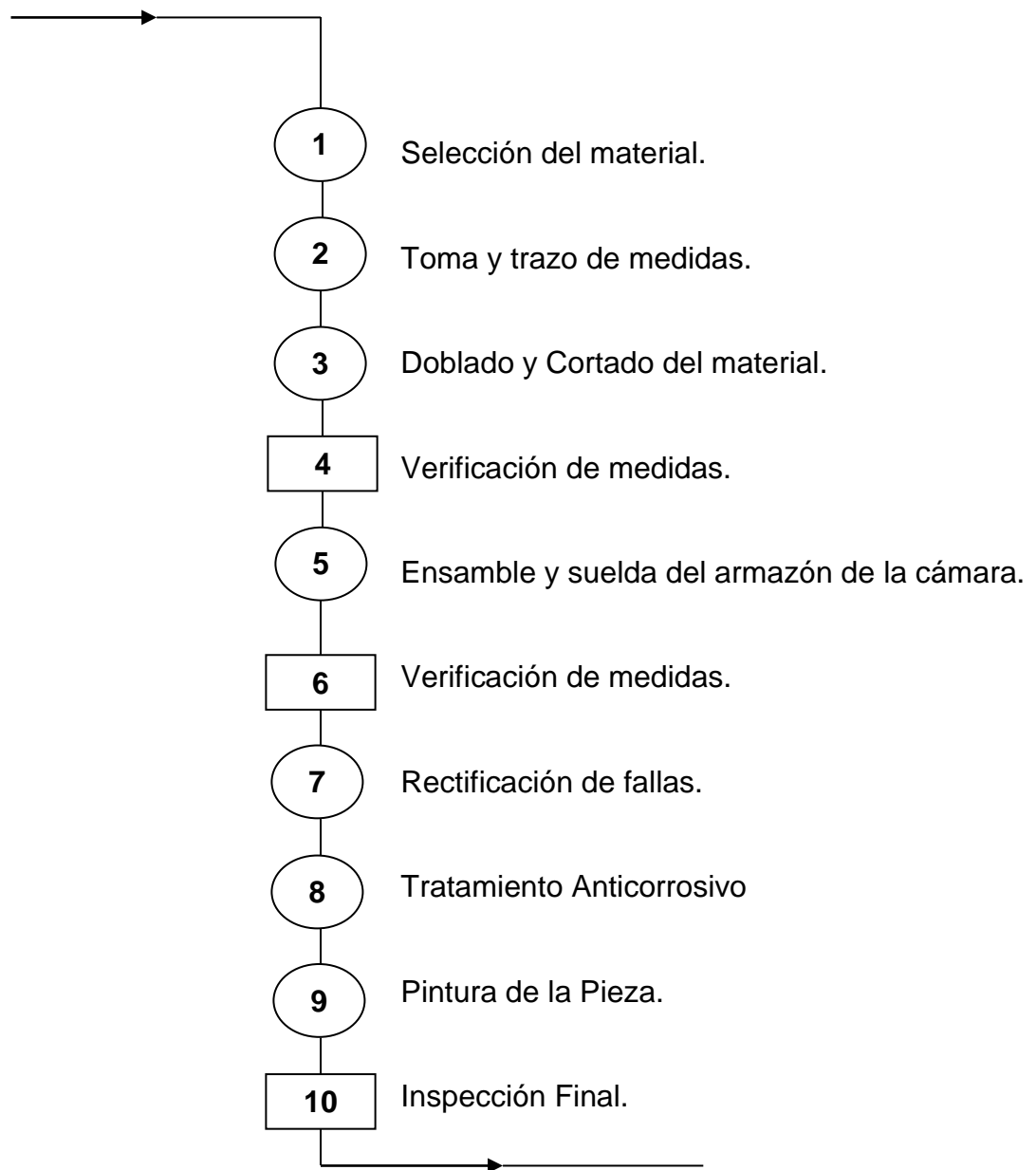
Es el que da la salida a la mezcla aire – abrasivo, este es controlado por su gatillo de paso y corte.

Este inyector posee una boquilla de cerámica, esta boquilla es la que da la salida final a la mezcla aire abrasivo.

