

T
671.7
D813



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

“Diseño y Construcción de un Equipo de Are-
nado Industrial”

PROYECTO DE GRADO

**Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

Raul G. Dueñas Joniaux



Guayaquil, Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO

Al Ing. ALBERTO TORRES VALENCIA y
al Ing. Omar Serrano

A 1a ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL

DEDICATORIA

a . . .
b . . .

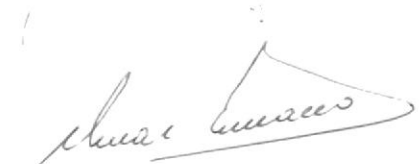
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS



Ing. Marco Tapia
SUB-DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA



Ing. Omar Serrano
DIRECTOR DEL PROYECTO
DE GRADO



Ing. Manuel Huelguero
MIEMBRO PRINCIPAL



Ing. Jaime Barrera
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópico de Graduación)

Raúl G. Dueñas J.

RAUL G. DUEÑAS JONIAUX



RESUMEN

El presente trabajo discute un procedimiento de diseño para la construcción de un equipo de arenado industrial de $0,2 \text{ m}^3$ de capacidad. El procedimiento consiste en indicar los pasos a seguir para el diseño, de una manera práctica siguiendo especificaciones y normas internacionales. Entre los códigos a utilizarse están : ASME, AWS, Steel Structures Painting Council (SSPC).

El trabajo involucra la selección de materiales, accesorios y la construcción de los diversos componentes que conforman el equipo, así como también las diferentes pruebas necesarias para garantizar la durabilidad del mismo.

Este equipo ha sido diseñado para trabajar en forma semi automática, el fluído de trabajo es arena impulsada por medio del aire comprimido a través de una boquilla de perfil convergente-divergente en donde las partículas alcanzan velocidades supersónicas del orden de los 517 m/seg .

El equipo ha sido diseñado para proveer un flujo másico de hasta $2.272,2 \text{ Kg/hr}$ de arena, a una presión de trabajo óptimo de $5,993 \text{ Kg/cm}^2$ incluyendo las pérdidas de presión a través del sistema.

El equipo obtuvo la energía requerida a través del uso de un compresor de aire de embolos de dos etapas con una potencia de 33,44 KW desplazando un caudal de 445 m³/hr de aire.

INDICE GENERAL

VI	RESUMEN	45
VIII	INDICE GENERAL	45
X	INDICE DE GRAFICOS	45
XI	INDICE DE TABLAS	45
XIII	NOMENCLATURA	45
16	INTRODUCCION	45
18	CAPITULO I FUNDAMENTO TEORICO	45
22	1.1 Justificación y necesidad de su fabricación	45
23	1.2 Materiales y formas de fabricación recomen-	45
25	1.2.1 Tolva	45
26	1.2.2 Bofuilla	45
28	1.2.3 Accesorios	45
33	1.3 Códigos y regulaciones técnicas a utilizar se en su construcción	45
37	1.3.1 Ecuaciones para calcular el espesor de paredes de: cilindro, cabeza y fondo	45
39	1.4 Analisis de fluidos	45
45	CAPITULO II INGENIERIA DEL PROYECTO	45
45	2.1 Modelo físico	45
45	2.2 Selección de materiales	45
46	2.2.1 Tolva	45
46	2.2.2 Bofuilla	45

	<u>Pág.</u>
2.2.3 Accesorios	47
2.3 Cálculos a efectuarse	50
2.3.1 Diseño del fondo y la cabeza del cilindro de presión	50
2.3.2 Diseño del cilindro	51
2.3.3 Diseño de la boquilla	53
2.3.4 Pérdidas de presión a través del sistema	58
2.3.5 Potencia del compresor	61
2.3.6 Selección de accesorios	65
2.4 Planos y especificaciones	67
CAPITULO III CONSTRUCCION DEL EQUIPO	76
3.1 Elaboración del cronograma de actividades	76
3.1.1 Construcción del fondo y cabeza del cilindro de presión	84
3.1.2 Construcción del cilindro	90
3.1.3 Construcción de la boquilla	92
3.1.4 Construcción de accesorios	92
3.2 Montaje y puesta a punto del equipo	94
CAPITULO IV ANALISIS ECONOMICO	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFIA	110

INDICE DE GRAFICOS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
1	CURVAS MOSTRANDO EL CONSUMO DE AIRE PARA VARIOS TIPOS DE BOQUILLAS vs. PRESION DE OPERACION	29
2	CURVAS DE VELOCIDADES DE ABRASION Y PRESIONES DE AIRE	29
3	RADIOGRAFIA DEL CHORRO DE ABRASIVO SALIENDO DE LOS DIFERENTES PERFILES DE LAS TOBERAS	30
4	ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN CILINDROS DE PARED DELGADA	36
6	PERDIDAS DE PRESION A TRAVES DE MANGUERAS Y TUBERIAS	63
5	DIAGRAMA NEUMATICO DEL SISTEMA	60
7	SELECCION DEL TIPO DE COMPRESOR	64
8	CONSTRUCCION DE LA CABEZA Y FONDO TORICONICAL	89
9	CONSTRUCCION DEL CILINDRO	91

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
I	NORMAS RELATIVAS AL GRADO DE LIMPIEZA .	19
II	CONSUMOS DE AIRE, ARENA Y LOS HP EN FUN- CION DE LA PRESION DE OPERACION . . .	21
III	ACEROS RECOMENDADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL TANQUE DE PRESION SEGUN EL CODIGO DE ASME SECCION VIII	24
IV	MATERIALES RECOMENDADOS PARA LA CONSTRUC- CION DE LA BOQUILLA	27
V	CALCULO DEL FACTOR M	39
VI	LONGITUDES EQUIVALENTES PARA DIVERSOS ACCESORIOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE PERDIDAS DE PRESION	44
VII	TAMAÑO NOMINAL Y RANGO DE TRABAJO EN Kg/cm ² PARA DIFERENTES ACCESORIOS	48
VIII	DIAMETRO NOMINAL Y MATERIALES DE LOS ACCE- SORIOS	49
IX	TABLA DE RESULTADOS DE ESPESORES DE PARED PARA EL FONDO Y CABEZA DEL TANQUE DE PRESION . . .	52
X	TABLA DE RESULTADOS DE ESPESORES DE PARED PARA EL CILINDRO DEL TANQUE DE PRESION	52
XI	CONSUMOS DE AIRE, ARENA Y LOS HP SELECCIONA- DOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO .	54
XII	FLUJO ISOENTROPICO UNIDIMENSIONAL . . .	56
XIII	RESULTADOS DE DIAMETROS DE ENTRADA A LA TOBERA, SALIDA DE LA TOBERA Y DIAMETRO DE LA MANGUERA .	62



<u>Nº</u>		
XIV	VALORES DE LA CONSTANTE "C" CON DIFERENTES PRESIONES DE AIRE	62
XV	CRONOGRAMA DE FABRICACION DE UN EQUIPO DE ARENADO	78
XVI	DATOS NECESARIOS PARA LA FABRICACION DE TAPAS TRONCOCONICAS SEGUN EL CODIGO ASME	86
XVII	ANALISIS ECONOMICO	103

NOMENCLATURA

- A : Area $(\text{mm})^2$
- A_g : Area de salida de la tobera $(\text{mm})^2$
- AISC : American Institute of Steel Construction
- API : American Petroleum Institute
- ASME : American Society of Mechanical Engineers
- ASTM : American Society for Testing & Materials
- AWS : American Welding Society
- c : Velocidad del sonido
- D : Diámetro nominal del tanque
- D_m : Diámetro medio de la tubería
- D_g : Diámetro de la garganta de la boquilla
- D_e : Diámetro equivalente de la tubería (accesorios)
- D_1 : Diámetro de la preforma toriconical
- E : Eficiencia de la junta soldada
- f : Factor de fricción
- g : Gravedad
- g_0 : Gravedad normal
- H : Altura del cilindro
- h_0 : Entalpía para cualquier punto
- h_1 : Entalpía en el estado uno
- h : Entalpía para cualquier punto
- K : Coeficiente politrópico
- K_1 : Constante
- l_e : Longitud equivalente de la tubería (accesorios)

- l_B : Longitud de la boquilla
 L : Radio de la curvatura exterior del fondo y cabeza del cilindro
 l_m : Longitud media de la tubería
 M_1 : Factor para determinar espesor de pared de la cabeza y fondo del cilindro.
 M : Número de Mach
 p : Altura del reborde en la tapa toriconical
 P_d : Presión de diseño
 P : Presión interna del tanque en (Kg/cm^2)
 P_G : Presión en la garganta de la boquilla
 P_1 : Presión del aire en la boquilla estado uno
 P_0 : Presión de estancamiento en la boquilla
 P_S : Presión a la salida de la boquilla
 Q : Caudal de aire en (dm^3/seg)
 R_p : Razón de compresión
 R_e : Número de Reynolds
 R_g : Constante de los gases
 R : Radio del cilindro
 r : Radio de curvatura interior de la preforma toriconical
 S : Esfuerzo permisible
 S_1 : Entropía en el estado uno
 S_0 : Entropía de estancamiento
 t : Espesor de pared (mm)
 T : Temperatura del aire en grados absolutos ($^{\circ}\text{K}$)
 T_0 : Temperatura de estancamiento del fluido
 T_G : Temperatura del fluido en la garganta de la boquilla ($^{\circ}\text{K}$)



- V_1 : Velocidad de la partícula en el estado uno
- V_S : Velocidad de salida de la partícula de aire
- V_m : Velocidad media del fluido
- Z : Altura
- $*$: Condiciones en la garganta de la tobera

SIMBOLOS GRIEGOS :

- σ_y : Resistencia última a la tensión
- σ_ℓ : Esfuerzo longitudinal
- σ_t : Esfuerzo tangencial
- π : Pi (3.1416)
- α : Angulo del cono
- ρ : Densidad del fluido
- \dot{m} : Flujo másico
- ϵ : Rugosidad relativa
- Δ : Decremento
- ϕ : Diámetro (boquilla)
- γ : Angulo suplementario de la preforma toriconical
- β : Angulo complementario de la preforma toriconical

INTRODUCCION

La limpieza de superficies metálicas es un requerimiento para la aplicación de pinturas usadas para preservar daños por corrosión de estructuras metálicas, cuando están sometidas a ambientes corrosivos severos.

Esta limpieza o preparación de superficies se consigue por diversos métodos como son : herramientas manuales, solventes, herramientas mecánicas, arenado industrial, granallado, entre otros.

Los métodos enunciados son aplicados en : mantenimiento de estructuras metálicas, la construcción metalmecánica pesada, industria naval, etc.

En el caso del Ecuador debido al desarrollo de la industria química, petroquímica, naval, alimenticia, etc.; las empresas estatales o privadas invierten grandes sumas de dinero en protección contra la corrosión. Esta protección consiste en pintar las superficies metálicas.

Si se toma como ejemplo un tanque de almacenamiento de cierta capacidad, el cual ha sido construido y posteriormente pintado y puesto en operación sin haberse realizado una buena preparación de la superficie previa a la a-

plicación de la pintura, dicho tanque presentará a corto plazo corrosión acelerada, con deterioro de las zonas pintadas, con el consiguiente perjuicio económico.

Dado la necesidad local de implantar una forma de limpieza aplicado al mantenimiento de superficies metálicas, este trabajo presenta, el procedimiento de diseño para la construcción de un equipo de arenado industrial de cierta capacidad utilizando tecnología apropiada.



CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO

El arenado industrial es un método de limpieza de superficies metálicas, obtenido por medio del impacto de partículas duras generalmente abrasivas impulsadas a altas velocidades contra dichas superficies.

El arenado indicado es uno de los pocos métodos que remueven efectivamente las trazas de aceite y grasas de la superficie y además producen rugosidad y rallado adecuado para obtener una buena adherencia de pinturas.

El arenado efectuado por la acción del aire comprimido es un proceso utilizado en los trabajos de campo. Este arenado puede ser hecho vía seca o húmeda.

Existen instituciones como la AISC, AISI, ASTM, API, forman parte del SSPC, que han publicado normas o padrones relativos al grado de limpieza a ser obtenidos por el arenado industrial.

A continuación la Tabla 1, resume dichas normas relativos al grado de limpieza.

TABLA I NORMAS RELATIVAS AL GRADO DE LIMPIEZA (1)

Grados de herrumbre	Condiciones Iniciales	Número de especificación	SSPC de lim- pieza de superficies
A	Capa Adherente	Limpieza +	Limpieza ASA 2 1/2
B	Cascarilla mas moho	por arenado BSA1	por arenado BSA 2 1/2
C	Enmohecido	Ligero CSA1	en metal CSA 2 1/2
D	Moho mas picaduras	SSPC-SP7 DSA1	casí blanco SSPC-SP10 Dsa 2 1/2
		SSPC-SP6 DSA2	blanco SSPC-SP5 DSA3
		comercial CSA2	en metal CSA3
		por arenado BSA2	por arenado BSA3
		Limpieza +	Limpieza ASA3

+ no hay fotografia disponible

- OPERACION DEL EQUIPO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El aire utilizado en el arenado debe ser seco y libre de aceites utilizando para esto separadores. La posición de la boquilla respecto de la superficie varía de acuerdo a la condición de la superficie. Las cáscaras de moho son removidas con una boquilla a una distancia de 46 cm. (18") en cuanto que para retirar la cáscara adherente y moho, la boquilla deberá estar lo más próxima.

La mayoría de los productos son arrancados posicionando la boquilla con un ángulo de 60 - 70° en relación a la superficie, los metales con picaduras son limpiados con una boquilla formando un ángulo de 80 - 90°, pinturas con un ángulo de 45 - 60°.

Las boquillas de 7.62 - 10.16 cm. (3-4") de longitud son empleados para remoción de productos adherentes menores y de 12.7 - 20.3 cm. (5-8") para materiales difícilmente removibles. Las boquillas con un diámetro de 6.35 mm. (1/4") son utilizadas en áreas pequeñas, 9.35 mm. (3/8") para producción media y de 11.11 - 12.7 mm. (7/16 - 1/2") para grandes producciones.⁽²⁾

Los consumos aproximados de arena, aire y los KW necesarios para un tamaño de compresor están en Tabla II.

TABLA II CONSUMOS DE AIRE, ARENA Y LOS KW EN FUNCION DE LA PRESION DE OPERACION⁽²⁾

φ BOQUILLA mm (pulg)	PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO	PRESION DE AIRE EN LA BOQUILLA Kg _f /cm ² (psi)			
		4.92(70)	5.62(80)	6.33(90)	7.03(100)
(7/16) 11.11	Caudal de aire (m ³ /min)	5.49	6.14	6.80	7.19
	Flujo másico arena (Kg/hr)	1915	2267,5	2530,3	2605,7
	Potencia (KW)	29.18	35.28	40.94	48.62
(1/2) 12.70	Caudal de aire (m ³ /min)	7.08	7.93	8.78	9.63
	Flujo másico arena (Kg/hr)	2485	2893,1	3174,5	3514,1
	Potencia (KW)	38.09	46.14	53.83	63.59



El arenado es una operación potencialmente peligrosa, podrá mutilar e inclusive matar. La producción de polvo es uno de los mayores problemas, deberán usar los operadores respiradores con filtros de carbono que los protejan contra enfermedades respiratorias.

1.1 JUSTIFICACION Y NECESIDAD DE SU FABRICACION

La justificación se hace en base a la necesidad que se presenta en preparar grandes superficies metálicas, que conforman los tanques de almacenamiento, tanques de presión, contenedores, etc., previas a la aplicación de pinturas.

Con el propósito de suministrar procedimientos tecnológicos para la construcción de equipos de arenado de cierta capacidad, es que se ha decidido efectuar este trabajo que a no dudarlo servirá de guía para ingenieros y técnicos que se hayan relacionado a la rama de la construcción metalmecánica pesada.

Otra justificación es el hecho de desarrollar la tecnología apropiada, es decir tecnología nativa para resolver problemas nacionales, lo que representa un ahorro de divisas e incremento de la producción nacional. Actualmente existen en el mercado equipos de arenado importados de la marca ATLAS COPCO cuyas

capacidades oscilan entre 120-290 ltr. con presiones de trabajo del orden de los 7.04 Kg/cm^2 (100 psi) cuyos costos son relativamente elevados del orden de los 4-5 millones de sucres. Estos equipos pueden ser construídos en nuestro país en las mismas capacidades y con las mismas bondades que los importados y de seguro sus costos estarán en el orden del 50% de los importados.

Por último, una justificación más sería que este método de limpieza comparado con otros métodos resulta más rápido, con rendimientos más elevados en tiempos más cortos, lo cual significa ahorro de dinero.

1.2 MATERIALES Y FORMAS DE FABRICACION RECOMENDADA PARA LOS COMPONENTES DEL EQUIPO.

El acero a ser utilizado es acero dulce con un porcentaje de carbono de 0.15-0.3%. Para la selección de los materiales es necesario conocer si son conseguidos en el mercado nacional, además conocer las propiedades mecánicas del material, conocer ciertos factores que tienen incidencia en el diseño como presión de trabajo, temperatura de trabajo, fluido de trabajo. La Tabla III resume algunos de los tipos de aceros recomendados para la construcción del tanque de presión (Ref. Código ASME, Sección VIII).



