

621.8
FR1e
C.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

**"Diseño y Construcción de una
Maquina Lavadora de Baterías"**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Alex Rabindranath Frías Zuberbühler

Guayaquil - Ecuador

1997

AGRADECIMIENTO

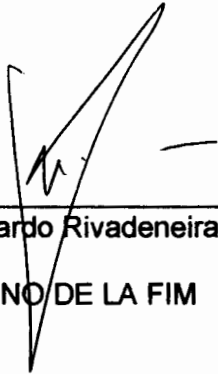
**Al Dr. Wolfgang Garske,
Director de Tesis;
Al Ing. Konrad Kaul,
Al Sr. Miguel Díaz,
y a todo el personal
del taller mecánico de
Baterías LUX, por todo el
apoyo brindado en la
realización de este trabajo.**

DEDICATORIA

A MI ESPOSA
A MIS PADRES
A MI HERMANA
A MI HIJA NICOLE.

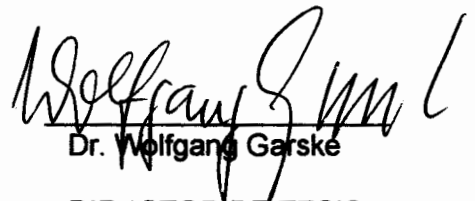


TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.

DECANO DE LA FIM



Dr. Wolfgang Garske

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Manuel Helguero

VOCAL



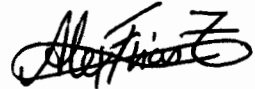
Ing. Marcelo Espinosa

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Alex Frías Zuberbühler

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño y la construcción de una máquina lavadora de baterías que va a ser implementada dentro del proceso tecnológico de fabricación en la empresa Baterías LUX, con el fin de optimizar el proceso de lavado, ahorrar agua y contribuir con el cuidado del medio ambiente

En esta tesis se explica primeramente el proceso tecnológico de fabricación de baterías, para analizar las desventajas del sistema de lavado actualmente utilizado y comprender la importancia de introducir la máquina lavadora al proceso.

Luego se detalla el diseño de cada una de los sistemas que comprenden la máquina y se describe los pasos necesarios para la construcción de las diferentes partes de estos: el sistema transportador, el sistema de distribución de agua y el sistema de secado. Posteriormente se explica la introducción de la máquina al proceso y las pruebas efectuadas con los resultados obtenidos y las mejoras que se tuvieron que realizar.

Este trabajo incluye además un análisis del mejoramiento ambiental que se logra con la implementación de la máquina al proceso. Siendo este tema una de los principales motivos que llevaron a la realización de este proyecto.

Finalmente se calcula el costo total de la máquina y se lo compara con el costo del actual proceso de lavado y con el precio de máquinas similares en el mercado

internacional. Además se incluye un plan de mantenimiento preventivo y una guía para poder resolver fallas comunes que puedan presentarse.

Este trabajo es una aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en las diversas ramas de la ingeniería mecánica, combinados para resolver un problema real dentro de la industria y con una solución beneficiosa para el medio ambiente y la sociedad.



ÍNDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.	XI
ÍNDICE DE TABLAS.	XIII
ABREVIATURAS.	XV
SIMBOLOGÍA.	XVII
CAPITULO I	
1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA.	19
CAPITULO II	
2. ANALISIS DE LA SITUACIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL.	23
2.1. Alternativas existentes para el lavado de baterías.	23
2.2. Proceso tecnológico de la fabricación de baterías	25
2.2.1. Método utilizado para la fabricación	25
2.2.2. Características técnicas de las baterías	52
2.3. Proceso actual de lavado de las baterías.	60
2.4. Breve descripción de la máquina lavadora	67
2.5. Conclusiones parciales	69

CAPITULO III

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO.	72
3.1 Parámetros a considerar en el diseño	72
3.2 Requerimientos técnicos para la construcción.	74

CAPITULO IV

4. CÁLCULO Y PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.	76
4.1. Elección de los materiales.	76
4.2. Estructura de la máquina.	82
4.3. Sistema transportador	101
4.4. Distribución de las tuberías para agua.	130
4.5. Descripción del ciclo de lavado de las baterías.	134
4.6. Sistema utilizado para el secado de las baterías.	137
4.7. Entrada y salida de las baterías.	140
4.8. Montaje y fabricación del conjunto.	141

CAPITULO V

5. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LAVADO Y SECADO. ...	144
5.1. Selección del sistema de tuberías.	144
5.2. Selección de la bomba y motor.	148
5.3. Cálculo y selección del ventilador.	157