## **3.4 DIAGRAMAS DE PROCESOS**

### **3.4.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE ABRASIÓN.**

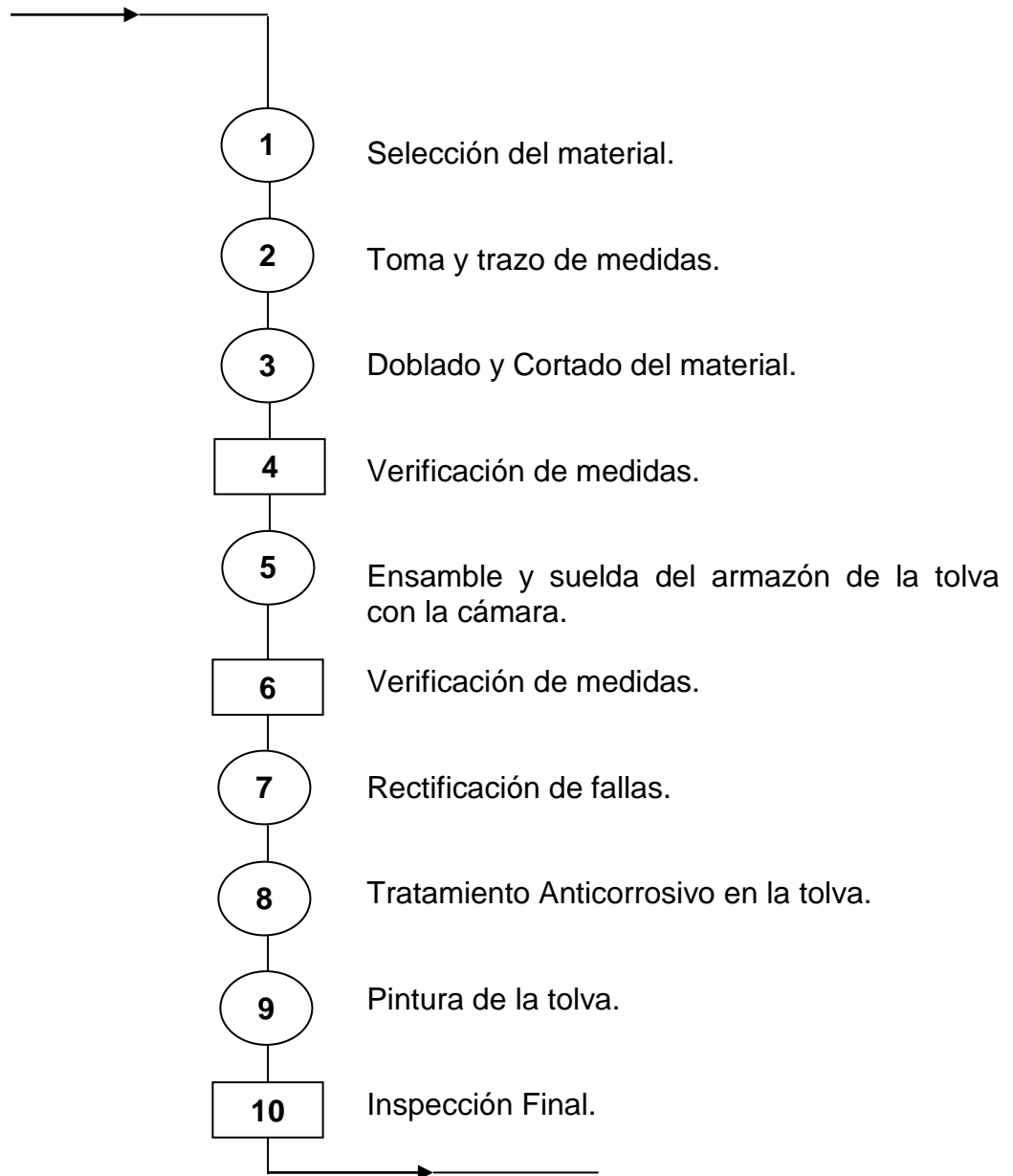
**Material:** Planchas de tol.