TABLA III ACEROS RECOMENDADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL TANQUE DE PRESION SEGUN EL CODIGO ASME SECCION VIII. (3, 4)

ESPECIFICACION	GRADO	COMPOSICION QUIMICA					RESISTEN. FLUENCIA (Kg/cm ²)	RESISTEN. MAXIMA (Kg/cm ²)	ELONGACION (%)
		% C	% Mn	% P max.	% S max.	% Si			
SA 283	A	0.23	0.94	0.04	0.05	0.8	1690	3170	30
	B	0.25	0.94	0.04	0.05	0.13	1902	3522	28
	C	0.28	0.94	0.04	0.05	0.13	2113	3875	25
	D	0.31	0.94	0.04	0.05	0.13	2325	4227	23
SA 414	A	0.15	0.9	0.035	0.04	0.13	1690	3170	26
	B	0.22	0.9	0.035	0.04	0.13	1920	3522	24
	C	0.25	0.9	0.035	0.04	0.13	2113	3875	22
	D	0.25	1.2	0.035	0.04	0.13	2254	4227	20
	E	0.27	1.2	0.035	0.04	0.13	2467	4580	18
	F	0.31	1.2	0.035	0.04	0.13	2960	4931	16
	G	0.28	0.8	0.04	0.04	0.13	2980	5284	14
SA 515	60	0.29	0.9	0.035	0.04	0.13	2254	4227	25
SA 515	70	0.25	0.9	0.035	0.04	0.13	2677	4931	21
SA 516	55	0.22	0.56	0.035	0.04	0.13	2113	3875	27
SA 516	70	0.31	0.85	0.035	0.04	0.15	2677	4931	-

1.2.1 TOLVA

La selección de materiales para construcción de recipientes de presión se deberá efectuar de acuerdo al código ASME, Sección VIII y su selección dependerá del fluido de trabajo y temperatura de operación, así como también de la presión de trabajo. La tolva puede ser construída utilizando los diferentes procesos de soldadura siendo el más común el proceso de electrodo revestido.

- MATERIALES RECOMENDADOS CONSEGUIBLES PARA LA TOLVA :

SA 283 planchas, perfiles y barras de acero al carbón con baja e intermedia resistencia a la tensión. Grado "C" máximo espesor 25 mm.(5)

SA 316 planchas para recipientes de presión de acero al carbono para servicios de temperatura baja y moderada grados 55, 60, 65, 70, máximo espesor (37 mm.).

SA 414 planchas para recipientes de presión, acero al carbono, propiedades mejora

das, grados 55, 60 máximo espesor (37 mm.).

1.2.2 BOQUILLA

Es otro elemento que deberá tener atención especial como parte constituyente del equipo de arenado industrial. La eficiencia del equipo está directamente relacionado con la operación de este elemento. (6)

Las boquillas pueden ser construídas por diferentes procesos de fabricación, como por ejemplo :

- fundición
- polvimetalurgia
- maquinado

<u>MODELOS DE LAS BOQUILLAS</u>	<u>TIPO</u>
Convergentes-divergentes	A
Campana con boca convergente	B
Campana con boca divergente	C
Campana con boca conv. - div.	D
Convergente - paralela	E

TABLA IV MATERIALES RECOMENDADOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA BOQUILLA (2)

MATERIAL	VIDA UTIL (Hr) UTILIZANDO ARENA COMO ABRASIVO
Hierro fundido, acero al manganeso	6-8
Carburo de tungsteno	250-300
Carburo de boro	750-1000
AISI/SAE D6 (D5) Templado y revenido	200
Cerámica	600



La eficiencia de las boquillas tipo A, B, C mostradas en las Fig. N° 1 y N° 2, es de 20 a 30% superior que las otras boquillas.

En las Fig. N° 1 y N° 2, se presentan curvas mostrando el consumo de aire para los modelos de boquillas enuncados anteriormente.

versus la presión de operación; en la Fig. N° 2, se presentan las curvas de velocidad

de abrasión, expresados en gramos/min. ver-

sus la presión de operación de las boquillas.

La velocidad de las partículas en las toberas convergentes-divergentes tipo A y en las toberas de campana con boca convergente o divergente tipo B y C (véase Fig. N° 1 y N° 2) son del orden de 750 millas/hora (1207 km/hr); la velocidad de las partículas para los otros perfiles están en el rango de 250 - 260 mph (405 - 419 km/hr). (Véase Plano A7) (6).

1.2.3 ACCESORIOS

La arena es el material más usado en el arcado de campo en virtud de su bajo costo y de su fácil obtención. Generalmente no es

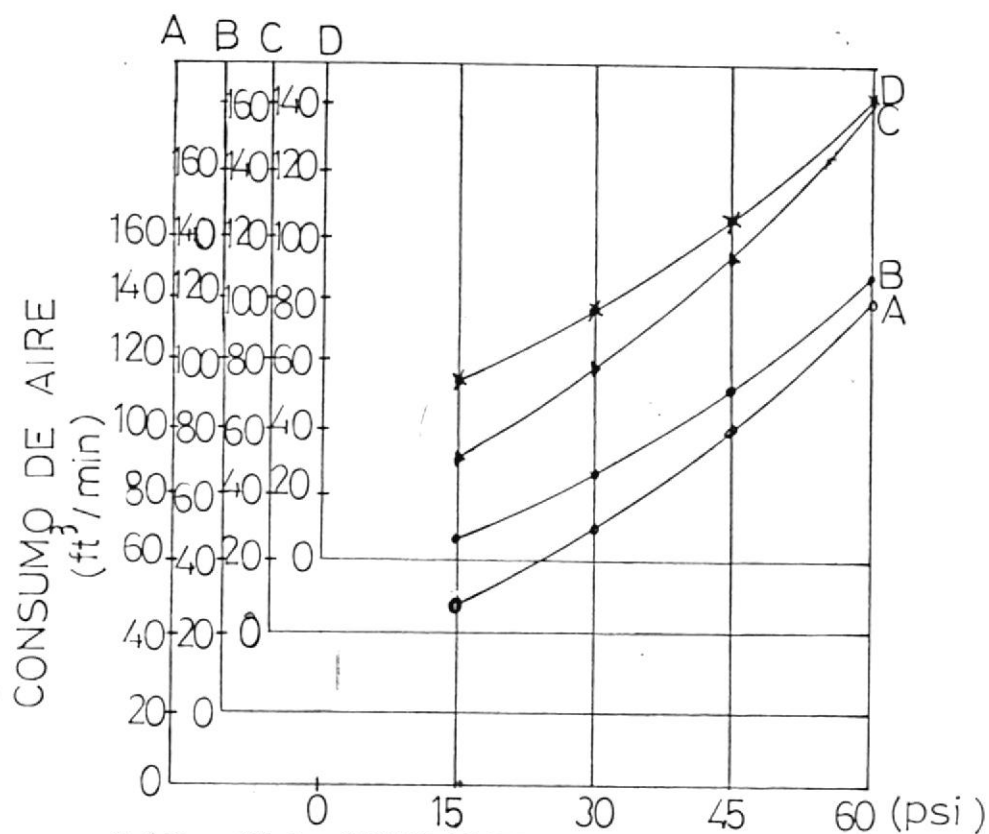


Gráfico N° 1 CURVAS MOSTRANDO EL CONSUMO DE AIRE PARA VARIOS TIPOS DE BOQUILLAS vs PRESION DE OPERACION (PSI).

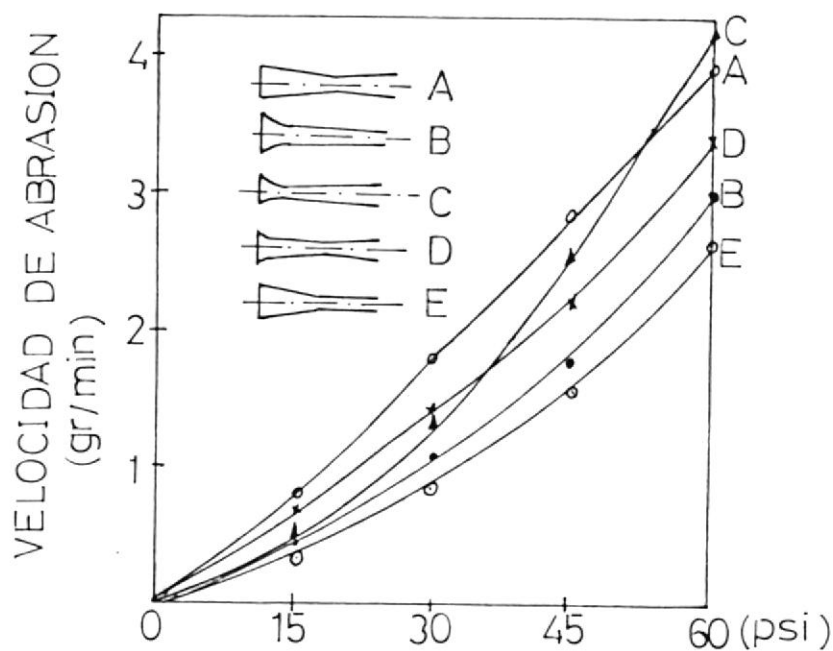
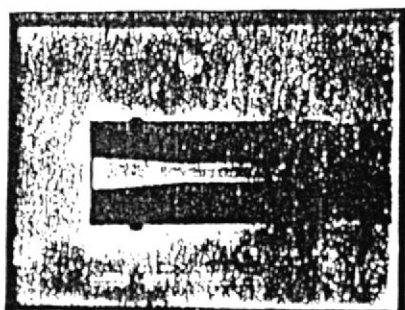


Gráfico N° 2 CURVAS DE VELOCIDADES DE ABRASION vs PRESIONES DE AIRE (PSI). (6)



BIBLIOTECA



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



Gráfico N° 3 RADIOGRAFIA DEL CHORRO DE ABRASIVO SALTANDO DE LOS DIFERENTES PERFILES DE LAS TOBERAS (6)

reutilizada dada que a elevada velocidad al impactar contra las superficies tienden a quebrarse de (10 - 40%).

La eficiencia de un abrasivo aumenta con la disminución del tamaño de la partícula hasta un cierto límite. El tamaño de malla generalmente usada es del orden de 16 - 18 (1.2 mm. - 1 mm.).

En general se recomienda utilizar arenas con porcentajes elevados de sílice; aproximadamente 90% de sílice.(2)

-MANGUERAS :

Las mangueras deben ser de buena calidad hechas de caucho y con cuatro capas según lo recomienda la literatura.(6)

El diámetro debe ser proporcional a la garganta de la boquilla, es decir el diámetro de la manguera debe ser igual a 2.85 veces el diámetro de la garganta de la tobera.



- VALVULA MEZCLADORA DE ARENA :

Ha sido diseñada para operar con arena y abrasivos no metálicos, controlando el volumen de abrasivo.

El cuerpo de la válvula es de fundición gris; los discos que permiten el paso de arena y que se encuentran ubicados en el interior de la válvula son de acero inoxidable o de acero ordinario A-36; además son arreglados con un ángulo de 45°. Estos discos poseen unos orificios descentrados de 25.4 mm de diámetro.

Estas válvulas dan excelentes resultados con abrasivos cuya granulometría es la recomendada evitando que si son demasiados grandes puedan tapar el orificio de salida entre los discos. (Véase Planos A4 y A5).

- OTROS

Entre los otros accesorios se tienen los que comprenden a gasfitería como son: co-dos, tee, uniones roscadas, neplos.

Forman parte de los accesorios : válvulas cheques, válvulas de bola.

Todos estos accesorios son encontrados en el mercado en diversos materiales como son hierro fundido, hierro negro, hierro galvanizado en las medidas deseadas. (Véase Plano A8).

1.3 CODIGOS Y REGULACIONES TECNICAS A UTILIZARSE EN SU CONSTRUCCION.

Existen códigos que han sido escritos en base a trabajos realizados y están sujetos a cambios periódicos con el fin de regular los procedimientos de diseño y construcción.

Cada código o especificación trata única y específicamente sobre el tema de interés.

A continuación, enunciaremos algunos códigos que regulan la construcción soldada como son :

- American Institute of Steel Construction (AISC)
- American Society for Testing and Materials (ASIM)



BIBLIOTECA

-American Welding Society (AWS)

-American Society of Mechanical Engineers (ASME)

Para el diseño y construcción del equipo de arenado industrial los códigos más usuales son :

Para el tanque de presión	ASME Sección VIII
Para el control de soldadura	AWS
Para el diseño de la boquilla	The Clemco Clementina; VACU BLAST; TILGMAN WHEELABRATOR; METALLISATION, entre otras.
Para las especificaciones de preparaciones superficiales, tamaño de arenas.	Steel Structures Painting Council (SSPC).

- ESFUERZOS, DEFORMACIONES EN SOLDADURA :

Para determinar los esfuerzos en el cilindro de presión se consideran cilindro de pared delgada para lo cual se hacen las siguientes suposiciones:

-El material es continuo (elástico no plástico)

-No hay tensiones térmicas

-Sólo hay esfuerzos de tracción (cordones verticales) y esfuerzos de compresión (cordones horizontales).

Se consideran de pared delgada, el espesor de la pared es menor o igual a 1/10 de su radio interior.

-No existen esfuerzos de flexión.

Consideremos un corte longitudinal cualquiera B-B' del cilindro. (véase Fig. N° 4a).

$$F_{\text{ext}} = F_{\text{int}}$$

$$F = PDL \quad (1.1)$$

$$A = 2tL \quad (1.2)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1.3)$$

Reemplazando (1.1) y (1.2) en (1.3) obtendremos:

$$\sigma_t = \frac{PDL}{2tL} = \frac{PD}{2t} \quad (\text{esfuerzo tangencial}) \quad (1.4)$$

(Véase Gráfico N° 4b)

$$F = \sigma_\ell \times A$$

$$F = \sigma_\ell \pi D t \quad (1.5)$$

$$F = PA$$

$$F = P \times \frac{\pi D^2}{4} \quad (1.6)$$

Igualando (1.5) y (1.6) obtendremos :

$$\sigma_\ell = \frac{PD}{4t} \quad (\text{esfuerzo longitudinal}) \quad (1.7)$$

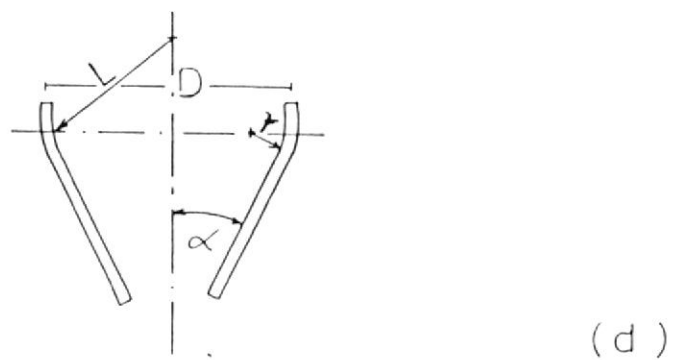
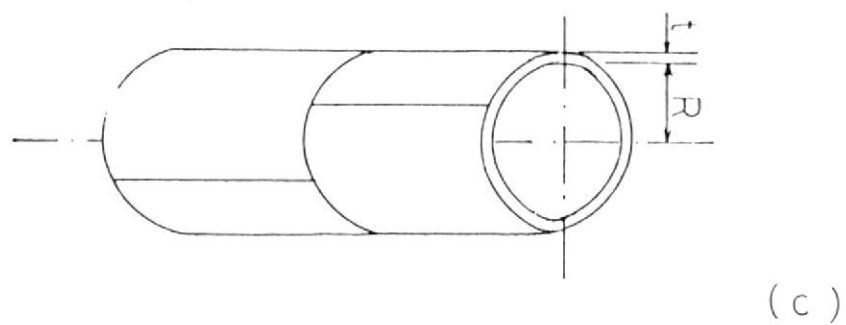
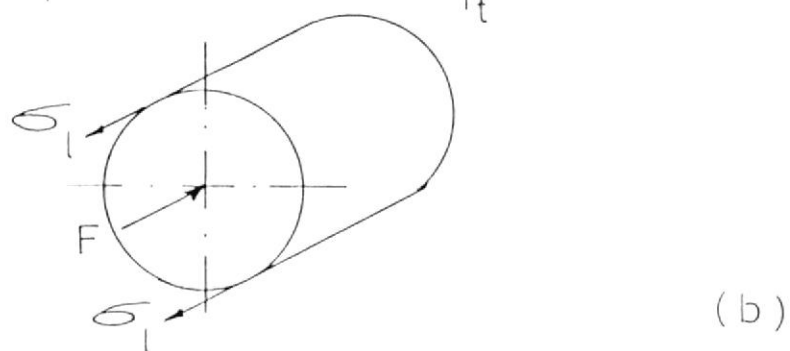
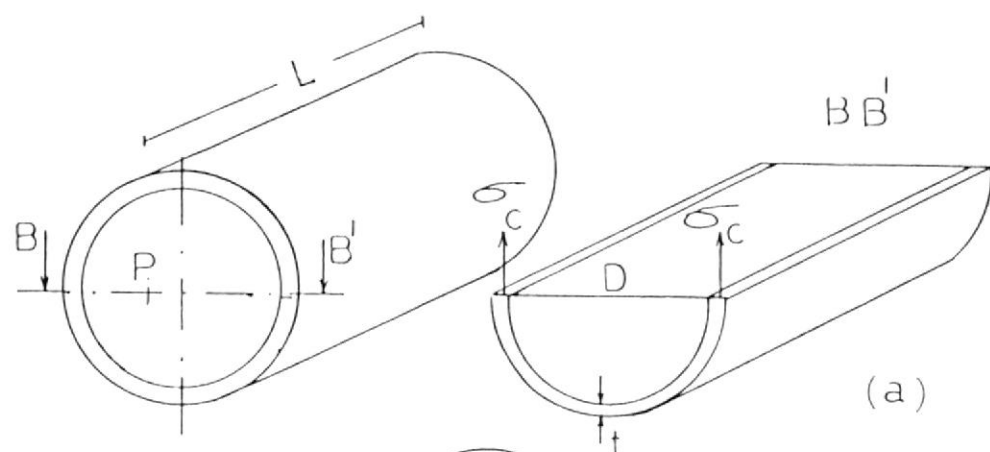


Gráfico N° 4 ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN CILINDROS DE PARED DELGADA.(3,7)



1.3.1 ECUACIONES PARA CALCULAR EL ESPESOR DE PARED DE: CILINDRO, CABEZA Y FONDO.

El código ASME Sección VIII da información práctica acerca del diseño de la cabeza, fondo y cilindro para recipientes de presión considerando ciertos factores.