CAPITULO VI

6. PRUEBA Y EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA EN EL PROCESO PRODUCTIVO 170

CAPITULO VII

7. ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS. 178

CAPITULO VIII

8. PLAN DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE FALLAS DE LA MÁQUINA. 189

CAPITULO IX

9. ANÁLISIS DE MEJORAS EN EL PROCESO. 197

CAPITULO X

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.200

ANEXOS203

BIBLIOGRAFÍA. 235

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Fig. 2.1	Flujograma del proceso de fabricación de baterías 27
Fig. 2.2	Máquina rejilladora 30
Fig. 2.3	Máquina empastadora 35
Fig. 2.4	Máquina para colocar sobres 39
Fig. 2.5	Soldado de grupos de placas 41
Fig. 2.6	Grupos dentro de la caja 43
Fig. 2.7	Máquina para soldar puentes 44
Fig. 2.8	Máquina de sellado térmico de las baterías. 46
Fig. 2.9	Proceso de llenado de las baterías con el electrolito (precarga) . . 49
Fig. 2.10	Área de carga eléctrica de las baterías 51
Fig. 2.11	Diagrama tecnológico del proceso de fabricación de las baterías . . 54
Fig. 2.12	Proceso actual de lavado de las baterías 62
Fig. 2.13	Algunos aspectos negativos del actual proceso de lavado 63
Fig. 2.14	Corrosión debido al ácido sulfúrico 65
Fig. 2.15	Carros utilizados para el transporte de las baterías. 66
Fig. 2.16	Esquema de la máquina lavadora de baterías 68
Fig. 4.1	Estructura de la máquina 85
Fig. 4.2	Diagrama de cargas de la viga 87
Fig. 4.3	Fuerzas y momentos en la viga 92

	<u>Pág.</u>
Fig. 4.4	Esquema de un transportador de banda 102
Fig. 4.5	Sistema transportador 107
Fig. 4.6	Grapa para unir la banda 117
Fig. 4.7	Dimensiones generales de los motorreductores 126
Fig. 4.8	Diagrama de selección rápida de cadenas 129
Fig. 4.9	Reservorio de agua 138
Fig. 5.1	Esquema de duchas 146
Fig. 5.2	Boquillas utilizadas para el lavado 147
Fig. 5.3	Curva característica de la bomba SERFILCO modelo H3450BL .. 158
Fig. 6.1	Cambio en el diseño del difusor de aire 173
Fig. 6.2	Agujeros realizados a la banda transportadora 175
Fig. 6.3	Máquina lavadora de baterías (entrada) 176
Fig. 6.4	Máquina lavadora de baterías (salida) 177
Fig. 8.1	Panel eléctrico. 196

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
Tabla 2.1	Tipos de baterías y dimensiones 58
Tabla 4.1	Características técnicas del acero inoxidable AISI 304 78
Tabla 4.2	Características técnicas del acero inoxidable AISI 316 79
Tabla 4.3	Dimensiones de las planchas de acero inoxidable AISI 304 en el mercado 80
Tabla 4.4	Dimensiones de las planchas de acero inoxidable AISI 316 en el mercado 81
Tabla 4.5	Tipos de carga en una viga continua 89
Tabla 4.6	Tabla selectora de electrodos para soldar acero inoxidable . . . 97
Tabla 4.7	Características técnicas del electrodo R60 98
Tabla 4.8	Características técnicas del electrodo R63 99
Tabla 4.9	Peso de algunos tipos de baterías 122
Tabla 4.10	Dimensiones de los motorreductores BONFIGNOLI 127
Tabla 7.1	Costo de los materiales utilizados en la máquina lavadora de baterías 180
Tabla 7.2	Costo de las máquinas y equipos utilizados en la máquina lavadora de baterías 181
Tabla 7.3	Costo de la mano de obra empleada en la máquina lavadora de baterías 183

Tabla 7.4	Análisis total de costos de la máquina lavadora de baterías	184
Tabla 7.5	Costos operativos del proceso antes y después de la utilización de la maquina lavadora de baterías.	185
Tabla 8.1	Plan de mantenimiento periódico de la máquina lavadora de baterías	193
Tabla 8.2	Guía de fallas de la máquina lavadora de baterías	194

ABREVIATURAS

A	Amperio
Ah	Amperio hora
AISI	Instituto americano del hierro y el acero
ASA	Asociación americana de standard
bat.	Batería
BF	Borne fino
cm	centímetro
dm ³	decímetro cúbico
Fig.	Figura
g	gramo
Gal	Galones
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
hbm	hombre-hora-máquina
HP	Caballos de fuerza
Hz	Hertz
J	Joule
kg	Kilogramo
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
mg	miligramo

min.	Minuto
mm	milímetros
MPa	Megapascal
N	Newton
°C	Grados Celsius
PbO	Oxido de plomo
pH	Potencial hidrógeno
PVC	Cloruro de polivinil
rad	Radianes
s	Segundo
SAE	Sociedad americana de ingenieros
TA	Tipo americano
US\$	Dólar americano
V	Voltio
W	Vatios
1/min	revoluciones por minuto

SIMBOLOGÍA

$\bar{a}\bar{b}$	=	Coordenadas del centroide de un área del diagrama de momentos
τ	=	Esfuerzo cortante
ψ	=	Ángulo de rendimiento
ρ	=	Densidad
η	=	Factor de seguridad
ω	=	velocidad angular
ν	=	Viscosidad cinemática
σ_{adm}	=	Esfuerzo admisible
η_l	=	Eficiencia del ventilador
η_m	=	Eficiencia mecánica
σ_{max}	=	Esfuerzo máximo
ΣM_{der}	=	Sumatoria de momentos a la derecha
ΔPt	=	Pérdida de presión en ductos
A	=	Área
b	=	Ancho de la viga
c	=	Distancia del eje neutro a la fibra mas alejada
D	=	Diámetro del ducto o tubería
d	=	Distancia
D_2	=	Diámetro del ventilador
D_e	=	Diámetro equivalente
D_q	=	Diámetro específico
e	=	Rugosidad en el ducto
f	=	Factor de fricción en las paredes de las tuberías
F	=	Fuerza
g	=	Gravedad
h	=	Altura de la viga
I	=	Momento de inercia
J	=	Momento polar de inercia