### 3.4.2 Diagrama de procesos de construcción de la Tolva

**Material.** Planchas de Tol.

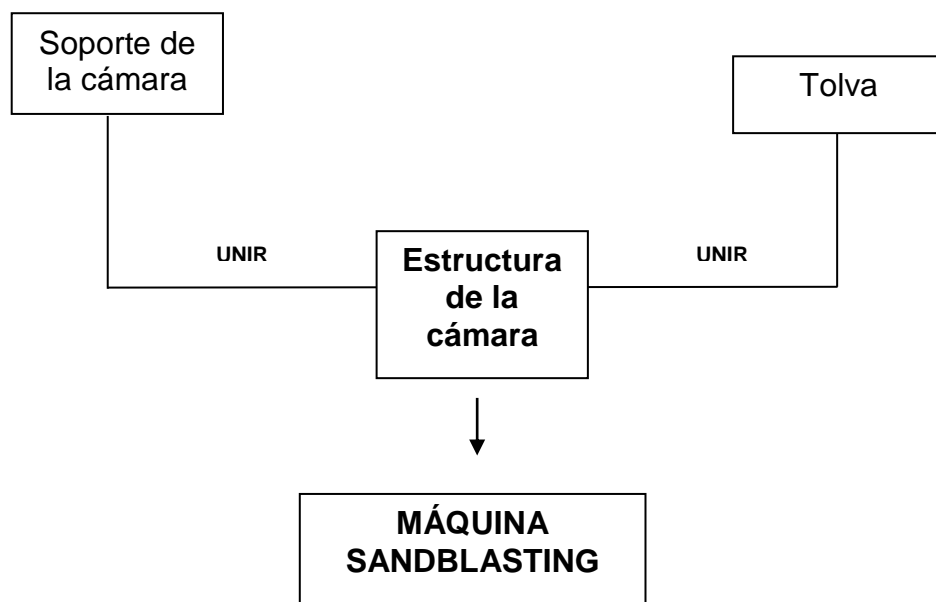


### 3.5 DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Para el ensamble de la máquina utilizaremos algunas herramientas, tales como:

- Suelda Eléctrica.
- Una entenalla.

En el diagrama se muestra el ensamble de la máquina.



## **CAPITULO IV**

### **VERIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

#### **4.1 VERIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

El objetivo para el cual la máquina se construye es; presentar pruebas las cuales indiquen que la máquina trabaja a cabalidad haciendo cumplir los requisitos establecidos al principio.

Esta máquina se construyó, con materiales adquiridos, teniendo en cuenta su calidad, durabilidad y costo.

La construcción que se realizó, tuvo lugar a un 90% a la construcción, ya que se construyó la cámara de abrasión, la tolva, y el soporte; para lo cual se utilizó tol blanco, el cuál fue doblado, cortado y soldado dando forma a la pieza requerida.

Un punto importante de la construcción es que este tipo de tol no podía ser cortado con una cizalla, con la sierra el tol presentaba dureza al corte, por lo cual se optó por cortarlo con cincel.

Como el material utilizado fue tol, la unión de las diferentes partes fue mediante suelda eléctrica.

La construcción de esta máquina lleva un control de tamaño, es decir que se tuvo que hacer al soporte (las patas), con una altura que pueda ser accesible a personas de variada estatura, lo cual ayuda en su ergonomía.

#### **4.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

Esta máquina fue construida para ser utilizada en la remoción de corrosión superficial, impurezas y capas de recubrimiento de piezas metálicas pequeñas, mediante partículas abrasivas en movimiento impulsadas por aire a presión.

Esta máquina prueba que requiere de una presión lo suficientemente necesaria para su funcionamiento, al igual que una potencia para que esta pueda trabajar, la potencia requerida por esta, al igual que su presión es suministrada por un compresor de aire.

Se tiene en cuenta al material abrasivo que se utiliza para el proceso Sandblasting, se ve que el más optado es la granalla metálica, por su reutilización, y su poco desgaste.

Prueba también que su uso debe ser tomando todas las normas de seguridad.

En la siguiente tabla, se muestra la reacción de la máquina al ser operada con varios tipos de abrasivos.

Tabla 4.1. Muestra el funcionamiento con diferentes tipos de abrasivos.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	MALA	BUENA	EXCELENTE
OPERACIÓN CON ARENA.			✓
OPERACIÓN CON GRANALLA METALICA.			✓
OPERACIÓN CON UNA MEZCLA DE ARENA Y GRANALLA METÁLICA.			✓

Haciendo pruebas de funcionamiento con este equipo vemos que:

Este equipo funciona en una forma óptima con cualquier tipo de abrasivo, siempre y cuando este esté libre de impurezas y humedad.