- CILINDRO :

Se indican a continuación las ecuaciones para calcular el espesor de pared del cilindro de presión : (Véase Gráfico N° 4c)⁽³⁾

$$t = \frac{P_d R}{SE - 0.6P_d} \quad (1.8)$$

$$P_d = \frac{SEt}{R + 0.6t} \quad (1.9)$$

donde:

t = Espesor de pared (mm)

R = Radio (mm)

E = Eficiencia de la junta soldada

P = Presión interna (kg/cm²)

S = Esfuerzo permisible (kg/cm²)

E = 1 Cuando se efectúa prueba radiográfica al 100% de la soldadura.

$E = 0.85$ Cuando se efectúa prueba al 15% de las soldaduras.

$E = 0.7$ Cuando no se efectúa ninguna radiografía.

- CABEZA Y FONDO :

Se indica a continuación las ecuaciones para calcular el espesor de pared de la cabeza y el fondo del cilindro de presión: (Véase Gráfico N° 4d). (3)

$$t = \frac{P_d M_1 L}{2 SE - 0.2t} \quad (1.10)$$

$$P_d = \frac{2 SEt}{LM_1 + 0.2t} \quad (1.11)$$

$$M_1 = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right) \quad (1.12)$$

$$L = 0.904 D \quad (1.13)$$

$$r = 0.1725 D \quad (1.14)$$

donde:

M : Factor que depende de relación L/r

D : Diámetro

t : Espesor

α : $1/2$ del ángulo del cono en la línea central de la cabeza.

TABLA V VALOR DEL FACTOR M(3)

L/r	1.0	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.50
M ₁	1.0	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.2	1.22

1.4 ANALISIS DE FLUIDOS

- ESTADO DE ESTANCAMIENTO

Cuando se están discutiendo las propiedades de un fluido que se encuentra en movimiento se hace necesario tener un estado de referencia sobre el cual basar tal discusión. Frecuentemente es conveniente usar el concepto de entalpía de estancamiento.(8)

$$h_0 = h + v^2/2g + g_z/g_0 \quad (1.15)$$

La entalpía de estancamiento puede ser considerada como el valor de la entalpía resultante cuando la altura y velocidad sean reducidas a cero.

Esta idea es mejor vista en un diagrama h - s.

- DIAGRAMA DE MOLLIERE

El estado de estancamiento es alcanzado a lo largo de una línea de entropía constante, partiendo desde un punto de estado 1 hacia la entalpía de estancamiento.

Por lo tanto, el estado de estancamiento está determinado para cualquier estado correspondiente del fluido por las dos propiedades.

$$\text{Primera ley } h_0 = h_1 + v_1^2/2g + g_z/g_0 \quad (1.15)$$

$$\text{Segunda ley } s_0 = s_1 \quad (1.15a)$$

Entonces para alcanzar el estado de estancamiento se lleva el fluido a un punto en donde la velocidad y la elevación son cero, lográndose tal condición por un proceso isoentrópico. En las toberas convergentes-divergentes lo que se requiere es producir flujo isoentrópico a la salida (8)

- RELACIONES DE FLUJO ISOENTROPICO (Flujo compresible) (8).

$$\dot{m} = \rho AV \quad (1.16)$$

$$V = MC = M \sqrt{KR_g T} \quad (1.17)$$



$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{K-1}{2} M^2 \quad (1.18)$$

$$\frac{P_1}{P_o} = \left(\frac{T}{T_o} \right)^{k/k-1} \quad (1.19)$$

$$\frac{P_o}{P_1} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M_c^2 \right)^{k/k-1} \quad (1.20)$$

donde:

\dot{m} : Flujo másico

V : Velocidad de la partícula

M : # de Mach

K : Coeficiente politrópico

R_g : Constante de los gases

T : Temperatura en grados absolutos

* : Condiciones en la garganta de la tobera

P : Presión

o : Condiciones de estancamiento

Una tobera es un dispositivo por medio del cual se espera ganar un aumento de velocidad a costa de la presión que consecuentemente disminuye. Por esto, es que en el flujo subsónico el área de la tobera debe disminuir y en el flujo supersónico el área debe aumentar.(8)

Para un buen diseño de la boquilla se tienen que seguir las siguientes relaciones :(6)

$$D_{\text{entrada}} = 2.4 D_g \quad (1.21)$$

$$D_{\text{salida}} = 1.3 D_g \quad (1.22)$$

$$L_{\text{boquilla}} = 17.5 D_g \quad (1.23)$$

$$\text{Diámetro manguera} = 2.85 D_g \quad (1.24)$$

$$L_B = 2.2 l_a + 7.33 l_b + 2.44 l_c \quad (1.25)$$

- PERDIDAS DE PRESION A TRAVES DEL SISTEMA

Pérdidas primarias pueden ser calculadas por la ecuación siguiente :(9)

$$\Delta P = f \frac{L_m}{D_m} \left(\frac{\rho V_m^2}{2} \right) \quad (1.26)$$

donde:

f : $F (R_e, \epsilon/D_c)$

V : Velocidad media del fluido

D_m : Diámetro media de la tubería

ρ : Densidad del fluido

L_m : Longitud media de la tubería (accesorios)

La ecuación de pérdidas primarias en función del caudal queda expresado de la siguiente forma :(9)

$$\Delta P = \frac{6.35 L Q^2}{R D_m^{5.31}} \quad (1.27)$$

donde :

$$K_1 = 0,1 \cdot v_c^{-0,71}$$

P (bar), L (mt), Q (dm³/S), D (mm)

$$R_p = \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{abs})$$

- PERDIDAS SECUNDARIAS

Pueden ser calculadas aplicando la ecuación siguiente. Se consideran secundarias como longitudes equivalentes, es decir longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que producirá pérdidas de carga iguales que los accesorios en cuestión.(9)

$$\Delta P = f\left(\frac{L}{D_c}\right)_{\text{equiv}} \times \left(\frac{1}{2} \rho V_m^2\right) \quad (1.28)$$

TABLA VI LONGITUDES EQUIVALENTES PARA DIVERSOS ACCESORIOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE PERDIDAS DE PRESION (10)

ACCESORIOS	L_{eq}/D_e
Válvula globo totalmente abierta	350
V. G. a 90° totalmente abierta	145
V. compuerta totalmente abierta	13
Válvula compuerta 1/2 abierta	160
Válvula cheque bola	150
Válvula cheque compuerta	135
Codo a 90°	20 ($r/D_e:1$) 10 ($r/D_e:1.5$) 9 ($r/D_e:2$) 8 ($r/D_e:5$)
Curva a 45°	16
Curva a 180°	50
Desviación T a 90°	20
	60
restricción	24
expansión	40

CAPITULO II

INGENIERIA DEL PROYECTO



La ingeniería del proyecto comprende todo lo relacionado con el diseño.

2.1 MODELO FISICO

D Nominal : 602 mm

Altura máx : 1750 mm

Altura del tanque : 1220 mm

Presión de trabajo : 5.63 Kg/cm² - 7.045 Kg/cm²

El tanque es cilíndrico vertical con cabeza y fondo toriconical.

La capacidad del tanque es de 200 ltr. (0.2 m³)

2.2 SELECCION DE MATERIALES

Tomando en consideración los materiales recomendados en el Capítulo I, se seleccionarán dichos materiales para los diversos componentes del equipo.

2.2.1 TOLVA

Se seleccionará el ASTM 283 grado "C". El proceso de soldadura seleccionado es electrodo revestido; el electrodo seleccionado E-7018 según la AWS.

2.2.2 BOQUILLA

Del grupo de materiales existentes en el mercado local se seleccionará el acero ASI/SAE D6 (3) (acero para trabajado en frío).

Dureza máximo bonificado - 63 RC.

Es un acero de alto contenido de Cr y tungsteno, lo que lo hace resistente al desgaste.⁽¹¹⁾

- TRATAMIENTO TERMICO

El tratamiento térmico consiste en realizar un templado-revenido a la boquilla.

Templado : Temperatura de austenización
920-1000°C.

Revenido : Temperatura 600-700°C.

Es necesario revenir después de temprar.⁽¹¹⁾

2.2.3 ACCESORIOS

- VALVULA MEZCLADORA DE ARENA :

Dentro de los materiales disponibles en el mercado local se seleccionará la fundición gris.

- ASIEN TO DE VALVULA DE CIERRE NEUMATICO : "Handhole".

Está compuesto por brida y contrabrida.
El material de la brida y contrabrida es el ASTM A36.

- TAPON DE VALVULA DE CIERRE NEUMATICO :

Material : Aluminio revestido de caucho.

Mangueras : Material : Caucho con cuatro capas de espesor.

TABLA VII TAMAÑO NOMINAL Y RANGO DE TRABAJO EN Kg/cm² PARA DIFERENTES ACCESORIOS⁽³⁾

VALVULAS	TAMAÑO NOMINAL mm (pulg)	RANGO DE TRABAJO Kg/cm ² (psi)
Globo	31.75 (1 ¹ / ₄)	10.56-21.13 (150-300)
Cheque	31.75 (1 ¹ / ₄)	8.806 (125)

TABLA VIII DIAMETRO NOMINAL Y MATERIALES DE LOS ACCESORIOS⁽³⁾

ACCESORIOS	DIAMETRO NOMINAL mm (pulg)	MATERIALES
Codo a 90°	31.75 (1 ¹ / ₄)	SA 234 grado WPB
Codo a 45°	31.75 (1 ¹ / ₄)	SA 234 grado WPB
TEE	31.75 (1 ¹ / ₄)	SA 234 grado WPB
Neplos	31.75 (1 ¹ / ₄)	Hierro negro

ACCESORIOS (Gasfitería)

Los materiales seleccionados son el acero SA 234 grado WPB y han sido seleccionados de acuerdo al Instituto Nacional Americano B16.9.

2.3 CALCULOS A EFECTUARSE

Una vez que se han seleccionado los materiales de los principales componentes se procederá a efectuar el diseño de los mismos.

2.3.1 DISEÑO DEL FONDO Y LA CABEZA DEL CILINDRO DE PRESION

Teniendo como parámetro establecido el diámetro nominal del tanque se procederá a calcular y seleccionar los demás parámetros que contemplan el diseño del fondo y cabeza del tanque.

Modelo : Toriconical

Espesor de lámina : Será igual al espesor calculado según el código ASME Sección VIII.

El código ASME recomienda el empleo de la siguiente fórmula para el cálculo del espesor de lámina para fondos y cabezas toriconicales, aplicando las ecuaciones (1.10), (1.12), (1.13), (1.14) se obtiene :



$$t = \frac{P_d \cdot L \cdot M_1}{2 SE - 0.2 P} \quad (1.10)$$

$$M_1 = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right) \quad (1.12)$$

$$L = 0.904 D$$

$$r = 0.1725 D$$

donde:

$$E = 0.7$$

$$P_d = 0.0915 \text{ Kg/mm}^2$$

$$S = 14.06 \text{ Kg/mm}^2$$

$$L = 544.2 \text{ mm}$$

$$r = 103.8 \text{ mm}$$

$$M_1 = 1.325$$

$$t = 3.35 \text{ mm} \quad (2.1)$$

2.3.2 DISEÑO DEL CILINDRO

Es obtenido por medio de la ecuación (1.8),
recomendada por el código ASME.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6 p}$$

$$t = \frac{0.0915 \text{ Kg/mm}^2 \times 301 \text{ mm}}{14.06 \text{ Kg/mm}^2 \times 0.7 - 0.6 (0.0915 \text{ Kg/mm}^2)}$$

$$t = 2.81 \text{ mm} \quad (2.2)$$

TABLA IX TABLA DE RESULTADOS DE ESPESORES DE PARED PARA EL FONDO Y CABEZA DEL TANQUE DE PRESION.

	MODELO	ESPESOR NOMINAL (mm)	ESPESOR COMERCIAL (mm)
Fondo	Toriconical	3.35	4
Cabeza	Toriconical	3.35	4

TABLA X TABLA DE RESULTADOS DE ESPESORES DE PARED PARA EL CILINDRO DEL TANQUE DE PRESION.

ESPESOR NOMINAL (mm)	ESPESOR COMERCIAL (mm)
2.81	3

2.3.3 DISEÑO DE LA BOQUILLA

Haciendo uso de las ecuaciones (1.21-1.25) se efectúa el diseño de la boquilla.

$$L \text{ Boquilla} = 17.5 D_g$$

$$D \text{ Manguera} = 2.85 D_g$$

$$D \text{ entrada tobera} = 2.4 D_g$$

$$D \text{ salida tobera} = 1.3 D_g$$

$$L_B = 2.2 l_a + 7.33 l_b + 2.44 l_c$$

BOQUILLAS, utilizadas para grandes producciones $7/16'' - 1/2''$ ($11.11 - 12.7 \text{ mm}$) ϕ , se selecciona 11.11 mm ($7/16''$) a una presión de trabajo de 5.636 kg/cm^2 (80 psi) que maneja $7.36 \text{ m}^3/\text{min}$. de aire requiriendo para esto 35.28 KW para manejar 2272.7 Kg/hr de abrasivo.

Con el objeto de calcular la velocidad de salida de la partícula de abrasivo cuyo tamaño se encuentra entre $1-1.2 \text{ mm}$ de ϕ y cuya velocidad debe ser la misma con que viajan las partículas de aire, a continuación se procede a realizar el siguiente cálculo, considerando el flujo isoentrópico, asumiendo para propósitos de diseño que el fluido es aire.

78 TABLA XI PARAMETROS (CONSUMO DE AIRE, ARENA Y POTENCIA) REQUERIDOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO (2)

Parámetros requeridos	(30)	(40)	(50)	(60)	(70)	{**} (80)	(90)	(100)
Presión de aire (psi) Kg/cm ²	2.113	2.818	3.522	4.227	4.931	5.636	6.340	7.045
Caudal de aire m ³ /min	3.48	4.25	5.04	5.83	6.60	7.36	8.10	8.92
Flujo másico arena Kg/hr	1136,3	1145,4	1427,7	1627,2	2148,1	2272,7	2536,3	2613,6
Potencia KW	9.44	13.64	18.18	23.52	29.18	35.28	40.94	48.62

Nota: Diámetro de la garganta de la tobera
11.11 mm (7/16 pulg.)

{**} = parámetros seleccionados



- CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SALIDA DE LA PARTICULA DE AIRE :

$$P_O = 0.0563 \text{ Kg/mm}^2 \text{ (80 psi)}$$

$$T_O = 300^\circ\text{k (27}^\circ\text{C)}$$

Para que el flujo sea supersónico la condición es que la garganta de la tobera $M = 1$
(8)

De las tablas XII de flujo isoentrópico unidimensional para un gas perfecto y haciendo uso de las ecuaciones (1.17-1.20) se obtiene :

$$\frac{P_G}{P} = 0.528$$

$$P_G = 0.528 \times 0.0563 \text{ Kg/mm}^2 = 0.02972 \text{ Kg/mm}^2$$

$$P_G = 42.24 \text{ psi}$$

$$\frac{T_G}{T_O} = 0.8333$$

$$T_G = 0.833 \times 300^\circ\text{K} = 250^\circ\text{K}$$

$$V_G = M \sqrt{KRT_G}$$

$$V_G = 1 \sqrt{1.4 \times 287 \frac{\text{Joul}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} \times 250^\circ\text{K}}$$

$$V_G = 316.8 \text{ mt/seg}$$

TABLA XII FLUJO ISOENTROPICO UNIDIMENSIONAL(8)

M	M*	$\frac{A}{A^*}$	$\frac{p}{p_0}$	$\frac{T}{T_0}$	$\frac{I}{I^*}$	$\frac{A}{A^*} \frac{p_0}{p}$	F_w	F_I	I*	
2.00	1.6330	1.6875	.12780	.23005	.55556	1.1227	.21567	.40577	2.0788	.59259
2.01	1.6375	1.7017	.12583	.22751	.55310	1.1241	.21412	.40239	2.0814	.58767
2.02	1.6420	1.7160	.12389	.22499	.55064	1.1255	.21259	.39903	2.0840	.58276
2.03	1.6465	1.7305	.12198	.22250	.54819	1.1269	.21107	.39569	2.0866	.57788
2.04	1.6509	1.7452	.12009	.22004	.54576	1.1283	.20957	.39236	2.0892	.57302
1.00	1.00000	1.00000	.52828	.63394	.83333	1.00000	.52828	.68473	1.8516	1.00000
1.01	1.00831	1.00008	.52213	.62866	.83055	1.00003	.52218	.68467	1.8517	.99991
1.02	1.01658	1.00033	.51602	.62339	.82776	1.00013	.51619	.68451	1.8519	.99967
1.03	1.02481	1.00074	.50994	.61813	.82496	1.00030	.51031	.68423	1.8522	.99926
1.04	1.03300	1.00130	.50389	.61288	.82215	1.00053	.50454	.68384	1.8526	.99869



HISTORIA

$$\left(\frac{\phi_{\text{salid}}}{\phi_{\text{garg}}} \right)^2 = \frac{\Lambda_S}{\Lambda^*} = (1.3)^2 = 1.69$$