l	=	Longitud del ducto
L_1	=	Distancia entre apoyo 1 y 2
L_2	=	Distancia entre apoyo 2 y 3
m	=	Masa
M_1	=	Momento en apoyo 1
M_2	=	Momento en apoyo 2
M_3	=	Momento en apoyo 3
M_4	=	Momento en apoyo 4.
n	=	Frecuencia angular
n_q	=	Frecuencia angular específica
P	=	Potencia
Q	=	Caudal de aire
R_1	=	Reacción en apoyo 1
R_2	=	Reacción en apoyo 2
R_3	=	Reacción en apoyo 3
R_4	=	Reacción en apoyo 4
R_o	=	Número de Reynolds
S	=	Módulo resistente de la viga
S_m	=	Módulo resistente admisible
T	=	Torque
t	=	Tiempo
u	=	Perímetro
V	=	Volumen
v	=	Velocidad
W	=	Peso
w	=	Peso por unidad de longitud.
Y_t	=	Pérdidas de presión por gravedad y altura

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA

La producción de baterías es bastante amplia, debido a la gran demanda existente en el mercado. Para construir una batería se necesita primero fabricar los elementos a utilizarse dentro de ella, luego se los ensambla y se los coloca en una caja plástica que se sella con su tapa. La batería se llena luego con ácido sulfúrico y se la carga eléctricamente. Al cargar la batería quedan residuos de ácido sulfúrico en la tapa de la misma. La batería luego es lavada con agua, que se mezcla con el ácido sulfúrico residual y forma una solución ácida que se evacua al medio ambiente por el desagüe o, en otros casos, se la almacena en unas piscinas y se la trata químicamente. En el caso que el agua acidulada no sea tratada antes de ser evacuada, se ocasiona un peligro para el ecosistema ya que afecta a la flora y fauna de los ríos y no puede ser consumida por el hombre.

Con el paso de los años y el avance de la tecnología, el hombre interviene cada vez menos en los procesos de fabricación. La ventaja de utilizar máquinas en lugar de mano de obra, es que se logra un trabajo más rápido y eficiente, lo que aumenta la productividad de las empresas. La mayoría de los procesos de fabricación de las partes de las baterías son realizados por máquinas. Uno de los pasos de la construcción de baterías que no ha sido automatizado en las



empresas del Ecuador es precisamente el proceso de lavado. El lavado actualmente utilizado tiene las desventajas de que ocupa mucho espacio, se desperdicia gran cantidad de agua, toma mucho tiempo y mano de obra, además de que contamina el medio ambiente.

Por esta razón se ha pensado diseñar una máquina, que pueda reemplazar el actual sistema utilizado por uno más técnico y ecológico. La máquina que se ha diseñado y que en las páginas posteriores se detalla, consiste en un sistema transportador que conduce a la batería mientras se realiza el proceso de lavado y secado. Este transportador permite que el lavado de las baterías sea parte de la línea de producción y no un proceso aislado. De esta manera se ahorra tiempo y espacio. Por otro lado el agua que se utiliza en el lavado se la hace recircular de tal manera que no se gaste tanta cantidad de agua y que a la vez ésta no sea evacuada al medio ambiente.

Antes de diseñar esta máquina, se debe tener una idea clara sobre cada uno de los pasos del proceso de fabricación de las baterías, para poder establecer el lugar conveniente donde se necesita implementar esta máquina. Este trabajo explica paso a paso los procesos de fabricación de las baterías y en especial el actual sistema de lavado, para poder comprender las ventajas del nuevo sistema que se sugiere implementar con la máquina.

Para diseñar esta máquina se debe tomar en cuenta muchos factores como: el espacio disponible para la máquina, la cantidad de baterías que deben ser

lavadas por unidad de tiempo, lo cual va relacionado con la producción diaria de baterías; los materiales que deben ser utilizados en la misma para evitar la corrosión; una relación costo - beneficio tomando en cuenta la inversión que se va a hacer, y las ventajas que una máquina de este tipo significaría.

Para esto hay que hacer cálculos y seleccionar transportadores, motores, cajas reductoras, bombas y ventiladores. Se debe escoger las vigas para la estructura, rodamientos, chumaceras, ejes, rodillos, bandas, cadenas, engranajes, sistemas de distribución de agua y demás detalles que complementan un buen diseño.

Con este trabajo se busca aplicar los conocimientos de la ingeniería mecánica y de sus múltiples disciplinas para dirigirlos hacia la preservación del medio ambiente. La importancia de esta máquina es que no va a quedar en un simple proyecto sino que va a ser implementada en el proceso de producción de la fábrica de baterías LUX.

Ninguna empresa en este país cuenta con una máquina de este tipo, ya que los costos de máquinas similares fabricadas en el extranjero son muy elevados. Además hasta hace pocos años las inversiones dirigidas hacia la preservación del medio ambiente no eran tomadas muy en cuenta por las empresas, ya que consideraban al medio ambiente como el sumidero de todos los desechos industriales. Actualmente las políticas de las empresas y la manera de pensar de la sociedad en general ha ido cambiando en beneficio del ecosistema. La mejor

forma de incentivar a las empresas a invertir en favor del medio ambiente es lograr que esta inversión a la vez signifique mejorar sus procesos y aumentar su productividad. Con esta máquina se espera precisamente lograr estos dos objetivos, los mismos que tienen principal atención en esta Tesis.