Para obtener un trabajo óptimo con esta máquina es necesario seguir los siguientes pasos.

Los siguientes pasos están con relación a la pieza a ser sometida al ensayo en la máquina Sandblasting.

- a. Se hará un descostrado.

### **Descostrado.**

Con ayuda de cuchilla, martillo y cincel se quitarán las costras de óxido, escamas y restos de soldadura o escorias.

- b. Los depósitos de óxido, pintura y cualquier otra sustancia extraña serán totalmente removidas de la superficie por medio del chorro de abrasivo.
- c. Cuando se use arena, esta será cuarzosa o silicosa, lavada y seca y no deberá estar contaminada con sales. Cuando se use granalla metálica, esta será limpia y seca o será escoria de cobre.
- d. El aire usado deber estar exento de humedad, aceite o grasa.
- e. Una vez efectuada la limpieza cuando se emplee chorro de arena, se hará una eliminación del polvo.

#### **Eliminación de polvo.**

La superficie se debe limpiar, con brocha de cerda o cepillo para eliminar las partículas de polvo. Se podrá hacer este trabajo también sopleteando la superficie con un chorro de aire seco y limpio. Tratándose de tableros e instrumentos eléctricos y neumáticos se usara una aspiradora.

- f. La granalla metálica podrá usarse nuevamente en limpiezas posteriores, siempre y cuando este libre de contaminantes, seca y suelta.

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se va a verificar según una tabla como fueron los resultados que se dieron en las pruebas de funcionamiento de esta máquina.

Los resultados se dan mediante tres categorías de calificación utilizadas como escalas, tales como: Malo, bueno, y excelente, estas nos indicarán la manera en la que la máquina opera.

Esta prueba fue realizada utilizando como material abrasivo arena común, esta arena tiene que estar completamente libre de humedad y tamizada.

La tabla 4.2. Muestra resultados de abrasión con arena común.

<b>OPERACIÓN CON MAQUINA</b>	<b>MALA</b>	<b>BUENA</b>	<b>EXCELENTE</b>
<b>SANDBLASTING</b>			
LIMPIEZA DE CORROSIÓN SUPERFICIAL.			✓
REMOCIÓN DE PINTURAS.			✓
ANCLAJE PARA PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS.	✓		
FACILIDAD DE LIMPIEZA DESPUES DE LA REMOCIÓN.			✓
FACILIDAD DE USO.			✓
RECOLECCIÓN DE MATERIAL ABRASIVO EN LA TOLVA "reutilización".	✓		

Esta prueba indica que la arena es un excelente material abrasivo, ya que trabaja óptimamente como removedor, esta no cumple con ciertos requisitos de la limpieza total, como su falta de anclaje y su desgaste pronunciado.

Se realiza una prueba utilizando un material propiamente abrasivo para metales como es la granalla metálica.

La tabla 4.3. Muestra resultados de abrasión con granalla metálica.

<b>OPERACIÓN CON MAQUINA</b>	<b>MALA</b>	<b>BUENA</b>	<b>EXCELENTE</b>
<b>SANDBLASTING</b>			
LIMPIEZA DE CORROSIÓN SUPERFICIAL.			✓
REMOCIÓN DE PINTURAS.			✓
ANCLAJE PARA PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS.			✓
FACILIDAD DE LIMPIEZA DESPUES DE LA REMOCIÓN.			✓
FACILIDAD DE USO.			✓
RECOLECCIÓN DE MATERIAL ABRASIVO EN LA TOLVA "reutilización".			✓

Con las dos pruebas, se tiene en cuenta que los materiales abrasivos funcionan casi conjuntamente, la diferencia entre estos dos es el grado de anclaje, es decir la facilidad para tomar adherencia de pinturas y recubrimientos.



## **CAPITULO V**

### **ELABORACION DE MANUALES**

#### **5.1 MANUAL DE OPERACIÓN**

Los procedimientos de operación en todo tipo de máquina son muy importantes, ya que estos serán los cazadores de fallas de su funcionamiento.