En la Tabla XII, flujo isoentrópico con

$$\frac{\Lambda_S}{\Lambda^*} = 1.69 \text{ encontramos :}$$

$$\frac{P_S}{P_O} = 0.12786$$

$$P_S = 0.7203 \text{ Kg/cm}^2 (10.22 \text{ psi})$$

$$\frac{T_S}{T_O} = 0.5556$$

$$T_S = 166.86^\circ\text{K}$$

$$V_S = 2.0 \sqrt{1.4 \times 287 \frac{\text{Joul}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} \times 166.86^\circ\text{K}}$$

$$V_S = 517.858 \text{ mt/seg} \quad (2.3)$$

- LONGITUD DE LA BOQUILLA

$$L_{\text{Boquilla}} = 17.5 (11.11) = 196 \text{ mm}$$

$$L_a = \frac{L_r}{2.2} = 89 \text{ mm}$$

$$L_b = \frac{L_r}{7.33} = 26.6 \text{ mm}$$

$$L_c = \frac{L_r}{2.44} = 80.4 \text{ mm} \quad (2.4)$$

2.3.4 PERDIDAS DE PRESION A TRAVES DEL SISTEMA

-TRAMO AB

$$Q = 9.63 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$P = 5.4 \text{ BAR}$$

$$L_{eq} = 0.7 + \frac{340 D_m}{12 \times 3.28} + 3 + \frac{135 D_m}{12 \times 3.28} + 0.1 = 19.51 \text{ m}$$

$$\Delta P_{AB} = \frac{6.35 LQ^2}{RD_m^{5.31}} = 0.0377 \text{ BAR}$$

$$\Delta P_{AB} = 0.0377 \text{ BAR}$$

NOTA : tuberías, accesorios, mangueras 1 1/4 "

(31.75 mm)

-TRAMO CD

$$Q = 7.426 \text{ m}^3/\text{min} \quad (262.04 \text{ ft}^3/\text{min})$$

$$P = 5.4 \text{ BAR}$$

$$L_{eq} = 2 \times \frac{16 D_m}{12 \times 3.28} + 0.5 + 0.1 + \frac{20 D_m}{12 \times 3.28} + 0.4 +$$

$$+ 30 + 0.2 + \frac{340 D_m}{12 \times 3.28} + \frac{60 D_m}{12 \times 3.28} =$$

$$L_{eq} = 45.56 \text{ m}$$



$$\Delta P = c/10 \text{ m} = 0.12 \text{ BAR}$$

$$\Delta P/45.56 \text{ m} = 0.5467 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (7.74 psi)}$$

$$\Delta P_{CD} = 0.5467 \text{ BAR}$$

-TRAMO BE

$$P = 5.4 \text{ BAR}$$

$$Q = 2.10 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (74.10 ft}^3/\text{min)}$$

$$L_{eq} = \frac{60 D_m}{12 \times 3.28} + 0.1 + \frac{2 \times 60 D_m}{12 \times 3.28} + 0.3 + 0.075$$

$$L_{eq} = 6.82 \text{ m}$$

$$\Delta P/C/10 \text{ m} = 0.009 \text{ BAR}$$

$$\Delta P/6.82 \text{ m} = 6.1 \times 10^{-3} \text{ BAR (8.9} \times 10^{-2} \text{ psi)}$$

$$\Delta P_{BE} = 6.1 \times 10^{-3} \text{ BAR}$$

-TRAMO CF

$$P = 5.4 \text{ BAR}$$

$$Q = 2.10 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (74.10 ft}^3/\text{min)}$$

$$L_{eq} = 2 \times \frac{20 D_m}{12 \times 3.28} + \frac{60 D_m}{12 \times 3.28} + 0.24 = 3.51 \text{ m}$$

$$\Delta P/c/10 \text{ m} = 0.009 \text{ BAR}$$

$$\Delta P/3.51 \text{ m} = 3.16 \times 10^{-3} \text{ BAR (4.6} \times 10^{-2} \text{ psi)}$$

$$\Delta P_{CF} = 3.16 \times 10^{-3} \text{ BAR}$$

$$\Delta P_{TOTAL} = \Delta P_{AB} + \Delta P_{CD} + \Delta P_{BE} + \Delta P_{CF}$$

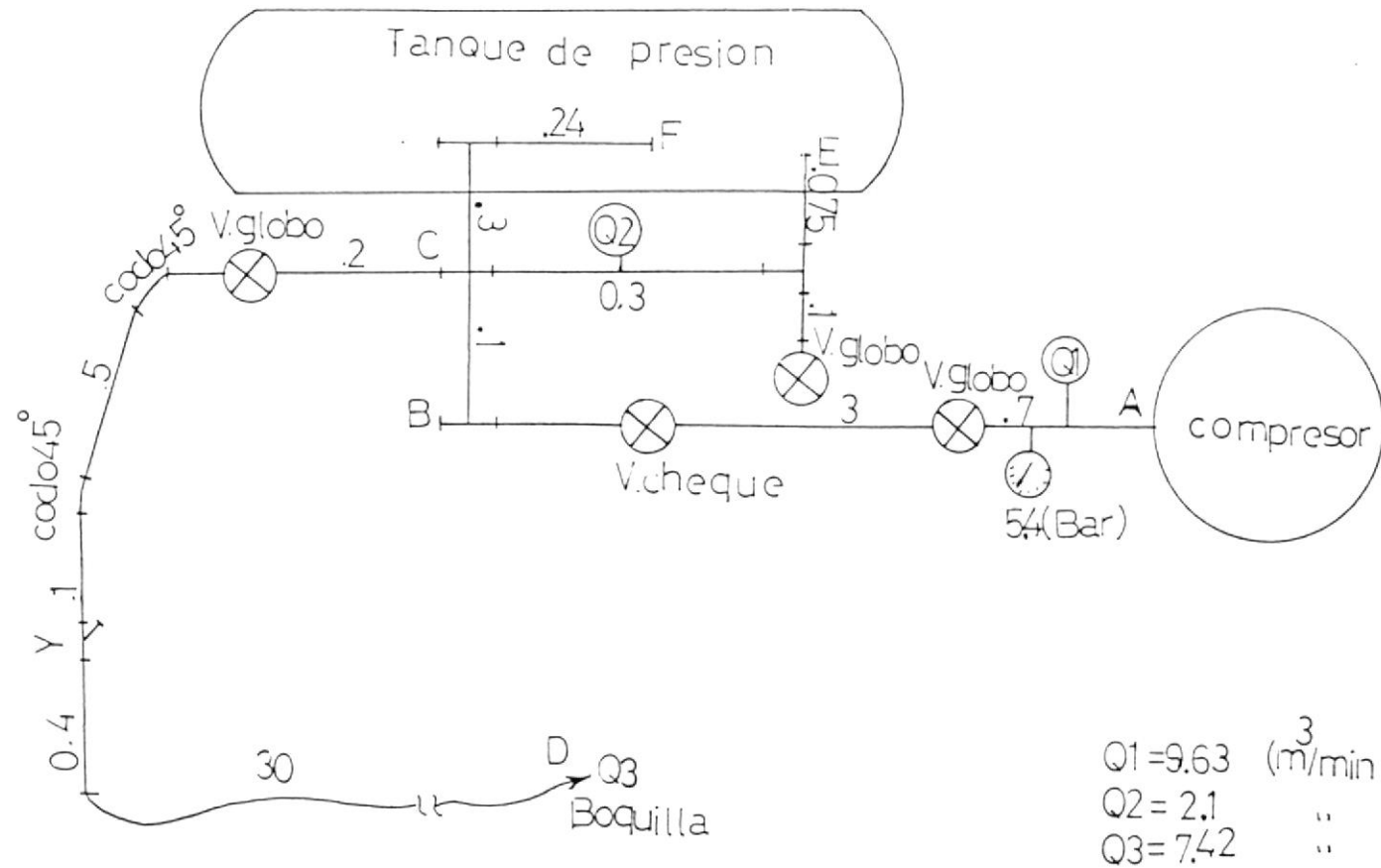
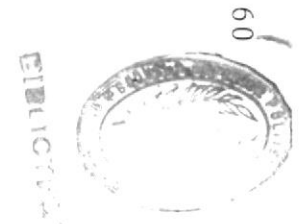


Gráfico N° 5 DIAGRAMA NEUMATICO DEL SISTEMA



$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = 0.0377 + 0.5467 + 6.1 \times 10^{-3} + 3.16 \times 10^{-3}$$

BAR

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = 5.9366 \times 10^{-1} \text{ BAR (8.42 psi)}$$

2.3.5 POTENCIA DEL COMPRESOR

Flujo expresado en $\text{m}^3/\text{min} = 1.147725 \times A \times P$

donde :⁽⁶⁾

A = área de la garganta en cm^2

P = presión absoluta = $P_{\text{man}} + 1.035$ (Kg/cm^2)

Flujo = $1.147725 \times 0.96986 \times 6.67113$

$$= 7.426 \text{ m}^3/\text{min} \quad (445 \text{ m}^3/\text{hr}) \quad (2.5)$$

-POTENCIA DEL COMPRESOR DE II ETAPAS

$$\text{KW} = C \times (\text{m}^3/\text{min}) / 1,341^{(6)}$$

donde :

C = Constante que se encuentra de la Tabla XIV.

$$\text{KW} = (6.04 \times 7.426 \text{ m}^3/\text{min}) / 1,341$$

$$\text{KW} = 33,447 \quad (2.6)$$

Del diagrama de caudal vs presión de operación para la selección del tipo de compresor, con el caudal de operación de $445 \text{ m}^3/\text{hr}$ y presión de aire de 5,993 BAR se seleccionará un compresor de émbolo.

TABLA XII RESULTADOS DE DIAMETROS DE ENTRADA A LA TOBERA, SALIDA DE LA TOBERA Y DIAMETRO DE LA MANGUERA.

ϕ ENTRADA = TOBERA	2.4 ϕ garganta =	2.4 * 11.11 mm =	26.6 mm
ϕ SALIDA TOBERA	1.3 ϕ garganta =	1.3 x 11.11 m =	12.7 mm
D _m MANGUERA =	2.85 ϕ garganta =	2.85 x 11.11 mm =	31.75 mm

TABLA XIII VALORES DE LA CONSTANTE "C" CON DIFERENTES PRESIONES DE AIRE.

PRESION DE AIRE Kg/cm ² (psi)	ETAPA SIMPLE	DOS ETAPAS
5.65 (80)	6.95	6.04
7.045 (100)	8.68	7.55





DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA

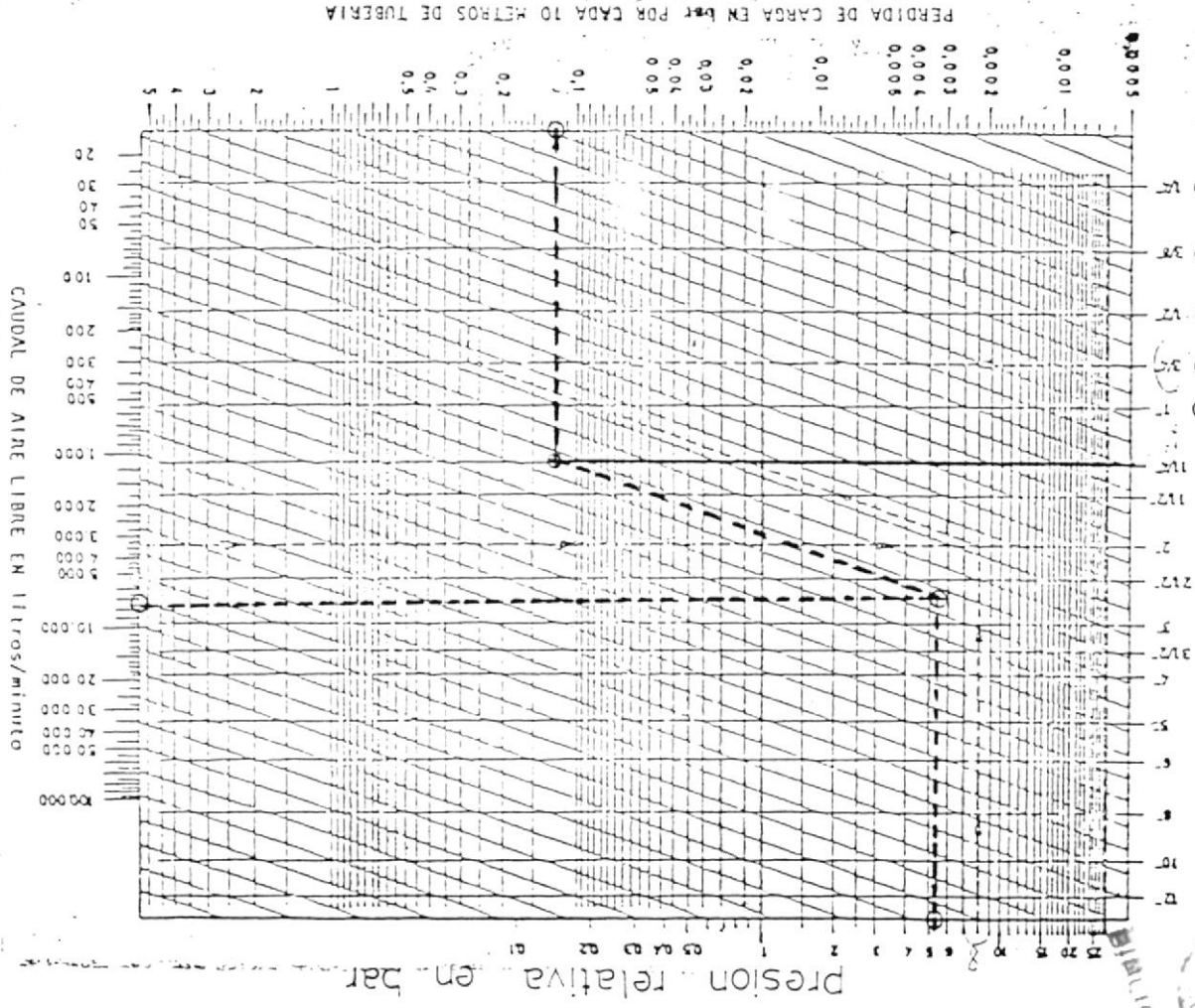


Gráfico N° 6 PERDIDAS DE PRESION A TRAVES DE MANCHERAS Y TUBERIAS (9)

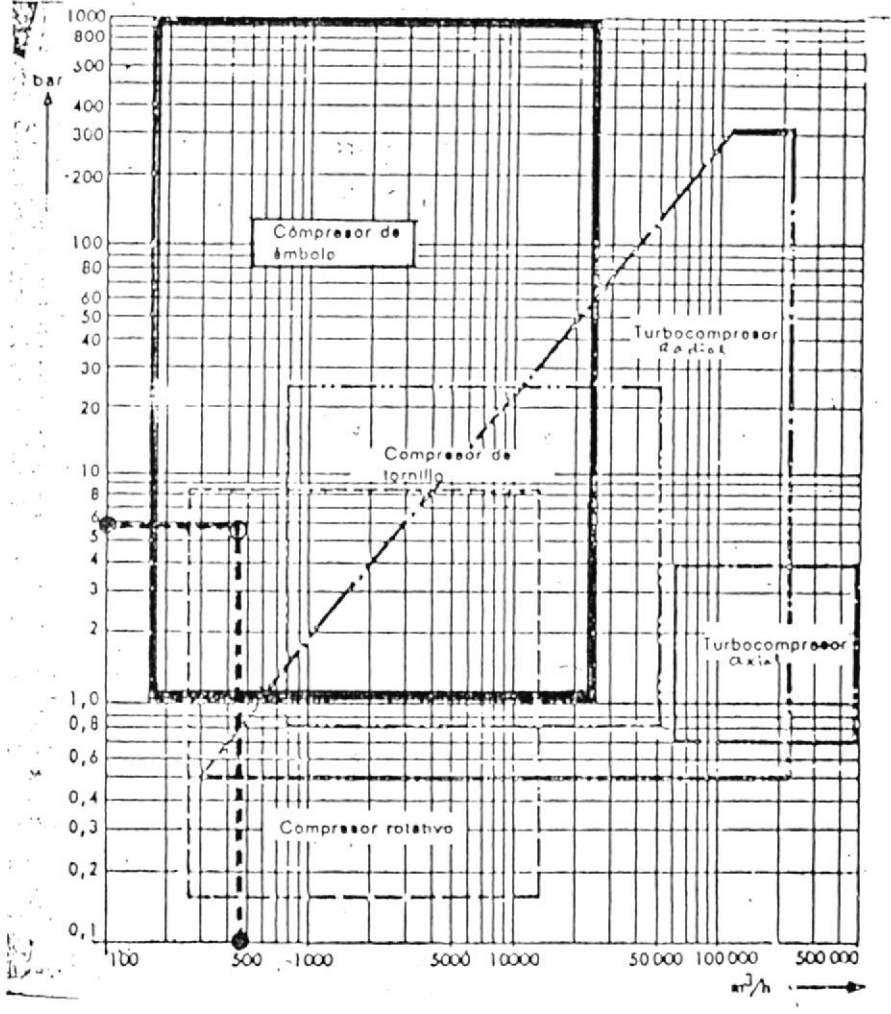


Gráfico Nº 7 SELECCION DEL TIPO DE COMPRESOR(9)

2.3.6 SELECCION DE ACCESORIOS

- VALVULA MEZCLADORA DE ARENA :

Material : Fundición gris

Composición química :

C	Si	Mn	P	Cr	Ni	S
3.2	2.3	0.6	0.2	.2	.2	.12

- PLATOS INTERIORES DE LA VALVULA (ver Plano A4)

Material: Acero ordinario A-36

Diámetro de los orificios de salida de los platos 25.4 mm.

Angulo de ubicación de los platos : 45°

- VALVULA DE CIERRE NEUMATICO (ver Plano A3)

Está compuesto por brida y contrabrida.

Material de la brida y contrabrida : acero A-36.

Contrabrida (móvil) : asiento de válvula neumática.

Brida : (fija) soldada a tope, junta en V, proceso de soldadura electrodo revestido.