Cabe resaltar la iniciativa de la fábrica de Baterías LUX y de su Gerente Técnico, Ing. Konrad Kaul, por haber apoyado este proyecto. Es necesario además hacer un agradecimiento especial a todo el personal de mantenimiento de la empresa, en especial al Sr. Miguel Díaz por todo el apoyo brindado en la fabricación de la máquina.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL

2.1. ALTERNATIVAS EXISTENTES PARA EL LAVADO DE BATERÍAS

Actualmente el lavado de baterías se realiza de manera manual o mediante la utilización de máquinas en las diferentes empresas fabricantes de baterías. El lavado manual se realiza bañando con agua y jabón las baterías y utilizando un trapo. En este proceso no se reaprovecha el agua y se evacua al medio ambiente. Para evitar este gasto excesivo de agua y la contaminación del ambiente se buscó la existencia de una máquina en el mercado nacional e internacional que pueda realizar el proceso de lavado. En el mercado nacional no se encontró ninguna máquina de este tipo. Revisando la revista "Battery Man" /1/, que circula mensualmente y presenta contenidos de interés para los fabricantes de baterías alrededor del mundo, se encontró las siguientes alternativas.

La empresa norteamericana TROPICAL INDUSTRIAL PLASTICS, Inc. fabrica una máquina, la cual debe ser cargada de cierto número de baterías, y luego mediante una pistola se dispara agua a 6,894 MPa de presión sobre la superficie de la batería, con un gasto de 0,7 m³/h. El agua se recircula y un medidor de pH indica el momento en que debe ser evacuada. Las baterías son cargadas y descargadas de la máquina luego del lavado.

El costo de esta máquina es de US\$ 9 500. Esta máquina tiene la desventaja de que las baterías deben ser cargadas y descargadas de la misma, lo que significa un paso más en el proceso y una pérdida de tiempo y energía. Otra alternativa de lavadora de la misma empresa consta de dos lavaderos, en donde se coloca las baterías y se hace fluir agua que es recogida en unos recipientes ubicados en la parte inferior. Esta máquina no cumple con las expectativas planteadas para la solución del problema. La publicidad de estas máquinas se encuentra en la Fig. A1-1 del Anexo 1.

La empresa TIEGEL presenta una máquina, que consiste en un transportador sobre el cual se desplazan las baterías y pasan por tres estaciones de lavado. En la primera etapa se aplica agua desmineralizada sobre la batería para eliminar el ácido y este último se recupera para la fabricación de ácido sulfúrico diluido utilizado en el llenado de las baterías. En la segunda etapa se utiliza agua a 40 grados Celsius y jabón. En la tercera etapa se utiliza aire caliente para el secado de las baterías. Esta máquina es bastante versátil pero su costo es de US\$ 78 000.

A nivel nacional no existe ninguna empresa que se dedique a la construcción de estas máquinas. Además las fábricas de baterías no las utilizan, por la alta inversión económica que representa. La fábrica de baterías LUX desea implementar en su proceso tecnológico una máquina de este tipo y por este motivo se realiza la investigación correspondiente para poder diseñar y construir esta máquina en sus talleres.

2.2. PROCESO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN DE BATERÍAS

2.2.1. MÉTODO UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN

El proceso de fabricación que se detalla a continuación consta de dos partes: la construcción de cada una de las partes y el ensamblaje de las mismas.

La batería está compuesta de unas rejillas de plomo recubiertas de la materia activa que es plomo, para las placas positivas, y óxido de plomo, para las placas negativas, en forma de pasta seca. Las placas negativas se colocan en sobres aislantes para que no estén en contacto con las positivas y se intercalan unas con otras. Las placas positivas se sueldan entre sí y las negativas también; el conjunto toma el nombre de grupo. Los grupos se colocan en las cajas de la batería uno al lado del otro y se sueldan entre sí. Luego se aplica calor a la caja y a la tapa de la batería y se unen ambas una vez que se enfría el plástico estas quedan selladas herméticamente. La batería se llena de ácido sulfúrico y se somete a un proceso de carga eléctrica. Luego se lavan y se etiquetan para la venta.

En la Fig. 2.1. se presenta el diagrama de flujo del proceso de fabricación de las baterías.

A continuación se hace una breve descripción de las diferentes partes del proceso de fabricación de las baterías como son:

- Fabricación de las rejillas
- Empastado de las rejillas
- Curado de las placas
- Colocación de sobres
- Armado y soldado de grupos
- Encajonado
- Soldado de puente
- Sellado térmico
- Precarga
- Carga
- Lavado
- Despacho

FABRICACIÓN DE LAS REJILLAS

El primer componente de las baterías en ser fabricado es la rejilla. Las rejillas consisten en una estructura conductora de electricidad rectangular con un enrejado. Estas rejillas se fabrican de una