Siguiendo adecuadamente cada uno de los pasos de operación de la máquina se obtendrá un funcionamiento óptimo y una larga vida útil de la máquina.


Los pasos de operación están basados prácticamente en los procedimientos que harán que la máquina trabaje a cabalidad, es necesario e importante llevar un orden de los pasos que se han de seguir para operar la máquina Sandblasting.

Para esto se a optado por la elaboración de un manual de operación.

Este manual ha sido hecho para tener una guía con referencia a la utilización de este tipo de máquina.

El manual consta de los pasos ordenados que se han de seguir para poner en marcha a esta máquina, los pasos deben ser seguidos con la finalidad de que no haya problemas en su operación.

## 5.1.1 ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN

	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>		<b>Página.</b> 1 de 3
	OPERACIÓN DE LA MAQUINA SANDBLASTING		
	<b>Elaborado por.</b> Fernando Valencia.		<b>Revisión No.</b>
	<b>Aprobado por.</b> Ing. Bassantes Dag.	<b>Fecha.</b> 2003/11/25	<b>Fecha.</b> 2003/11/13
<b>OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SANDBLASTING</b>			
<b>Manual Pre Operación</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asegurarse de que las conexiones de aire – abrasivo y eléctricas estén en buenas condiciones.</li> <li>2. Asegurarse de que el reservorio de abrasivo tenga material para su funcionamiento.</li> <li>3. Asegurarse de no tener obstrucción de ningún tipo dentro de la máquina, ya sea en la tolva, ductos o visor.</li> <li>4. Verificar que los guantes estén asegurados y en óptima condición para su uso.</li> <li>5. Tener en cuenta de que la pieza a ser tratada tiene que ser limpia de impurezas grandes.</li> <li>6. Tener en cuenta de que la pieza que está dentro de la cámara sea maniobrable por el operador.</li> <li>7. Se debe tener en cuenta que antes de la operación; la puerta de la cámara debe estar cerrada.</li> </ol>			

**MANUAL DE OPERACIÓN****OPERACIÓN DE LA MAQUINA  
SANDBLASTING****Página. 2 de 3****Elaborado por.** Fernando Valencia.**Revisión No.****Aprobado por.** Ing.  
Bassantes Dag.**Fecha.**  
2003/11/25**Fecha.** 2003/11/13**OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SANDBLASTING**

1. Poner en posición ON el SWITCH eléctrico, con lo cual se encenderá la luz del interior de la cámara, y funcionará el extractor de abrasivo.
2. Meter las manos en los guantes tipo manga para poder manipular la pieza y el inyector.
3. Visualizando y suavemente, se procede a disparar el inyector sobre la pieza a ser tratada.
4. Hacer pausa de disparo de aire – abrasivo, para ver el estado en el que va quedando la pieza.
5. Cuando la impureza esta removida, se saca la pieza de dentro de la cámara, para darle el tratamiento que esta necesite, como recubrimiento, pintura, tratamiento anticorrosivo, etc.



## MANUAL DE OPERACIÓN

OPERACIÓN DE LA MAQUINA  
SANDBLASTING

**Página.** 3 de 3

**Elaborado por.** Fernando Valencia.

**Revisión No.**

**Aprobado por.** Ing.  
Bassantes Dag.

**Fecha.**  
2003/11/25

**Fecha.** 2003/11/13

## MANUAL DE OPERACIÓN

En caso de:

- Falta de visibilidad, ya sea por daños en el visor, o falla en la iluminación.
- Obstrucción de ductos, ya sean ductos aire – abrasivo o tolva.
- Baja de presión.
- Rotura de Guante.
- Falla de extractor de abrasivo.
- Fallas en la cámara en general.

Se debe detener el funcionamiento inmediatamente, para poder rectificar la falla que esta tenga.

## **5.2 MANTENIMIENTO**

### **5.2.1. GENERALIDADES**

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de las unidades y componentes industriales (mecánicos, eléctricos, y electrónicos) de los procesos dentro de las instalaciones de una planta industrial.

El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango de performance, lo cual está basado en la carencia de errores y fallas.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual está sometido el sistema. El mantenimiento además debe estar destinado a:

- Optimizar la producción del sistema
- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar "con falla" pero no estar malogrado o dañado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma performance que un equipo en óptimas condiciones. En cambio un equipo malogrado o averiado no podrá desarrollar trabajos bajo ninguna circunstancia.

Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios el mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la falta de producción.

Inevitablemente todo equipo, maquinaria, instrumento, o edificación se va a deteriorar por el paso del tiempo. Una medida útil para aproximar el costo del desarrollo del mantenimiento esta dado por la siguiente expresión:

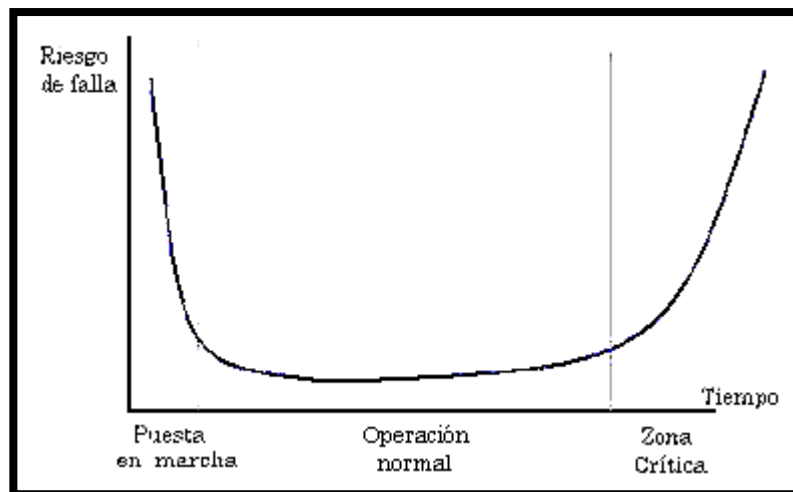
**“EL MANTENIMIENTO NO ES UN GASTO, ES UNA INVERSION”**

El momento ideal para llevar a cabo puede ser determinado desde muchos puntos de vista, a los cuales les va a corresponder un determinado tipo de mantenimiento; teóricamente existe la llamada "curva de falla", la cual indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de operación de la planta en función del factor tiempo.

Así se tiene:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas)
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

Figura 5.1 muestra diagrama de vida útil de una máquina



**Figura 5.1 Diagrama de vida útil de una máquina**

### **5.3 MANTENIMIENTO DE UNA MAQUINA SANDBLASTING**

El mantenimiento que se le da a este tipo de máquinas está basado mayormente en la revisión que se le dé a esta, es decir en el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento que a esta máquina se le da, es cada vez cuando esta es operada.

Hay algunos componentes que deben ser revisados más a menudo en esta máquina, como son los siguientes:

➤ **Inyector o pistola**

Este debe ser conservado limpio, este debe estar sin obstaculización de sus salidas, y debe estar también conectado de una forma segura a sus alienaciones tanto de aire como del abrasivo.

➤ **Sistema Eléctrico**

Este sistema debe ser revisado con frecuencia, en especial en la pre utilización, el extractor de abrasivo debe estar funcionando sin interrupción, la iluminación en el interior de la cámara de abrasión siempre debe estar en optimas condiciones de funcionamiento, con la finalidad de que la visibilidad en su interior sea clara.

➤ **Sistema de transmisión**



Este sistema se refiere a la tubería o conductos los cuales transmiten el aire como el abrasivo, estos nunca deben estar obstaculizados, para esto se recomienda que después de cada uso de esta máquina, se desfogue y se deje correr el abrasivo restante en esta.

➤ **Vidrio Visor**

Con frecuencia este visor puede sufrir daños de abrasión, por lo cual se recomienda que la visibilidad hacia el interior de la cámara sea clara, en el caso de no ser así, la orden es de no operar la máquina, hasta que este vidrio sea reemplazado.

➤ **Puerta de ingreso a la cámara de abrasión**

Esta debe estar cerrada al momento de la limpieza abrasiva, ya que el abrasivo que salga puede ser peligroso para el operador.

### **5.3.1 MANUAL DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO**

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		<b>Página.</b> 1 de 2
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA SANDBLASTING		
	<b>Elaborado por.</b> Fernando Valencia.		<b>Revisión No.</b>
	<b>Aprobado por.</b> Ing. Bassantes Dag.	<b>Fecha.</b> 2003/11/25	<b>Fecha.</b> 2003/11/13

### 1.0 OBJETIVO.

Documentar los procedimientos que se deben seguir para dar mantenimiento a la máquina Sandblasting.