- TAPON DE ASIENTO DE VALVULA DE CIERRE NEUMATICO : (Ver Plano A6)

Material : Aluminio revestido de caucho.

Fuerza máxima requerida para suspender el tapón y sellar el asiento de la válvula de cierre neumático.

$$F = P \times A$$

$$F = 7.045 \text{ Kg/cm}^2 \times 5.06 \text{ cm}^2$$

$$F = 34 \text{ Kg}$$

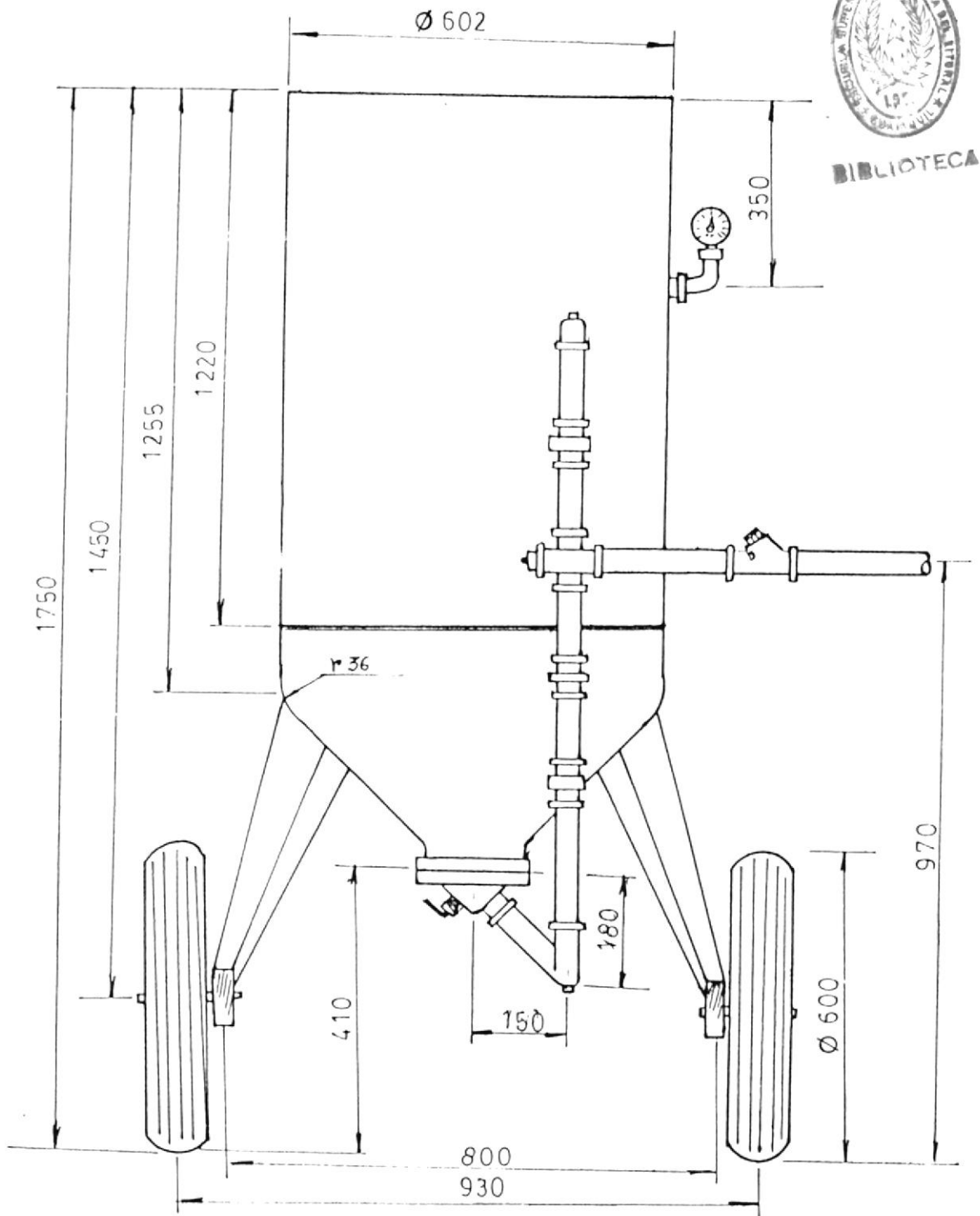
(2.7)

24

PLANOS Y
ESPECIFICACIONES



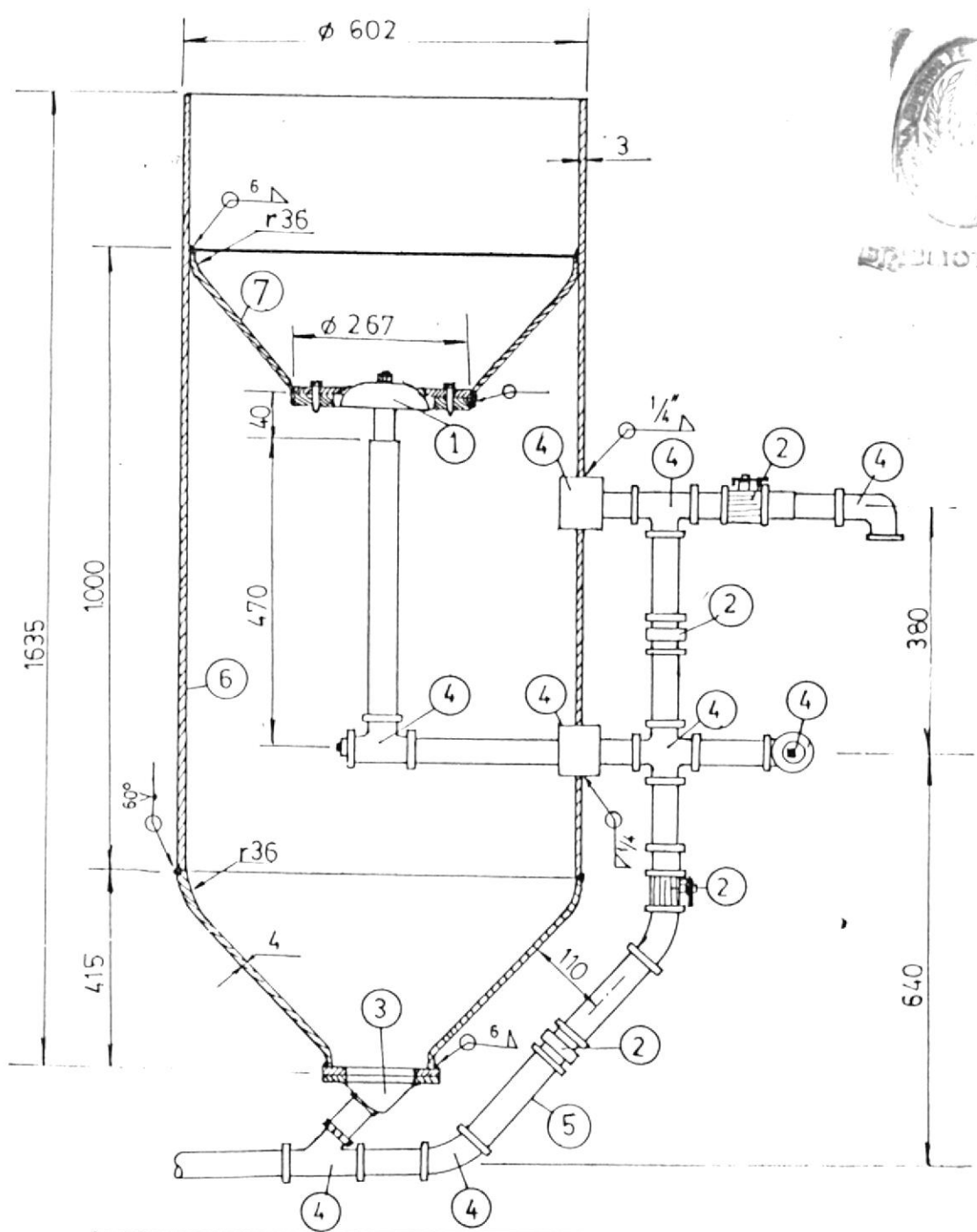
BIBLIOTECA



	FECHA	NOMBRE		
DIBUJO		R. FLORES	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
REVISO		R. DUEÑAS		
COMPR.		A. TORRES		
E				
1:10	TOLVA			
				PLANO A1
				CANT: 1



ESPOL



7	TOLVA DE ENTRADA	1	ACERO	
6	RECIPIENTE DE LA ARENA	1	ACERO	
5	TUBERIA 1 1/4" Y NEPLS	15	ACERO	PEDAZOS
4	CODOS. 90°-Y-CRUZ-TEE-UNION-codos 45°	2-1-1-2-1	HIERRO FUND.	TODOS
3	VALVULA DE FLUJO DE ARENA	1	FUND.	LOS
2	VALVULAS GLOBO Y UNION UNIVERSAL	2-2	—	ACCES.
1	MECANISMO HANDHOLE	1	ACERO	1/4" (31.7mm)
Nº	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBSERV.

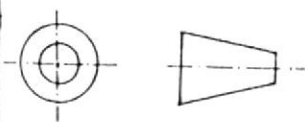
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO		R. FLORES
REVISO		R. DUEÑAS
COMPROB.		A. TORRES

FACULTAD DE
ING. MECANICA

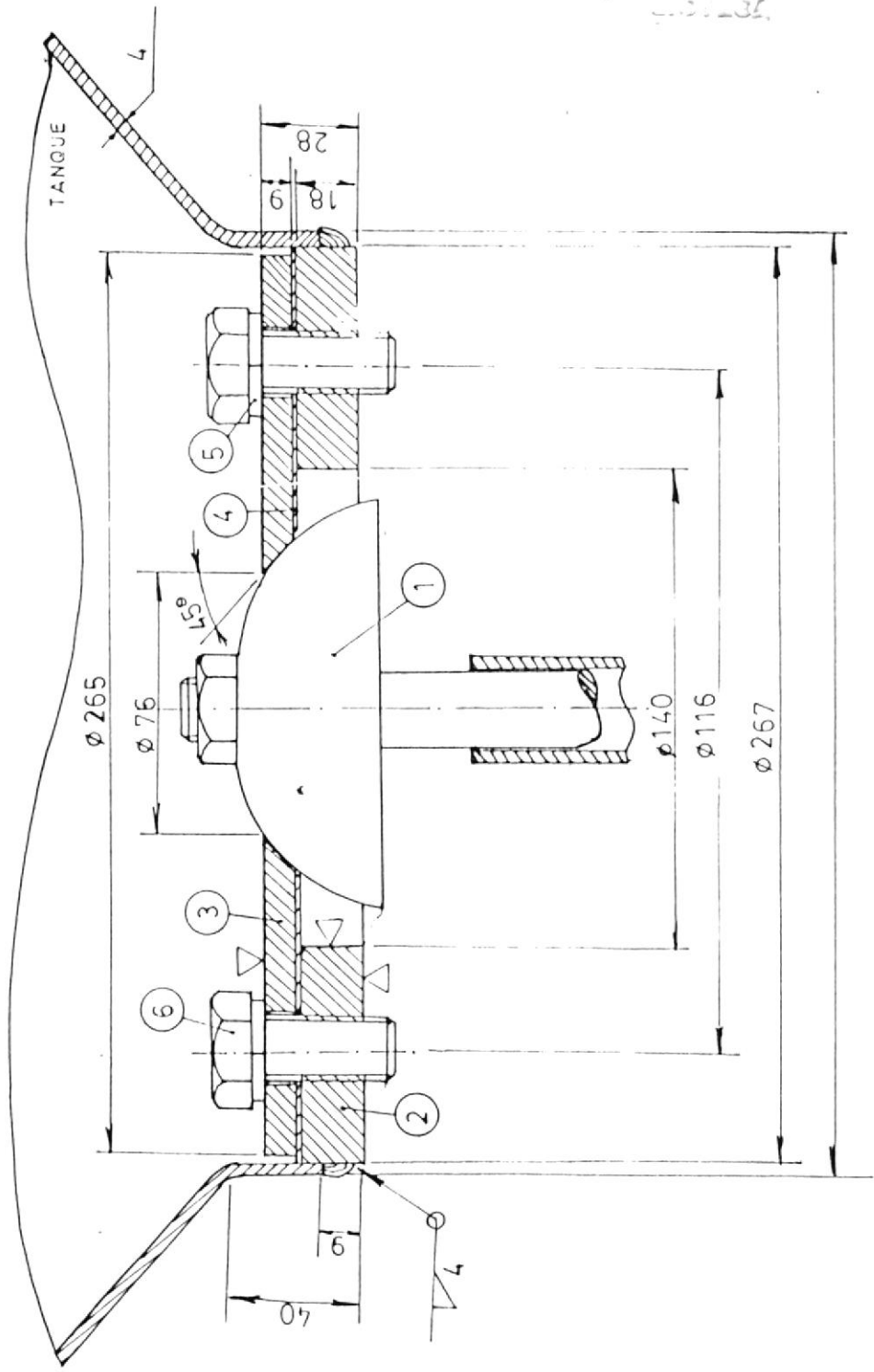
ESPOL

E
1:10

TOLVA
VISTA EN CORTE



PLANO A2



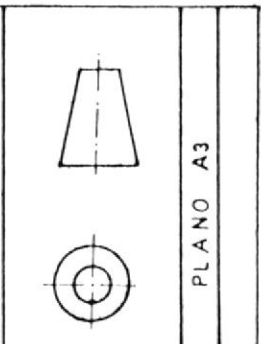
6	PERNOS 3/4" NC x 1/2"	8	ACERO	
5	ANILLOS DE PRESION	8	ACERO	
4	EMPAQUE	1	CAUCHO	
3	BRIDA SUPERIOR	1	ACERO A36	
2	BRIDA INFERIOR (FIJA)	1	ACERO A36	SOLDADO AL TANQUE
1	TAPON VALVULA NEUMATICA	1		
Nº	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	OBSERV.

FECHA	NOMBRE
DIBUJO	R. FLORES
REVISO	R. DUEÑAS
COMPR.	A. TORRES

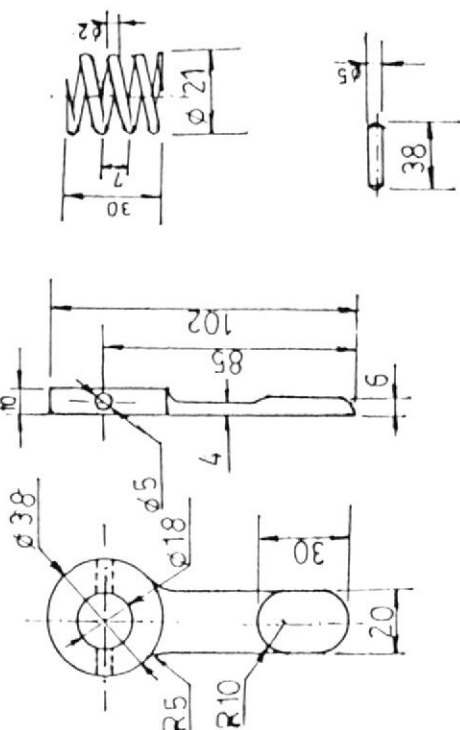
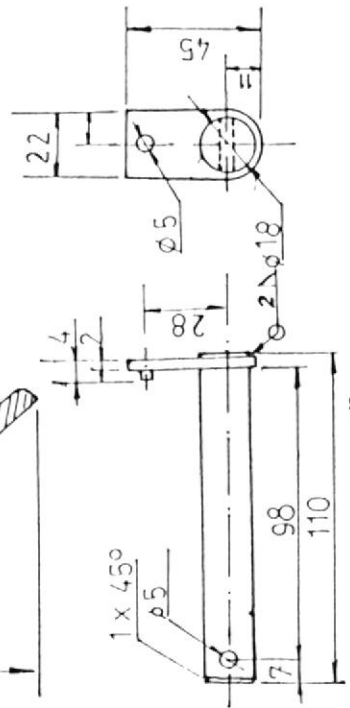
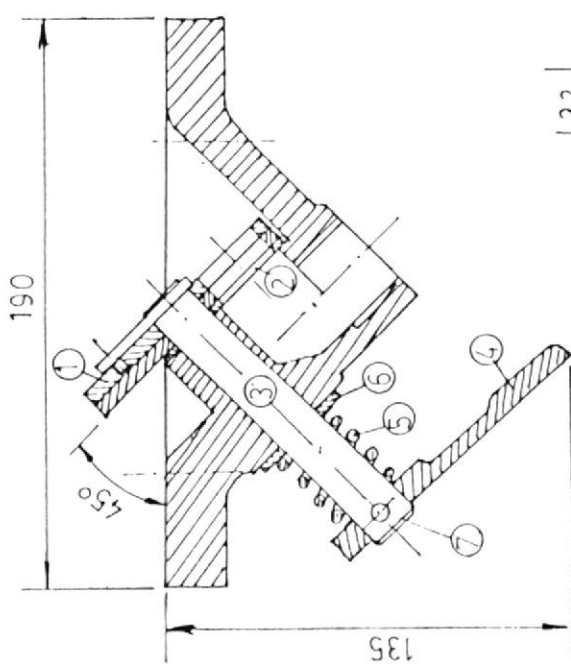
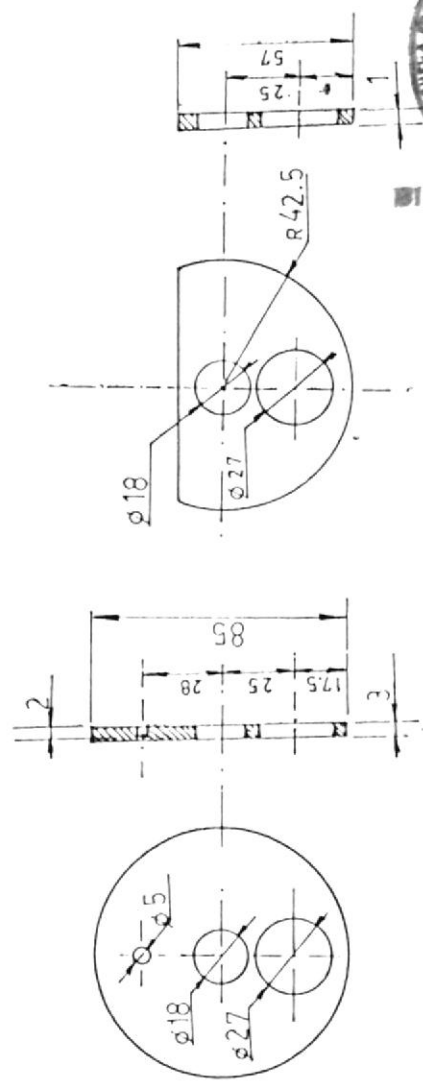
FACULTAD DE
ING. MECANICA