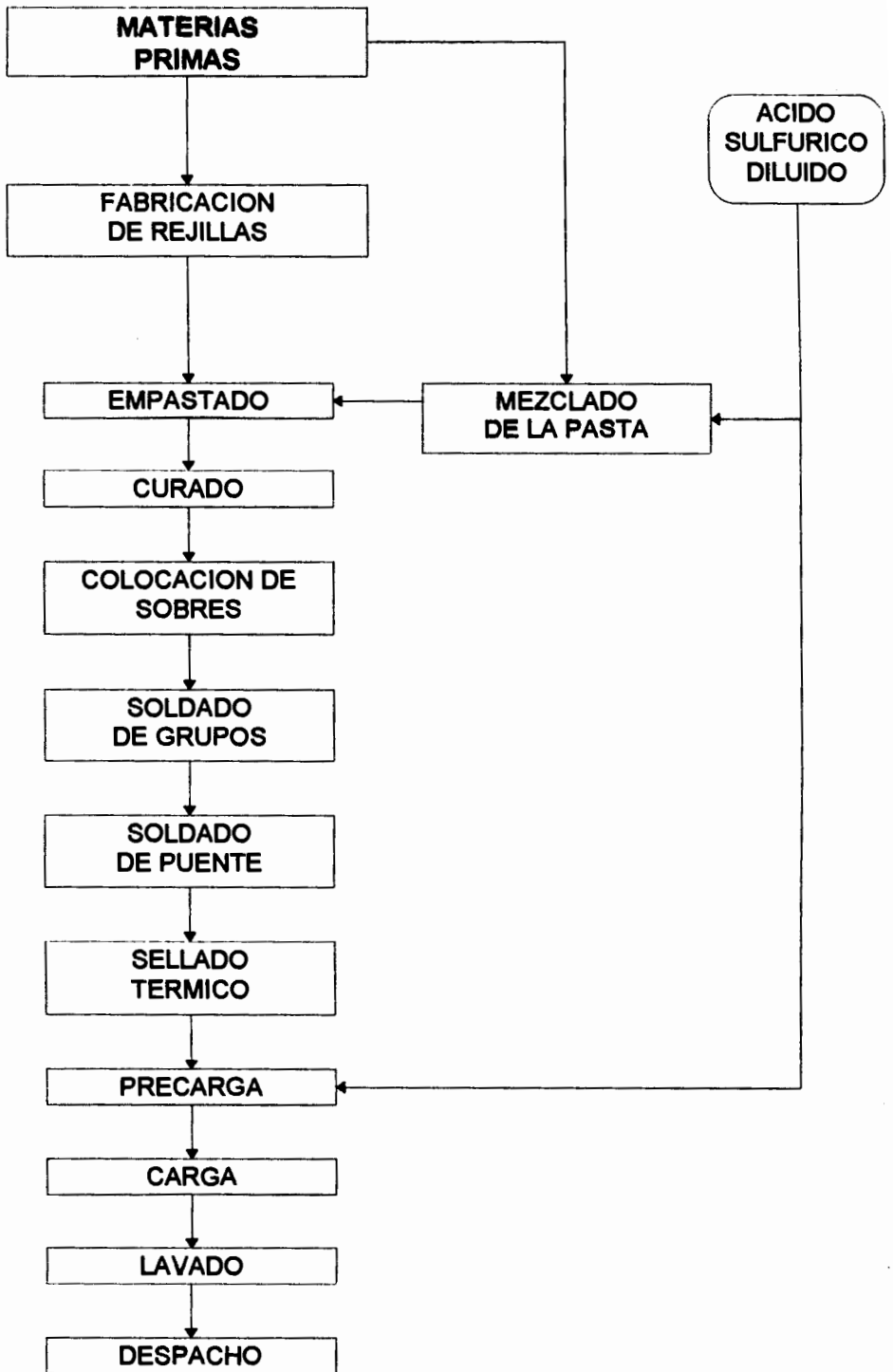


Fig. 2.1: Flujograma del proceso de fabricación de las baterías

aleación compuesta de plomo y antimonio, llamada plomo antimonial. El antimonio sirve para reforzar y prestar mayor rigidez al plomo blando y hace que las rejillas sean menos susceptibles a la corrosión. Al mismo tiempo el antimonio facilita el vaciado de los finos alambres de la estructura de la rejilla y sirve también para reducir al mínimo el peso de los acumuladores.

Esta aleación se la funde en un crisol hasta una temperatura de 480 °C. Luego es bombeada a una máquina rejilladora donde se vierte en un molde. Este molde tiene matizado la forma de la rejillas y hay un molde diferente para cada tipo de rejillas puesto que el tamaño de las mismas varía de acuerdo a los diferentes tipos de baterías. Estos moldes son de acero pero se le aplica con un soplete una capa de corcho para evitar que el plomo se adhiere al acero. El molde tiene dos caras, una de ellas es fija a la máquina y la otra tiene un movimiento de abrir y cerrar. Cuando las caras están juntas se vierte la aleación y después de pocos segundos ésta se solidifica y el molde se abre para que caiga la rejilla.