### 2.0 ALCANCE.

Tener en conocimiento los tiempos en los que esta máquina recibió y deberá recibir un mantenimiento, para poder tener en presente cuando serán las siguientes inspecciones.

### 3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

No determinados.

### 4.0 DEFINICIONES.

**4.1 Limpieza en General.** Eliminar impurezas superficiales y visibles en el equipo.

**4.2 Identificación de Irregularidades.** Identificar alteraciones que se han producido en la máquina para poder rectificarlos.

### 5.0 PROCEDIMIENTO.

El técnico, operador o la persona encargada de esta máquina realiza los siguientes tipos de mantenimiento.

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	
---	--------------------------------	--

MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA SANDBLASTING		<b>Página.</b> 2 de 2
<b>Elaborado por.</b> Fernando Valencia.		<b>Revisión No.</b>
<b>Aprobado por.</b> Ing. Bassantes Dag.	<b>Fecha.</b> 2003/11/25	<b>Fecha.</b> 2003/11/13

### **5.1 Mantenimiento por cada Operación.**

- 5.1.1 Verificar la limpieza total de la máquina.
- 5.1.2 Verificación de buen estado de los guantes.
- 5.1.3 Verificar que no haya obstrucción en los ductos (aire y abrasivo).
- 5.1.4 Tener una excelente visibilidad al interior de la cámara de abrasión.
- 5.1.5 Verificar seguridad de la puerta de entrada a la cámara.

### **5.2 Mantenimiento Preventivo.**

- 5.2.1 Verificar el buen estado de los ductos (aire y abrasivo).
- 5.2.2 Verificar que la tolva no esté obstruida con trapos, guaipe, etc.
- 5.2.3 Verificar que la luz y el extractor estén funcionando en optimas condiciones.

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD.** \_\_\_\_\_

## **CAPITULO VI**

### **ESTUDIO ECONOMICO**

#### **6.1 PRESUPUESTO**

Con anterioridad a la construcción de esta máquina se realizó un estudio de esta, en el que se llegaba a la conclusión que su costo era de aproximadamente 225.00 dólares en sus materiales, sin contar los costos de construcción.

##### **6.1.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

En el análisis económico es donde se determina el valor total de esta máquina, los costos que incluye este análisis son:

Los materiales adquiridos para su construcción, los costos de construcción de la máquina Sandblasting, y los adicionales como transporte, material de consulta, etc.

El propósito de este análisis es hacer una comparación de costos con otro tipo de máquina encontrada en el mercado.

## **6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO**

Este análisis es realizado para tener el valor resultado global de los gastos que se hicieron para la construcción de esta máquina.

Para la construcción de la máquina se deben tomar en cuenta los siguientes factores que son:

1. Materiales utilizados.
2. Máquinas y herramientas utilizadas para su construcción.
3. La mano de obra.
4. Otros.

Estos factores son utilizados en la construcción en general y cada uno de estos tiene una gran importancia, con la ausencia de alguno de estos, la máquina no podría llegar a su etapa final de construcción.

### **6.2.1 MATERIALES UTILIZADOS**

Se refiere a todos los materiales utilizados para la construcción y acabados de la máquina Sandblasting

Los materiales para su construcción fueron adquiridos tomando en cuenta su calidad, su utilidad y costo.

Tabla 6.1. Lista de costo de materiales para la construcción de la máquina.

<b>MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA</b>			
<b>ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
01	02	Planchas de Tol	27.00
02	01	Conexiones para manguera	8.00
03	01	Dispensador Aire - Arena (pistola)	32.00
04	02	Mangas tipo guante	12.50
05	01	Malla para superficie inferior	4.00
06	01	Extractor de abrasivo	23.00
07	01	Tornillos	1.00
08	01	Boquilla	1.60
09	01	Foco	1.10
10	01	Tomacorriente	1.20
11	01	Interruptor ON –OFF	2.00
12	01	Vidrio para visor	1.00
13	01	Manguera de presión	4.50
14	01	Canalote para alambre	4.00
15	06	Abrasivo	25.00
16	01	Pintura	9.00
17	01	Recipiente para abrasivo	2.50
17	01	Alambre para conexión	1.50
<b>TOTAL DE LOS MATERIALES</b>			<b>160.90</b>

## 6.2.2 MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS PARA SU CONSTRUCCIÓN

Para poder construir esta máquina, se utilizaron varios tipos de máquinas y herramientas como a continuación las presentamos.