ESPOL

HAND HOLE
ASIEN TO DE VALVULA DE
CERRF N° 1



PLANO A3



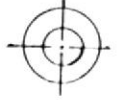
Nº	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBSERV.
7	PASADOR	1	ACERO	
6	ANILLO PLANO	1	ACERO	
5	RESORTE	1	ASSAB 250	
4	BRAZO	1	ACERO	
3	EJE DE ARRASTRE	1	ACERO	
2	EMPAQUE	1	CAUCHO	
1	PLATOS DE PASO	2	ACERO A36	

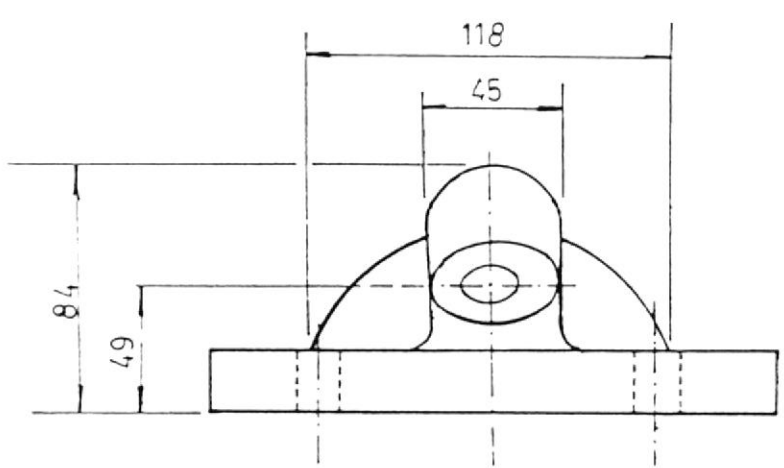
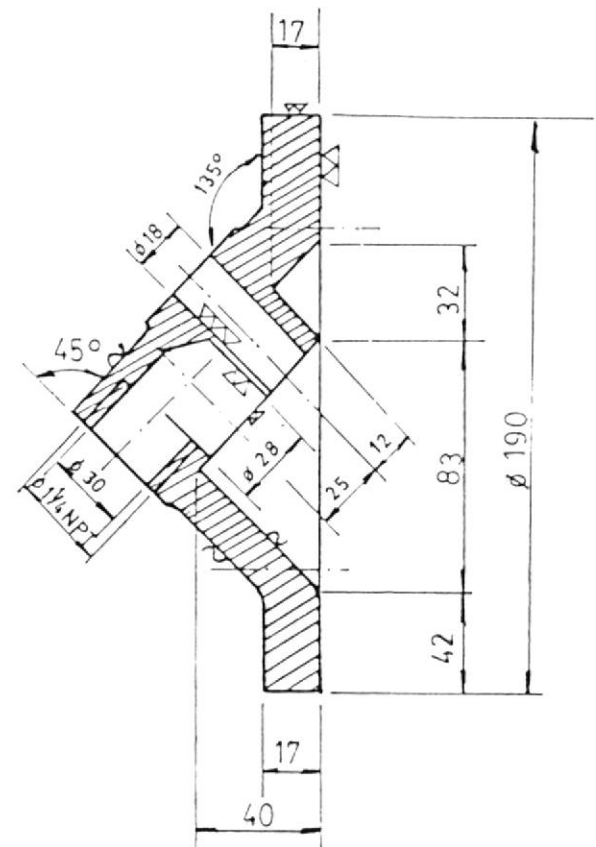
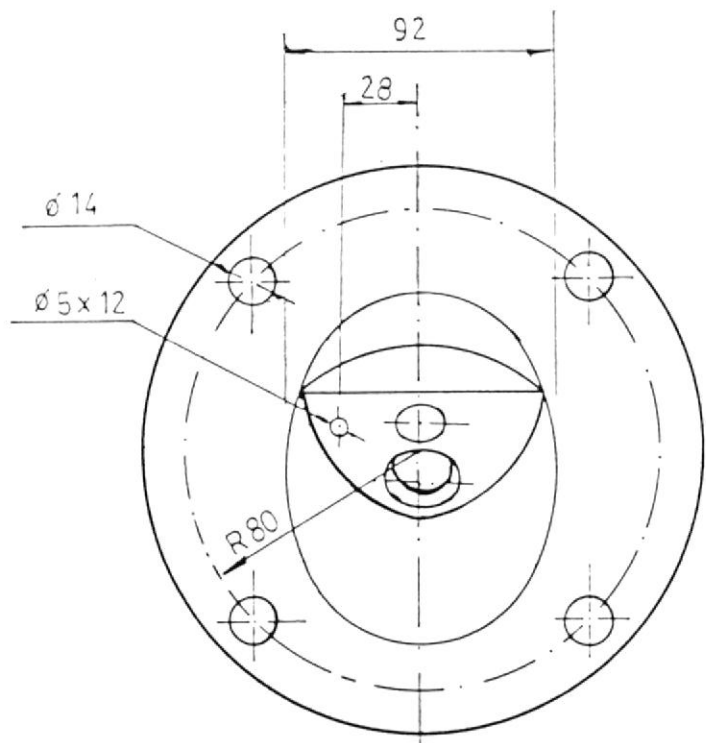
FACULTAD DE
 ING. MECANICA
 ESPOL

SUBCONJUNTO VALVULA
 MEZCLADORA

E
 2:5

PLANO A4
 CANT.: 1

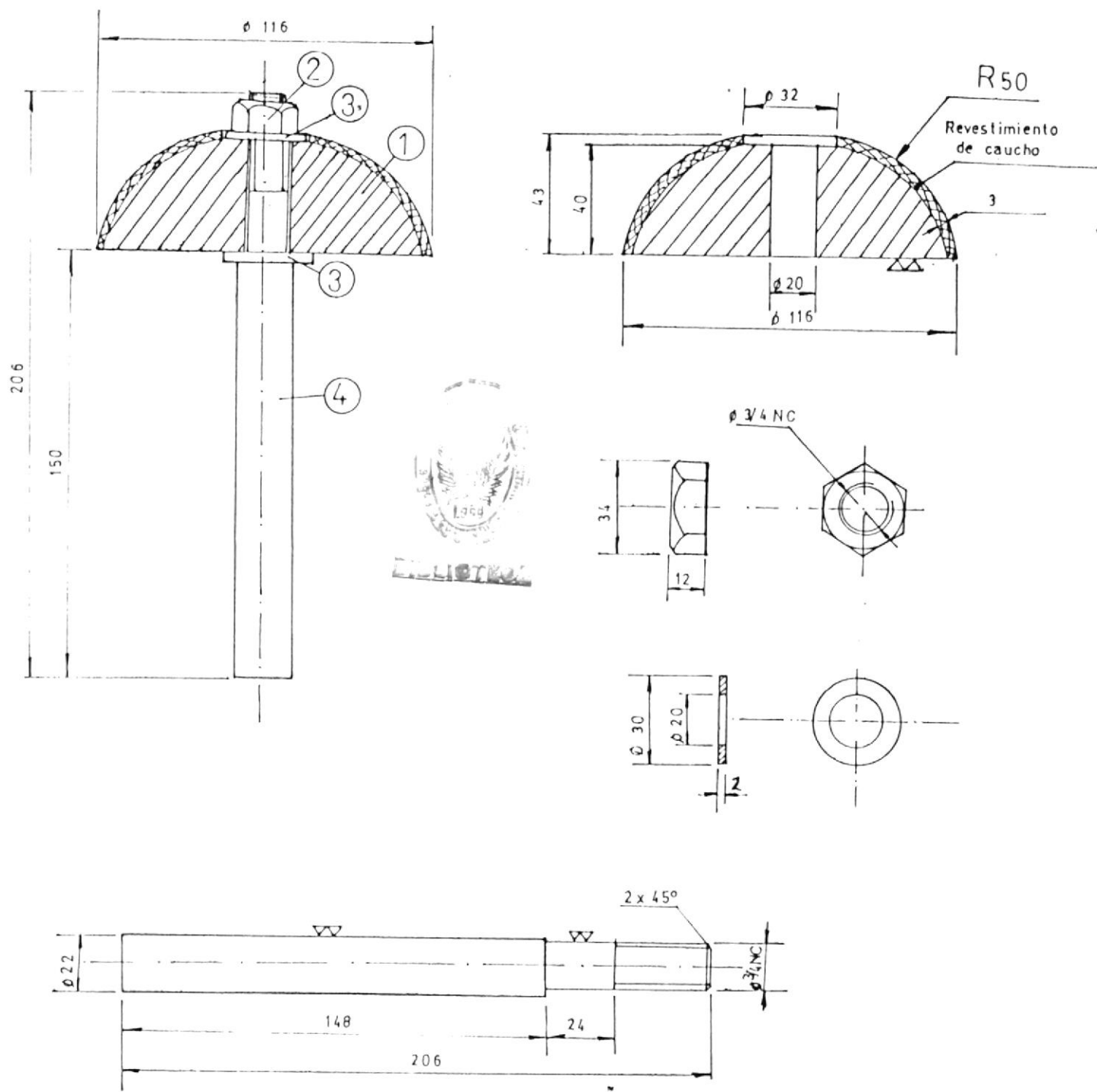




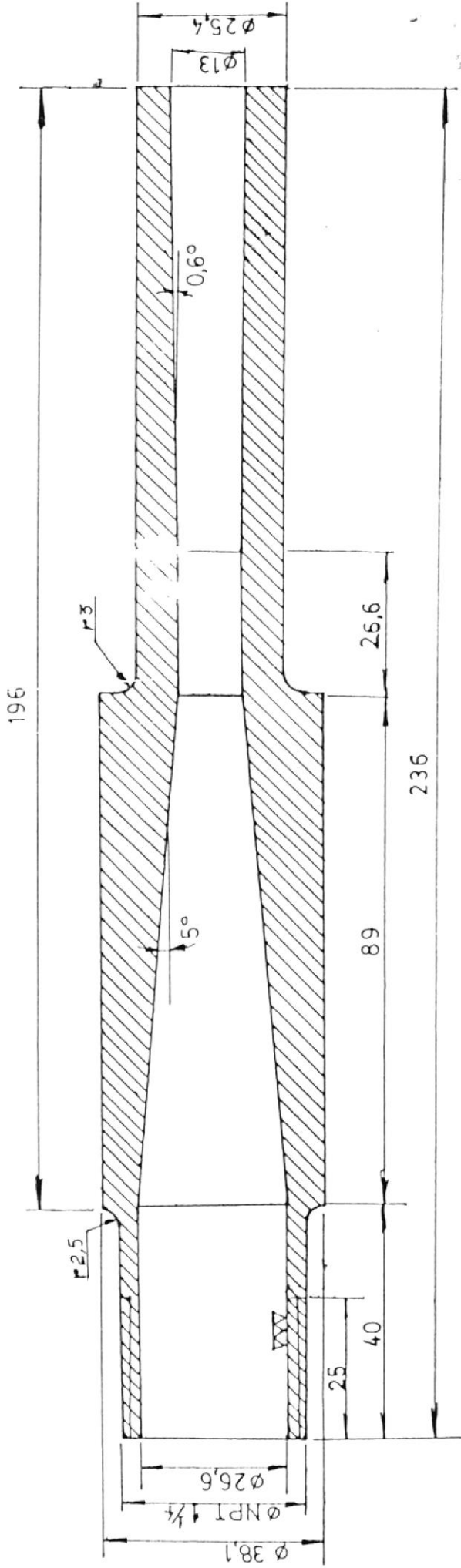
INGENIERIA



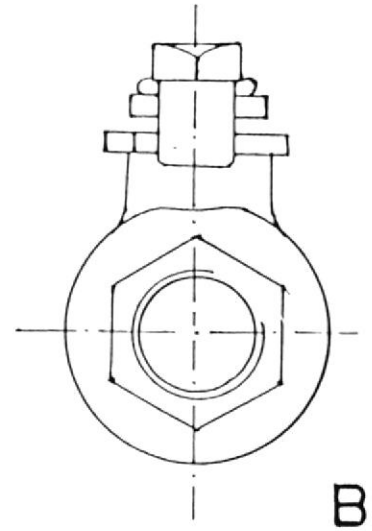
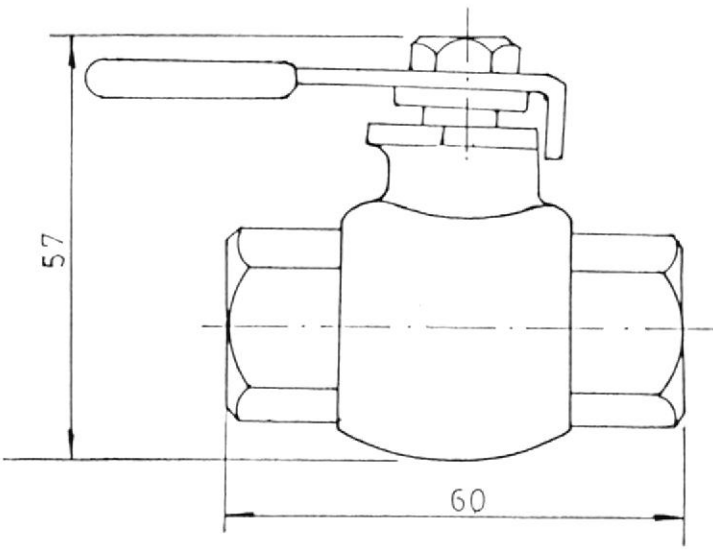
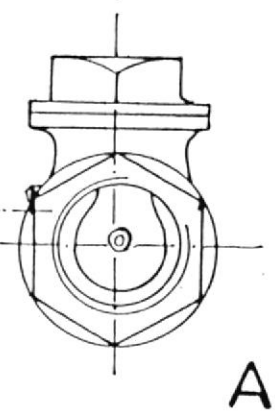
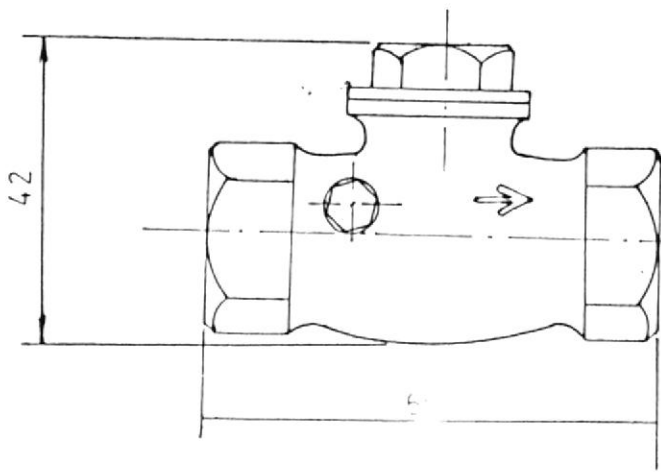
FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING MECANICA	ESPOL
DIBUJO	R.FLORES		
REVISO	R.DUEÑAS		
COMPROB.	A.TORRES		
E	VALVULA MEZCLADORA DE ARENA		
2:5			
R	PLANO A5		MAT.: FUNDICION GRIS CANT.: 1



4	EJE PORTAMASA-TAPON	1	ACERO TRANS.	
3	ANILLO	2	ACERO	
2	TUERCA 3/4 NC	1	ACERO	
1	MASA-TAPON	1	ALUMINIO	REV. CAUCHO
Nº	DENOMINACION	CANT.	MAT.	OBSER !
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	
REVISO		R.FLORES		
COMPR.		R.DUEÑAS		
		A.TORRES		
E	TAPON DE VALVULA NEUMATICA			
1:2				
			PLANO A6	
			CANT : 1	



ESPOL		FACULTAD DE ING MECANICA		BOQUILLA		MATERIAL: ACERO XW5 CANTIDAD: 1	
E		1:1		PLANO A7			
FECHA	NOMBRE	R. FLORES	R. DUEÑAS	A.TORRES			
DBUJO	REVISO						
COMP.							



	FECHA	NOMBRE	FACULTAD DE ING. MECANICA	ESPOL
DIBUJO		R. FLORES		
REVISO		R. DUEÑAS		
COMPR.		A. TORRES		
E		A) VALVULA CHEQUE		
1:1		1/4 - 125 WSP		
		B) VALVULA GLOBO		
		1/4 - 150 SWP - 300 WOG		
		PLANO AB		MAT : ACERO SA3 234
				CANT: 1c/uno



CAPITULO III

CONSTRUCCION DEL EQUIPO

La preparación y conformado del planchaje, se refiere a todo el trabajo que se debe realizar en el taller (construcción). Esto incluye una gran cantidad de actividades que van desde la adquisición de los materiales, hasta el traslado al sitio del montaje de todas las partes conformadas del equipo, por tal motivo, se debe realizar una adecuada planificación para evitar pérdidas de tiempo, las cuales son muy costosas.(12)

Corresponde al Ingeniero constructor realizar la planificación de todo el trabajo a efectuarse en donde se deben de considerar selección de mano de obra, uso de equipos y herramientas, etc.