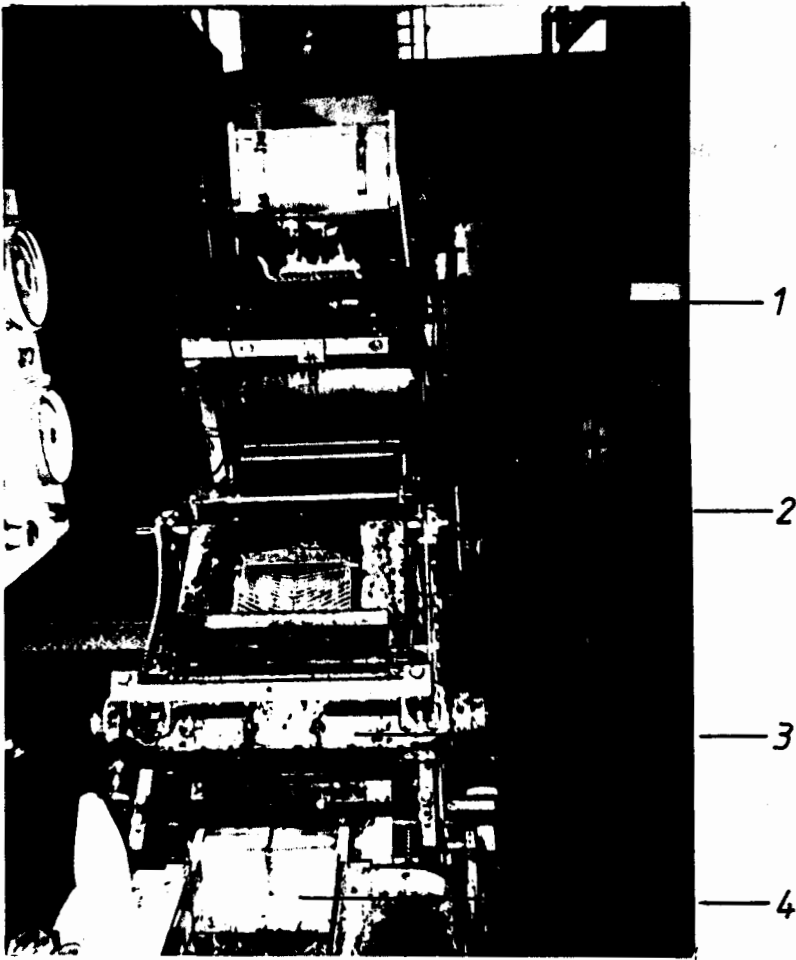
La rejilla es cortada para eliminar los bordes y rebabas y queda lista. Este proceso es continuo con una producción aproximada de 15 pares de rejillas por minuto. Se habla de pares puesto que los moldes vienen matizados para dos rejillas a la vez. Cada rejilla tiene

una oreja que en este caso también sirve para maniobrarla mejor. La máquina rejilladora se la puede observar en la Fig. 2.2.

Se fabrica tres tipos de rejillas, las cuales se diferencian por su forma y dimensiones. Estos son el tipo M, L, y F. A su vez cabe destacar que las rejillas para placas positivas son más pesadas que las negativas por lo tanto se diferencian a su vez en M70 y M55 donde el número 70 corresponde al peso en gramos de la rejilla para placa positiva y el 55 para la negativa.

La demanda de rejillas es alta, ya que cada grupo en una batería tiene en promedio 13 placas y cada batería tiene 6 grupos, es decir 78 placas por batería. Hay que tomar en cuenta que parte de estas rejillas se dañan por la manipulación en las diferentes etapas del proceso, partiendo de las que salen con fallas de la propia máquina y luego algunas son rechazadas por un mal empastado, etc. El plomo sin embargo no se pierde ya que las rejillas rechazadas son fundidas nuevamente.

El plomo antimonal es importado y se verifica, antes de emplearlo, que el contenido de antimonio sea del 2 %. Este es el primer punto del control de calidad de las rejillas. Durante la producción de rejillas se toman muestras aleatorias del peso de las mismas. Si el peso excede el rango preestablecido se coloca más corcho en el molde



1 Molde

2 Crisol

3 Sistema para cortar rebabas

4 Rejilla

Fig.2.2: Máquina rejilladora

para disminuir el volumen de plomo encerrado en el mismo y en el caso contrario de tener menos peso se raspa el corcho adherido al molde. Otros controles de calidad que también se realizan son de carácter visual como partes faltantes en la rejilla, rebabas o cortes incorrectos. Se toma también ciertas muestras y se las dobla manualmente para ver si la rejilla está quebradiza.

Las rejillas que salen de las máquinas son contadas y almacenadas para que la temperatura de las mismas alcance la del ambiente, ya que salen de la máquina un poco calientes y esto causa problemas en la siguiente parte del proceso que es el empastado.

Paralelamente a la fabricación de rejillas se utiliza el plomo fundido para la elaboración de los bornes y los puentes que van a ser utilizados posteriormente en la unión de los grupos.

EMPASTADO DE LAS REJILLAS

El siguiente paso del proceso es adherir la masa activa a las rejillas positivas y negativas. Para esto previamente se debe preparar la mezcla, la cual difiere en sus componentes y cantidades entre la masa positiva y la negativa. Ambas masas tienen diferentes fórmulas ya que las reacciones que ocurren al momento de la generación de energía es diferente.

Los elementos de los cuales están compuestas las masas son los siguientes:

Óxido de plomo (PbO)

Agua desmineralizada

Electrolito (H_2SO_4)

Dynnell (lana de vidrio)

Expansor

Aceite Motex (aceite especial para mejorar la mezcla)

Los dos últimos elementos solo en la placa negativa

El óxido de plomo es el componente principal de ambas placas. Tiene presencia de plomo metálico en un rango de 28 a 31 %. Este componente se lo importa en su mayoría y cierta cantidad es de producción nacional.

El electrolito que se agrega es ácido sulfúrico diluido con una densidad de $1\,400\text{ kg/m}^3$. La densidad del ácido es $1\,840\text{ kg/m}^3$ pero para diluirlo se agrega agua. Utilizando $0,662\text{ kg}$ o dm^3 de agua y $0,738\text{ kg}$ o $0,401\text{ dm}^3$ de ácido puro se logra 1 dm^3 de ácido a 1400 kg/m^3 ($0,662\text{ kg} + 0,738\text{ kg} = 1,40\text{ kg}$).