Tabla 6.2. Costo de operación de Máquinas y Herramientas.

<b>MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>USD</b>
01	Cinzel de Corte	3.50 (compra)
02	Sierra	2.50 (compra)
03	Suelda	4.00 (alquiler)
04	Compresor y soplete	1.00 (alquiler)
05	Dobladora	1.00 (alquiler)
06	Amolador eléctrico	1.00 (alquiler)
<b>TOTAL DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>		<b>13.00</b>

## 6.2.3 MANO DE OBRA

Comprende trabajos que son realizados directamente por el hombre, estos trabajos son por ejemplo: la pintura y el montaje.

Tabla 6.3 Muestra costos de mano de obra.

<b>MANO DE OBRA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
01	Montaje	12.00
02	Pintura	8.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>		<b>20.00</b>

#### 6.2.4 OTROS

Otros, comprende diferentes tipos de gastos tales como investigación, materiales utilizados para las pruebas, copias de manuales, transporte etc.

Tabla 6.4 Muestra Costos de otros gastos.

<b>OTROS GASTOS</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
	<b>TOTAL DE OTROS GASTOS</b>	<b>54.00</b>

Por lo que se tiene que el costo total de la construcción de la máquina Sandblasting es:



Tabla 6.5 Muestra el costo total de la construcción de la máquina.

<b>COSTO TOTAL DE LA MAQUINA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
01	Materiales	160.90
02	Máquinas y herramientas	13.00
03	Mano de obra	20.00
04	Otros gastos	54.00
<b>TOTAL</b>		<b>247.90</b>

### **6.3 COMPARACIÓN CON OTRA MÁQUINA EXISTENTE EN EL MERCADO**

En este punto se muestra el costo de una máquina Sandblasting encontrada en el mercado, que por lo general hay que importarla del exterior, a este costo se lo compara con el costo de la máquina construida.

Con la ayuda de esta comparación se puede saber la diferencia de costos que existen entre la adquisición de una máquina adquirida en el comercio y una máquina construida con nuestros materiales, máquinas y herramientas, mano de obra, etc.

Tabla 6.6 Muestra el costo de una máquina similar adquirida en el mercado.

<b>COSTO DE LA MAQUINA SIMILAR</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
01	Costo de la Máquina	470.00
02	Costo de importación	65.80
<b>TOTAL</b>		<b>535.80</b>

La finalidad de este análisis es saber si es o no conveniente con la relación costos la construcción de la máquina con nuestros materiales, máquinas y herramientas, mano de obra, etc.

Tabla 6.7 Muestra comparación de costos entre dos tipos de máquinas.

<b>COMPARACION DE COSTOS</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR EN USD</b>
01	Costo de la máquina construida	247.90
02	Costo de la máquina comprada	535.80
<b>DIFERENCIA DE COSTO</b>		<b>287.90</b>

El estudio muestra que la máquina construida con nuestros recursos es más económica que la máquina adquirida en el mercado.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 CONCLUSIONES**

- a) Este tipo de máquina se adapta a diferentes tipos de abrasivos, ya que la pistola que posee así lo permite.
- b) La máquina luego de ser sometida a las prácticas cumple con los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto, remover impurezas en piezas metálicas pequeñas.
- c) Esta máquina garantiza seguridad, confiabilidad, y un buen desempeño en los trabajos que se realicen.

#### **7.2 RECOMENDACIONES**

- a) La inspección que se le dé a esta máquina consta de verificación en los conductos tanto de entrada de aire como de abrasivo.
- b) Cuando se esté trabajando con esta máquina es prohibido abrir la puerta de la cámara, hasta que la pistola se encuentre libre de presión al igual que operarla cerca de combustibles.
- c) Cumplir con una revisión pre. Y post. Uso, con los cuales se alargará la vida útil de esta máquina.