3.1 ELABORACION DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se inicia la planificación realizando un cronograma de actividades en el cual se especifican todos los trabajos que se van a realizar. Es importante dentro de la planificación tener presente que los trabajos a realizarse sean hechos durante los días la-



borables, esto es de Lunes a Viernes, dejándose como una opción de emergencia efectuar trabajos en horas extras, para el caso que existiere algún imprevisto que atrase la ejecución de la obra, estas horas extras tienen un recargo en su costo normal, lo cual incrementará el costo total de la mano de obra.

Para el caso de este trabajo se ha diseñado un cronograma de actividades que comprende un tiempo estimado de ocho días, el cual se muestra en la Tabla XV.

- SELECCION DE MANO DE OBRA

Es un parámetro importante en la construcción de equipos de arenado industrial ya que tiene relación directa en el costo total de fabricación.

Al Ingeniero Constructor le toca seleccionar el punto de equilibrio entre los siguientes factores: cantidad de personal calificado necesario para la construcción del equipo, costos de mano de obra y tiempos de ejecución.



78

LIBRERIA

TABLA XV CRONOGRAMA DE FABRICACION DE UN EQUIPO DE ARENADO

ACTIVIDADES	TIEMPO EN DIAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Adquisición y recepción de materiales	G ₁							
Fabricación del fondo, cabeza y cilindro			G ₂					
Soldeo de partes prefabricados					G ₃			
Fabricación de la válvula mezcladora de arena y tapón de válvula de cierre neumático más acabado.	G ₄	+	G ₅					
Fabricación del asiento de la válvula de cierre neumático	G ₅	G ₅	G ₅	G ₅				
Fabricación de la boquilla más tratamiento térmico	G ₅							
Ensamblaje de accesorios y puesta a punto						G ₂		

G₁ = transporte

G₂ = conformado

G₃ = soldeo

G₄ = fundición

G₅ = tomero + fresador

Se ha clasificado al personal de acuerdo a sus habi- lidades y experiencia, así tenemos : maestro arma- dor, soldador de primera, ayudante de soldador y ca- da uno de ellos tiene su respectiva tarifa de costo diario, la cual será analizado más adelante en el capítulo de análisis económico. Pero el objetivo de este trabajo y en base al cronograma de activida- des se ha seleccionado cinco grupos de trabajo, los cuales efectuarán las siguientes actividades:

GRUPO #1 : Formado por una persona que compra los materiales y a la vez se encarga de trans- portar dichos materiales y dejarlos en el sitio de trabajo (taller).

GRUPO #2 : Formado por un cortador y un auxiliar, ellos efectuarán la preparación del plan- chaje del cilindro, fondo, cabeza y que a la vez se encarguen del conformado de dichas partes y ensamblaje de las mismas.

GRUPO #3 : Formado por un soldador y un auxiliar, e- fectuarán el soldeo del cilindro, fondo, cabeza y asiento de válvula de cierre neumático.

GRUPO # 4 : Formado por un moldeador, un fundidor y un cuclador del metal fundido, para la fabricación de la válvula mezcladora de arena y tapón del asiento de la válvula de cierre neumático.

GRUPO # 5 : Formado por un tornero de primera quien se encargará de fabricar la boquilla, asiento de la válvula de cierre neumático y darle el acabado a la válvula mezcladora de arena.

Además una persona con experiencia en tratamiento térmico quien se encargue de realizar el tratamiento térmico a la boquilla. En el Grupo #2, para las pruebas y puesta a punto del equipo, además se contará con los servicios de un ingeniero residente que controlará que los trabajos se efectúen de acuerdo a los planos de diseño y al cronograma de actividades.

- USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Es de mucha importancia la adecuada selección de los equipos a utilizarse en la fabricación del cilindro, cabeza y fondo.

Para la fabricación se ha seleccionado la siguiente lista de equipos y herramientas :

- ROLADORA DE PLANCHAS :

Se utilizará una roladora con rodillos tipo pirámide, ajustándola para que role planchas hasta 25.4 mm de espesor.

- MAQUINAS DE SOLDAR :

Se recomienda la utilización de una máquina para soldadura efectiva con electrodo revestido (transformador-rectificador), cuyas características técnicas sean las siguientes : voltaje 220, amperaje hasta 500A, fase trifásica 3ϕ .

- EQUIPOS DE OXICORTE

Se utilizarán equipos de oxipropano para efectuar los cortes de las planchas para el cilindro, cabeza y fondo.

Estos equipos están formados por cilindros de oxígeno, gas propano, juego de mangueras duplex, cortador, gafas y chispero.

- EQUIPO DE PINTURA :

Para un mejor acabado, se ha seleccionado el proceso de pintura a soplete, el cual consta de una pistola, reservorio de pintura, juego de mangueras para transportar el aire comprimido y un compresor de aire de 25 galones de capacidad 90-120 psi con motor de 3 HP-110/220v. 1 ϕ 25 amperios.

- TORNO :

Para el maquinado de la boquilla, asiento de válvula de cierre neumático, refrentado de la válvula mezcladora de arena, se ha seleccionado un torno de puntas, se realizará cilindrado, roscado, refrentado.

- FRESA :

Para el maquinado de los orificios de la válvula mezcladora de arena, posterior al refrentado en el torno, se ha seleccionado una fresadora vertical, utilizándose como herramienta de corte las fresas de vástago.

- HERRAMENTAJE DE TALLER :

Se refiere a las facilidades que debe brindar el

taller comenzando por un espacio físico amplio para la manipulación de los materiales. Se necesitarán herramientas eléctricas como amoladoras, cepillos circulares. Finalmente, todo el herramientaje y utensilios como son : martillos, escuadras, niveles, llave de tubos, juegos de llaves, etc.

- ANALISIS DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se procederá a detallar cada actividad estipulada en el cronograma de fabricación en el taller :

- ADQUISICION/RECEPCION DE MATERIALES

Se procederá a comprar la lista completa de materiales necesarios para la construcción del equipo de arenado industrial.

La recepción del material comprende la revisión del estado de materiales, además deben de cumplir con las características técnicas recomendadas para la construcción del equipo.

- CONSTRUCCION DE LA TOLVA

a) Construcción del fondo y cabeza

b) Construcción del cilindro

a) CONSTRUCCION DEL FONDO Y CABEZA DE FORMA TORICONI
CAL :

Se efectúa la preparación del material correspondiente para el fondo y cabeza.

3.1.1 CONSTRUCCION DEL FONDO Y CABEZA DEL CILINDRO
DE PRESION

Para calcular el fondo y la cabeza del cilindro se tiene que encontrar primero el desarrollo del cono aplicando las siguientes fórmulas :(13)

$$i. \text{ Cálculo } R_{\ell} = \frac{R}{\cos \alpha} \quad (3.1)$$

donde:

$$\alpha = 40^{\circ}$$

$$R = 301 \text{ mm}$$

Reemplazando en (i.) :

$$R_{\ell} = \frac{301}{\cos 40} = 393 \text{ mm}$$

$$D_1 = 2R_{\ell} = 786 \text{ mm}$$

ii. CALCULO DEL ANGULO :

El ángulo γ es el ángulo que se tendrá que cortar en el desarrollo del cono ya calculado para poder conformarlo. Para esto se calcula primero el ángulo β que es igual a :

$$\beta = \frac{r_1}{R} \times 360^\circ \quad (3.2)$$

$$\beta = \frac{301}{393} \times 360^\circ = 275.77^\circ$$

Luego se calcula γ aplicando la siguiente fórmula :

$$\gamma = 360^\circ - \beta \quad (3.3)$$

$$\gamma = 360^\circ - 275.77^\circ = 84,2^\circ$$

El procedimiento seguido es para la prefabricación de un cono recto, sin embargo el objetivo es obtener un perfil tronco cónico o un cono rebordeado. (Véase Gráfico N° 8).

Para la construcción de tapas troncocónicas se hace uso del código ASME 2: 1, el cual nos informa las reglas en la Tabla XVI.

TABLA XVI DATOS NECESARIOS PARA LA FABRICACION DE TAPAS TRONCOCONICAS SEGUN EL CODIGO ASME⁽³⁾

DIMENSION (mm)	ALTURA p EN FUNCION DEL ESPESOR DE LA PLANCHA p = f (t) p es la parte recta (mm)					DIAMETRO DEL CONO		ESPESOR DE LOS MATERIALES (mm)		
								TODOS LOS MATERIALES		ACERO INOX.
	Hasta 3.175	4.76-6.35	7.93-9.52	12.7-15.8	19.05-22.2	Min	Max	Min	Max	Min
r										
0.06 D	10t	15t	20t	25t	30t	500	400	3.175	22.22	48.26

Nota.- Relaciones válidas para los siguientes materiales :

Aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidables, no ferrosos

BIBLIOTECA



a) Se calcula "r" aplicando la fórmula recomendada

$$r = 0.06 D$$

$$r = 0.06 \times 602 \text{ mm} = 36.12 \text{ mm}$$

b) Se calcula "p" en función del espesor de la plancha t.

$$p = f(t)$$

Como el espesor de la plancha es 4 mm aproximamos a 4.76 mm y escogemos $p = f(t)$

$$p = 15 t$$

$$p = 15 \times (4.76 \text{ mm}) = 71.43 \text{ mm}$$

Una vez que se ha calculado todas las incógnitas, se procede a la construcción del tronco-cono, para esto se sigue la siguiente secuencia :

- Se traza el desarrollo del cono considerando el P calculado esto es :

$$D_f = D_1 + p$$

$$D_f = 786 + 71.43$$

$$D_f = 857.4 \text{ mm}$$

- Se traza el diámetro D_1 calculado :

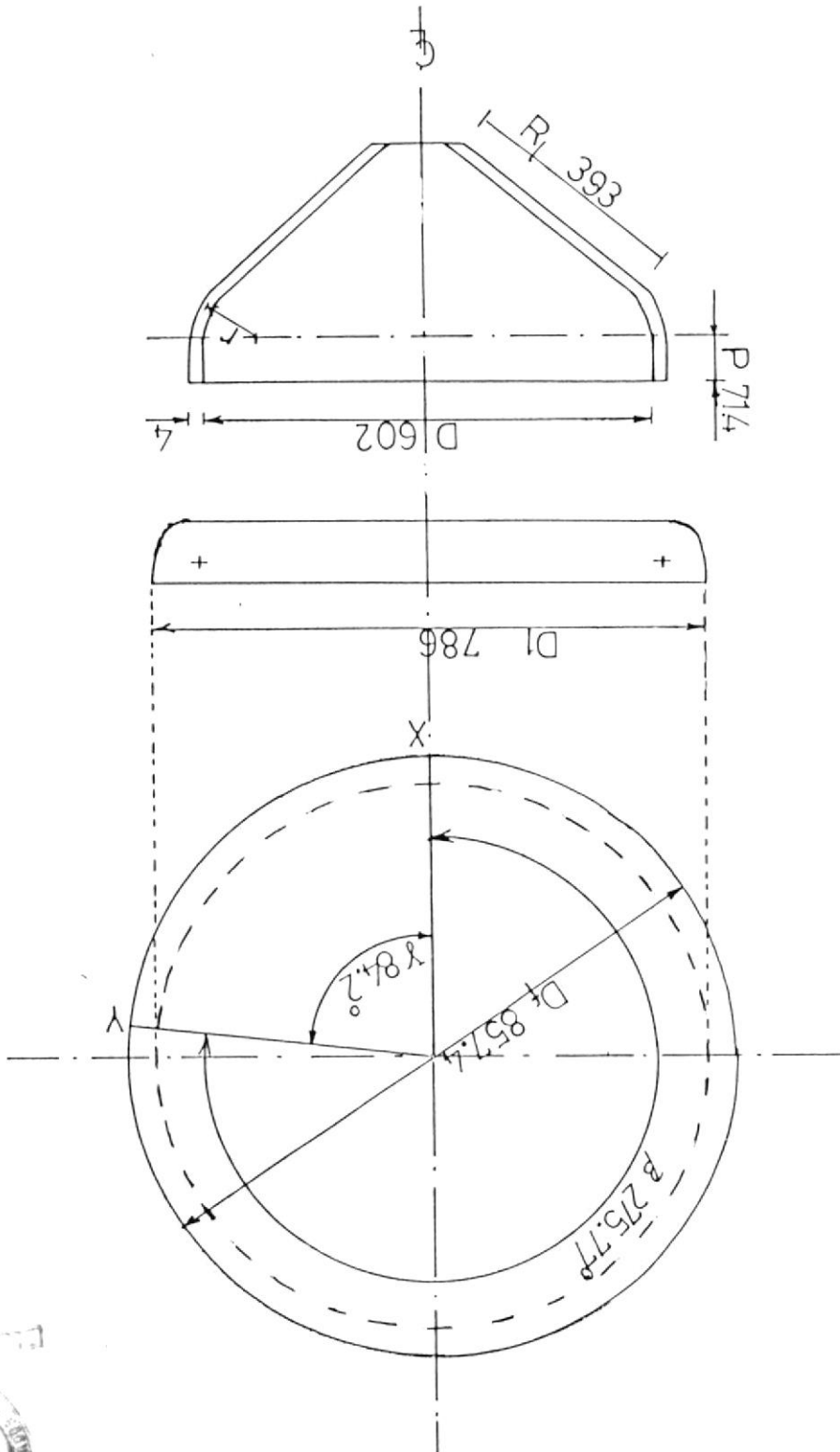
$$D_1 = 786 \text{ mm}$$

- Se rebordea con la ayuda de una dobladora de planchas, la distancia p encontrada.
- Se marca el ángulo γ encontrado, esto es $\gamma = 84.2^\circ$ y se procede a cortar dicho ángulo con la ayuda de un equipo de oxicorte.
- Con la ayuda de tensores, los cuales sujetan las caras X y Y del sector circular se procede a cerrar hasta formar el cono. (Véase Gráfico N° 8).

Luego se hace el visel en V y se suelda usando electrodo revestido E-7018, como pase de raíz y como pase de acabado se suelda con E-6011 ó E-6013.

- Usando una matriz con el radio de curvatura calculado r y con la ayuda de la prensa hidráulica de 50 toneladas de capacidad se obtendrá el radio de curvatura deseada.
- Se corta la punta del cono utilizando un e equipo de oxicorte, dejando finalmente un

Gráfico № 8 CONSTRUCCION DE LA CABEZA Y FONDO TORICONICAL
 (dimensiones en mm.) (13)



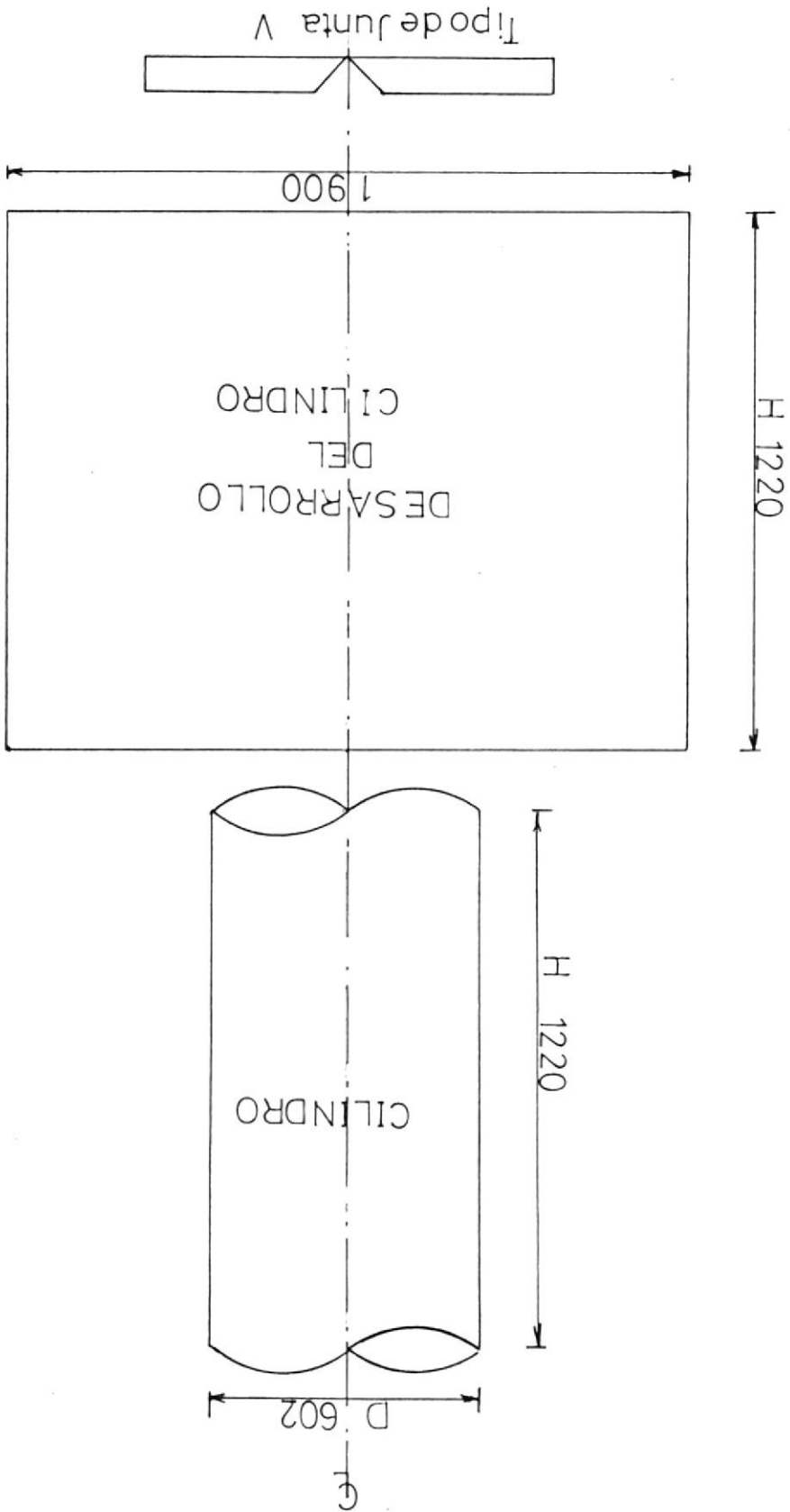
cono truncado.