El agua debe ser desmineralizada primeramente para evitar reacciones químicas de minerales disueltos. Esto se realiza en un equipo especial.

El Dynnell es una lana de vidrio en forma de polvo que se añade para compactar la pasta y también se lo importa.

El expansor es el que marca la diferencia entre las dos masas. El expansor es una mezcla de otros componentes como sulfato de bario, negro humo y lignin (óxido de plomo). Con esto la masa toma una coloración un poco gris. Este expansor impide también que la batería se descargue rápidamente. El aceite sirve por su parte para dar suavidad a la pasta .

Todos estos elementos se mezclan en una máquina y se dosifica el ácido sulfúrico lentamente por un espacio de 20 minutos. El tiempo total de la mezcla es de 35 minutos. Esta mezcla luego es llevada a la máquina empastadora, la cual se puede observar en la Fig. 2.3, donde se vierte en una tolva. Las rejillas pasan por una banda transportadora debajo de esta tolva y unos rodillos dosifican a presión la pasta y otro elimina el exceso de la misma logrando la adherencia de la masa a la rejilla. Las rejillas pasan luego por un horno donde se seca parcialmente la pasta. Las placas positivas

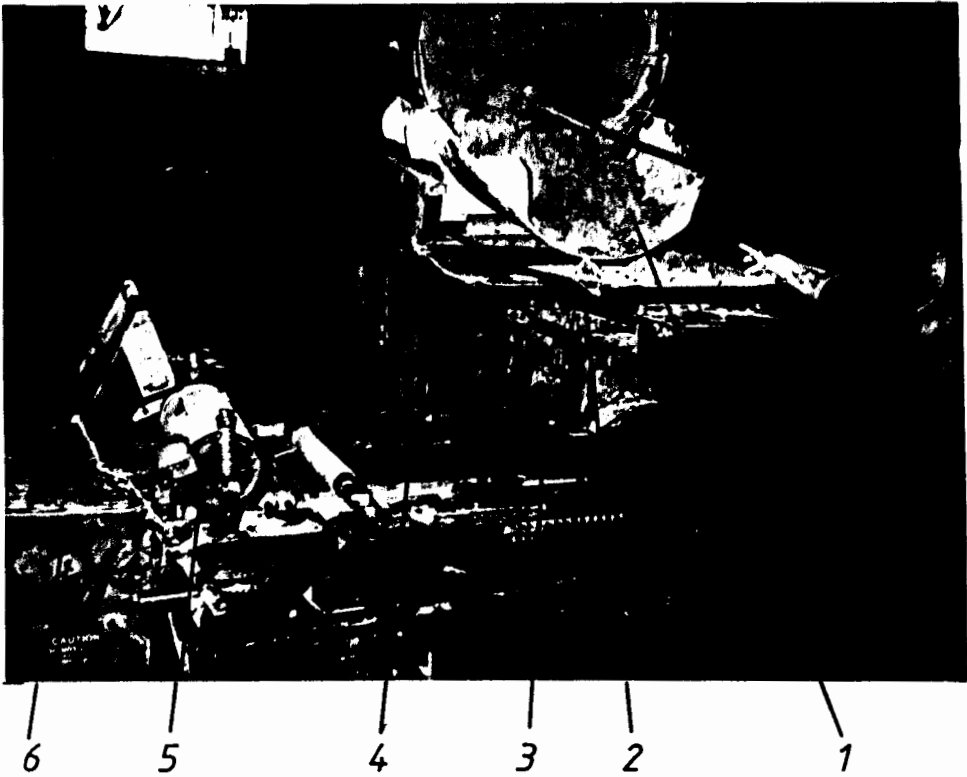
tienen una coloración anaranjada mientras que las negativas una coloración gris para evitar confundirlas.

En esta etapa del proceso se realiza el siguiente control de calidad: En el óxido de plomo antes de ser utilizado en la mezcla se verifica el porcentaje de plomo libre que debe estar entre 22 y 31 %; y se controla la absorción de ácido que debe estar entre 135 y 185 mg $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{g PbO}$. Esto se realiza en un laboratorio tomando muestras de cada saco de materia prima a utilizar.

Se controla que el ácido sulfúrico esté a una densidad de 1400 kg/m^3 y también se controla el tiempo de caída del electrolito que debe ser de 22 minutos. El ácido sulfúrico no puede ser vertido muy rápido porque al mezclarse se produce una reacción exotérmica que puede quemar la pasta. El electrolito debe estar incluso a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ al inicio de la mezcla.

También se debe controlar la temperatura de la pasta que al inicio debe ser menor de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ y al final menor de $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

A la masa activa se le realiza un control de penetración con un instrumento llamado penetrómetro que se deja caer por gravedad y se registra la profundidad de la penetración.