- En la parte inferior del tronco-cono se suelda a tope con la pared del cono una brida de cierta dimensión según los planos y especificaciones del diseño.

3.1.2 CONSTRUCCION DEL CILINDRO

- Se efectúa el desarrollo del cilindro con ciéndose que el diámetro del cilindro es $D = 60.2$ cm y la altura $H = 122$ cm
Desarrollo = $D = \pi \times 60.2$ cm = 190 cm
- Con la ayuda de la roladora de planchas, se rola la plancha hasta alcanzar el $D = 60.2$ cm
- Se puntea el cilindro a lo largo del eje, con electrodo revestido E 7018.
- Se hace el visel en V por fuera y se comienza a soldar con E 7018 como pase de raíz y con E 6011 ó E 6013 para el acabado.

Gráfico Nº 9 CONSTRUCCION DEL CILINDRO
(dimensiones en mm.)



Una vez conformada las partes principales de la tolva se procede al ensamblaje.

3.1.3 CONSTRUCCION DE LA BOQUILLA

La construcción deberá remitirse a las indicaciones y recomendaciones que existen en los planos de diseño.

La fabricación comprende el torneado del material receiptado; y posteriormente se realiza un tratamiento térmico de templado-revenido hasta alcanzar una dureza de 65 RC.

3.1.4 CONSTRUCCION DE ACCESORIOS

- VALVULA MEZCLADORA DE ARENA :

La construcción deberá remitirse a las indicaciones y recomendaciones que existen en los planos de diseño.

La construcción comienza desde el moldeado de la válvula en arena, luego la fundición del hierro gris y finalmente la cuela del material fundido. Posteriormente que se

realiza el maquinado de la válvula dándole el acabado y las medidas finales recomendadas en los planos. Este acabado se lo realiza con la ayuda del torno que le hace el refrentado y con la ayuda de la fresadora que le hace los orificios necesarios para que circule la arena.

- ASIENTO DE LA VALVULA DE CIERRE NEUMATICO:

Al igual que en el caso anterior, la fabricación deberá remitirse a las indicaciones y recomendaciones que existen en los planos de diseño.

Para la fabricación del asiento de la válvula de cierre neumática se requiere cortar el material, según las indicaciones en los planos A3. Posteriormente, se realiza el maquinado del asiento de la válvula de forma cónica y finalmente se realiza el acabado, lo cual involucra cilindrado, refrentado y roscado.

- FABRICACION DEL TAPON DE LA VALVULA DE CIERRE NEUMATICO :

La fabricación comienza desde el moldeado



del tapón en arena, luego la fundición del metal, en este caso aluminio y finalmente el cuelado del material fundido. Se maquina en el tapón un orificio de $3/4'' \phi$ por donde pasa el vástago del tapón válvula de cierre neumático por un lado y por el otro lado dicho perno lleva una tuerca que sirve para ajustar el tapón contra el vástago del mismo.

Posteriormente, se realiza el acabado, lo cual incluye un recubrimiento hecho en el tapón con caucho. Tiene gran importancia que todo el trabajo relacionado a la fabricación de las partes constituyentes del equipo sean efectuados de acuerdo al cronograma de actividades aprobados, cumpliéndose se la programación y el tiempo de ejecución.

3.2 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO

El montaje comprende todo el trabajo de ensamblaje de las partes construídas en el taller, así como también de los accesorios. Se presentará la secuencia seguida en el taller.

- MONTAJE DE LA CABEZA DE FORMA TORICONICAL

Una vez construido el cilindro según los planos y especificaciones se procede a efectuar el montaje de la cabeza de forma toriconical de acuerdo al plano, y que v^â soldada a tope y a todo el contorno del cilindro, siguiendo el procedimiento de soldadura indicado de electrodo revestido según la AWS; utilizando electrodo E-7018 * 1/8" diámetro como pase de raíz y E-6011 ó E-6013 como pase de acabado, esto se hace por dentro y por fuera, hay que poner atención en efectuar bien las juntas en V para que la penetración sea efectiva; además es importante poner énfasis en todo lo relacionado a la limpieza de las juntas entre cada pase de soldadura, lo cual se realiza utilizando cepillos eléctricos, amoladoras con discos de abrasión y desbaste, etc.

Separadores, posicionadores serán utilizadas para evitar que la cabeza se mueva o se deforme en el momento que se efectúa la soldada.

Posteriormente, se procede a soldar en la cabeza el asiento de la válvula de cierre neumático (BRIDA) siguiendo los planos y especificaciones.

- MONTAJE DE ACCESORIOS (GASFITERIA)

De acuerdo a los planos y especificaciones se ensambla todo lo que corresponde a los accesorios de gasfitería entre los cuales tenemos: codos, ne

plos de diversos tamaños, válvula de bola, válvula cheque, tee, tee de cuatro vías. Se hace uso para esto de herramientas tales como llaves de tu bos.

- MONTAJE DEL FONDO DE FORMA TORICONICAL

De acuerdo a los planos y especificaciones se procede a realizar el montaje del fondo, una vez efectuado el montaje de la cabeza y los accesorios.

Para el montaje del fondo y por la falta de accesibilidad al interior, esto es la imposibilidad de soldar por dentro, se procede a puntear una platina colada en el extremo inferior del cilindro, por dentro del cilindro, dejando medio centímetro aproximadamente que sobresalga y que nos permitirá que el fondo toriconical asiente sobre esta platina y que el pase de raíz sea efectuada con electrodos E-7018 * 1/8" de diámetro, luego se realiza la junta en V y se procede a efectuar otro pase con soldadura E-7018 * 1/8" diámetro fi

nalmente se realiza un pase con soldadura E-6013 ó E-6011 como pase de acabado. Al igual que en los casos anteriores es importante poner énfasis en todo lo relacionado a la limpieza de la junta entre cada pase de soldadura, lo cual se realiza utilizando cepillos eléctricos y amoladoras con discos de abrasión y de corte, etc. Al final del cono se suelda a tope una brida que va a soportar a la válvula mezcladora de arena que es por donde fluirá la arena, contenida en el interior de la tolva.

Una vez realizado el montaje de las diversas partes se procede al acabado de la tolva, lo cual implica pintarla y posteriormente la puesta a punto que constituye las pruebas e inspección.

- INSPECCION (PRUEBAS)

La inspección tiene que ver con la verificación de las normas o regulaciones emitidas por las instituciones enunciadas en el Cap. II, así como también con la realización de ciertas pruebas que se dan en el equipo ya terminado para determinar fallas de servicio.(5)

El inspector que es la persona encargada de realiz



zar la inspección tiene que estar familiarizado con las técnicas de fabricación y montaje empleadas en soldadura.

Además las normas pueden exigir que se realicen ciertas pruebas con el metal base y en la soldadura. Estas pruebas son las destructivas y no destructivas.

- ENSAYOS EN SOLDADURA

Los electrodos de acero dulce para soldaduras al arco tienen que resistir los tres ensayos mecánicos siguientes :

- a) Ensayo de tracción sobre la soldadura
- b) Ensayo de flexión dirigido
- c) Ensayo de soldadura en ángulo.

Por último, parte de la inspección comprende pruebas que se realizan al equipo, previo a la entrega.

- PRUEBA NEUMÁTICA

El código ASME establece una presión de prueba de 1.056 Kg/cm² (15 psi) y utilizando solución jabonosa

sa se comprueba si existen fugas en los cordones de soldadura.

- PRUEBA HIDROSTATICA

Esta prueba consiste en someter al tanque terminado a su presión hidrostática, llenando el tanque hasta una presión de 1 - 1.5 veces la presión máxima de diseño multiplicado por la razón más baja entre el valor del esfuerzo (S) por la temperatura de prueba del recipiente al valor del esfuerzo (S) por la temperatura de diseño.

Cualquier defecto en la soldadura queda determinada al producirse la salida del líquido al exterior del tanque.(5)

CAPITULO IV

ANALISIS ECONOMICO

El capítulo de análisis económico involucra una revisión detallada de cada una de las actividades contempladas en el proceso de fabricación del equipo de arenado industrial. El análisis económico se efectuará en base al cronograma general detallado en el capítulo III, acerca de las actividades de fabricación desarrolladas en el taller.

Del análisis del cronograma se obtienen diferentes rubros que tienen una relación directa con el costo total del equipo, los cuales son :

- MATERIALES DIRECTOS

Se consideraran todos los materiales que formarán el equipo como por ejemplo : la plancha de acero, accesorios, pernos, pintura, etc.

- MATERIALES INDIRECTOS

Se consideraran todos los materiales necesarios para la ejecución de la obra, por ejemplo : electrodos de soldadura.

dar, oxígeno, gas, discos de corte, discos de esmerilar, guantes, gafas de oxicorte, máscara de soldar, etc.

- MANO DE OBRA

Se consideran todos los costos del personal necesario para ejecutar la obra.

- USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Se consideran todos los costos de utilización de equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la obra.

- TRANSPORTE

Se consideran los costos de traslado de los materiales.

- DIRECCION TECNICA

Se consideran todos los costos destinados a pagar los servicios profesionales de las personas que trabajarán en la obra, por ejemplo : Ingeniero residente de la obra, Ingeniero calculista, etc.

- IMPREVISTOS

Es recomendable considerar un valor adicional para proteger a la empresa constructora en caso que ocurra algún imprevisto como por ejemplo : subida del costo de los materiales.

- UTILIDADES

Se considera el beneficio económico de la empresa constructora. Para efectuar el resumen parcial de los costos de los materiales directos, materiales indirectos, mano de obra, uso de equipos y herramientas y transporte. Se utilizarán los costos unitarios publicados en los boletines de algunas instituciones como por ejemplo : Índice de precios del INEC.

Boletín Técnico de la Cámara de la Construcción de Guayaquil.

Precios del Comercio Nacional

TABLA XVII ANALISIS ECONOMICO

a) MATERIALES DIRECTOS :

ZONA	CANTIDAD	D E N O M I N A C I O N	PRECIO S/ UNITARIO	PRECIO S/ TOTAL
Cilindro	1	Plancha 1.22 x 2.44 x 3 mm acero A-283	31.546	31.546
	1	Codo a 90° de hierro fundido 31.75 mm ϕ	9.000	9.000
	1	Tubo hierro negro SCH 40*1 1/4 " ϕ *6 m	10.000	10.000
	3	TEE A 289 WPB*31.75 mm ϕ	9.000	27.000
	2	Válvula globo A 289 grado WPB de 31.75 mm	30.000	60.000
	1	Doble T de hierro fundido * 31.75 mm	10.000	10.000
	2	Codos a 45° de A 289 WPB * 31.75 mm ϕ	9.000	18.000
	1	Válvula cheque de A 289 WPB * 31.75 mm ϕ	30.000	30.000

	2	Uniones universales de hierro fundido * 31.75 mm ϕ	9.000	18.000
	1	Y de hierro fundido * 31.75 mm ϕ	9.000	9.000
	1	Válvula mezcladora de arena de fundición gris + maquinado	60.000	60.000
	1	Tapón de válvula de cierre neumático	30.000	30.000
	1	Asiento de válvula de cierre neumático	30.000	30.000
	1	Manómetro 0-105 Kg/cm ²	25.000	25.000
	1	Boquilla de acero XWS SAE D6 (D3) más tratamiento térmico	60.000	60.000
	20	Manguera (m)	10.000	200.000
			SUB-TOTAL	s/. 645.046

b) MATERIALES INDIRECTOS :

CANTIDAD	UNIDAD	D E N O M I N A C I O N	PRECIO S/ UNITARIO	PRECIO S/ TOTAL
3	Kg	Soldadura E 7018	4.000	12.000
1	carga	Oxígeno (m ³)	3.800	3.800
1	carga	propano (10 Kg)	700	700
1	disco	corte ϕ 175 mm x 3 mm	2.000	2.000
1	litro	diluyente	700	700
2	pares	guantes para soldar	3.000	3.000
2	pares	guantes para maniobrar	2.000	2.000
2	palillos	tiza de mármol	200	200
1	disco	abrasión ϕ 175 mm * 6 mm	2.000	2.000
			SUB-TOTAL	s/. 26.400

BIBLIOTECA



c) MANO DE OBRA

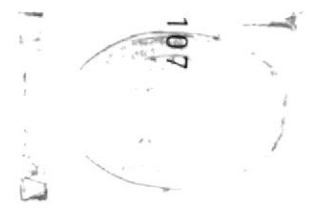
CANTIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPO ESTIMADO DE TRABAJO (días)	SALARIO DIARIO S/.	TOTAL S/.
1	Maestro armador	5	4.000	20.000
1	Soldador de primera	1	3.000	3.000
1	Cortador	1	3.000	3.000
1	Ayudante de soldador	1	1.800	1.800
1	Auxiliar	1	1.800	1.800
1	Operador del equipo de arenado	1	1.800	1.800
			SUB-TOTAL	s/. 31.400,00

d) USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

CANTIDAD	D E N O M I N A C I O N	DIAS DE TRABAJO	COSTO DIARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
1	Roladora	2	24.000	48.000
1	Dobladora	2	12.000	24.000
1	Soldadora	1	12.000	12.000
1	Prensa de 50 ton.	1	16.000	16.000
1	Equipo de corte	1	12.000	12.000
1	Equipo de pintura	1	8.000	8.000
1	Amoladora	1	4.000	4.000
1	Herramientaje	1	4.000	4.000
			SUB-TOTAL	s/. 128.000



e) TRANSPORTE		
Compra de materiales	s/. 4.000,00 (por hora)	8.000
		<u>8.000</u>
	SUB-TOTAL	s/. 8.000
RESUMEN ECONOMICO		
a) Materiales directos		645.046
b) Materiales indirectos		26.400
c) Mano de obra		31.400
d) Uso de equipos y herramientas		128.000
e) Transporte		8.000
	COSTO NETO	s/. 838.884
Dirección técnica 10% del costo neto		83.884,6
Gastos generales 10% del costo neto		83.884,6
Utilidad 30% del costo neto		251.665,2
		<u>251.665,2</u>
		s/. 419.442,0
	COSTO TOTAL	s/. 1'258.326,0



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una vez realizado este trabajo se concluye que se ha alcanzado el objetivo propuesto al inicio, esto es el de haber contribuido en parte al desarrollo de la tecnología apropiada o intermedia, al presentar un trabajo que es perfectamente factible de ejecutarlo gracias a la posibilidad de encontrar los materiales en el mercado local, necesarios para su construcción, así como también a los métodos de fabricación aquí sugeridos.
- Por otra parte, del análisis económico realizado se llega a estimar que el costo total de la obra alcanza un 40% del valor de los equipos importados.
- Todo esto nos lleva a pensar lo conveniente que resulta construir localmente el equipo contribuyendo al desarrollo de la producción nacional, evitando de esta forma la importación, con el consiguiente ahorro de divisas.
- Finalmente de los anteriormente expuesto y gracias al corto tiempo de fabricación del equipo se sugiere la fabricación en serie del mismo.



Entre las recomendaciones tenemos :

- Se recomienda para evitar fallas durante el funcionamiento del equipo que todas sus partes sean revisadas antes de arrancarlo; esto involucra revisar el compresor, mangueras, válvulas, boquillas.
- Se recomienda tamizar y secar la arena antes de ser vaciada al interior de la tolva para evitar que puedan existir obturaciones en la boquilla y válvula mezcladora de arena con el consiguiente peligro que esto involucra para el operador y ayudante del equipo.
- Como trabajo futuro se recomienda efectuar ciertas modificaciones en el control de flujo másico del abrasivo y caudal de aire, de tal forma que sea sólo una persona la que opere el equipo, lográndose con esto disminuir los costos de mano de obra.
- Se recomienda que el operador del equipo y su ayudante usen las debidas protecciones de seguridad, la cual consiste en protectores de cuero y máscaras con filtros de carbono contra polvos.

BIBLIOGRAFIA

1. Steel Structures Painting Council, Pictorial Surface Preparation Standards for Printing Steel Surfaces (United States of America, 1982).
2. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Corrosao e Protecão contra Corrosao de Metais (5a. edición; Sao Paulo-Brasil, 1983).
3. American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Presurre Vessel Code, Section VIII (New York : ASME, 1968).
4. American Society for Testing and Materials, Ferrous Metals Specifications, Part 1 (United States of America, 1958).
5. I. Panchana, "Montaje de almacenamiento utilizando el método de elevación uniforme" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988).
6. Blast Cleaning and Allied Processes, Volumen 1 (Great Britain : 1972).

7. E. P. Popov, Introducción a la mecánica de sólidos (México : Limusa, 1980).
8. Dinámica de gases (Folleto, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1982).
9. Automatización neumática (Folleto, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988).
10. Pérdidas de presión a través de los sistemas neumáticos, Guayaquil, Agosto 1988 "Clases de automatización Neumática, por E. Orcés" (Guayaquil : Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988).
11. I. Bohman, Catálogo de los Aceros ASSAB para Herramientas (Guayaquil : 1988).
12. P. Degarmo, Materials and Processes in Manufacturing (United States of America, 1959).
13. L. Arrizabalaga, Calderería Técnica #2 (Madrid : 1979).