- 1 *Masa activa*
- 2 *Tolva*
- 3 *Banda transportadora*
- 4 *Placa*
- 5 *Rodillo de compactación*
- 6 *Horno para secado*

Fig. 2.3: Máquina empastadora

La cantidad de masa activa que se adhiere a la rejilla debe estar en un rango aproximado de 90 a 100 g. Es muy importante dosificar una cantidad adecuada de masa en la rejilla ya que es un dato importante para calcular la capacidad de carga de las baterías en amperios por hora. Para calcular esto se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Ah} = \text{peso pasta} \times \text{numero de placas positivas} \times 0,1144 \quad (1)$$

Por ejemplo, una batería de 62 Ah tiene 6 placas positivas por celda entonces la masa activa que debe ser depositada es de :

Despejando:

$$\text{Peso} = \frac{62}{6 \times 0.1144} = 90,32 \text{ g}$$

El horno en donde se secan las placas se gradúa en un rango de temperatura de 120 °C a 140 °C . Al salir las placas se las coloca en unas perchas, para almacenarlas antes del siguiente proceso. En este momento se pesan muestras aleatorias de placas para controlar que la dosificación sea la correcta.

CURADO DE LAS PLACAS

Este proceso consiste en meter las placas en un cuarto herméticamente cerrado sin que exista flujo de aire durante cierto tiempo. No es necesario añadir energía en forma de calor, simplemente debido a la falta de ventilación se empieza a elevar la temperatura y las placas empiezan a sudar de manera similar a lo que sucede con el cuerpo humano. La temperatura que se logra en las cámaras de curación es de 55 °C en promedio.

Las placas positivas requieren un tiempo de 72 horas mientras que las negativas 48 horas. Este es el tiempo en el cual las placas logran un porcentaje de humedad menor al 5 % lo que las hace más manipulables.

Este proceso es sumamente económico ya que no se introduce energía al sistema y el espacio que requieren los cuartos no es muy grande.

COLOCACIÓN DE SOBRES A LAS PLACAS

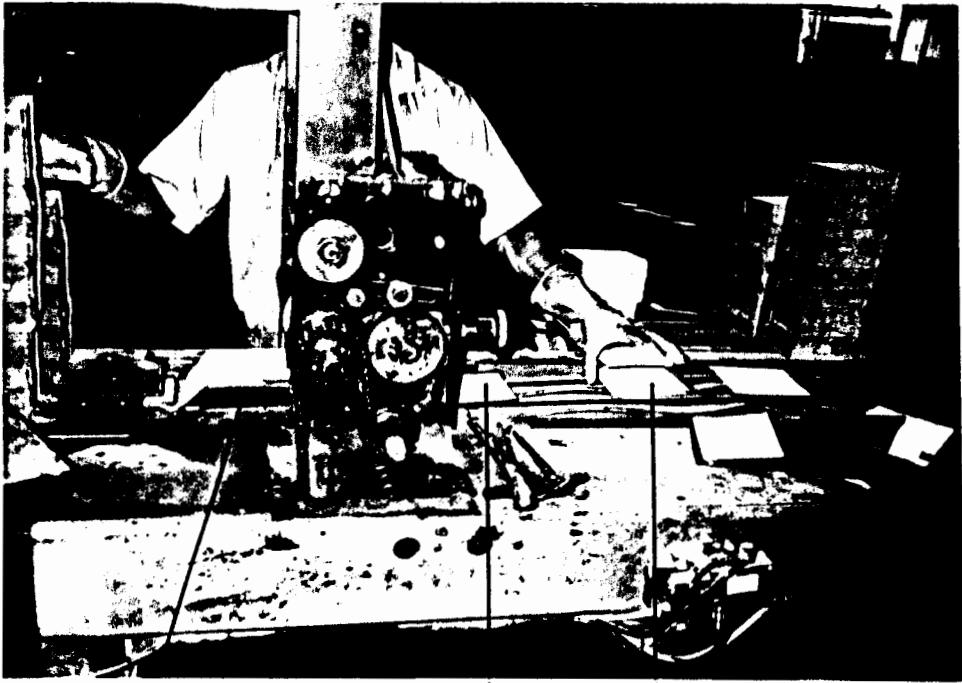
Al armar los grupos se colocan alternadamente placas positivas y negativas, pero estas no deben estar en contacto por lo que se produciría un cortocircuito. Para evitar esto se debe colocar un material aislante entre las dos placas. Este material consiste en una funda de polietileno dentro de la cual se introduce la placa negativa.

Este material se lo importa en forma de rollos. Estos rollos son colocados en una máquina colocadora de sobres presentada en la Fig. 2.4. Esta máquina está diseñada especialmente para armar estos sobres, los cuales salen de la máquina conteniendo ya a la placa negativa.

En esta máquina las placas son transportadas en dirección horizontal mientras que el polietileno se mueve en dirección vertical. El polietileno desciende por la acción de dos rodillos. La placa sigue su recorrido horizontal y choca contra el polietileno, entonces el polietileno envuelve la placa mientras ésta sigue avanzando. Los bordes externos del polietileno son prensados al pasar por unos piñones y a lo que termina de pasar la placa una cuchilla corta el polietileno y queda la funda lista.

ARMADO Y SOLDADO DE GRUPOS

A medida que sale un sobre de la máquina se le coloca encima una placa positiva. Estas parejas de placas se colocan una encima de otra alternando las placas positivas y las negativas, las cuales se encuentran dentro del sobre, y se forman los grupos. Al final siempre se añade un placa positiva, de tal manera que en los extremos del grupo siempre quedan placas positivas. Por ejemplo en una batería de 62 Ah se coloca 6 placas positivas y 5 negativas.



1

2

3

4

- 1 *Placa negativa*
- 2 *Sobre que contiene placa negativa*
- 3 *Placa positiva*
- 4 *Transportador de cadena*

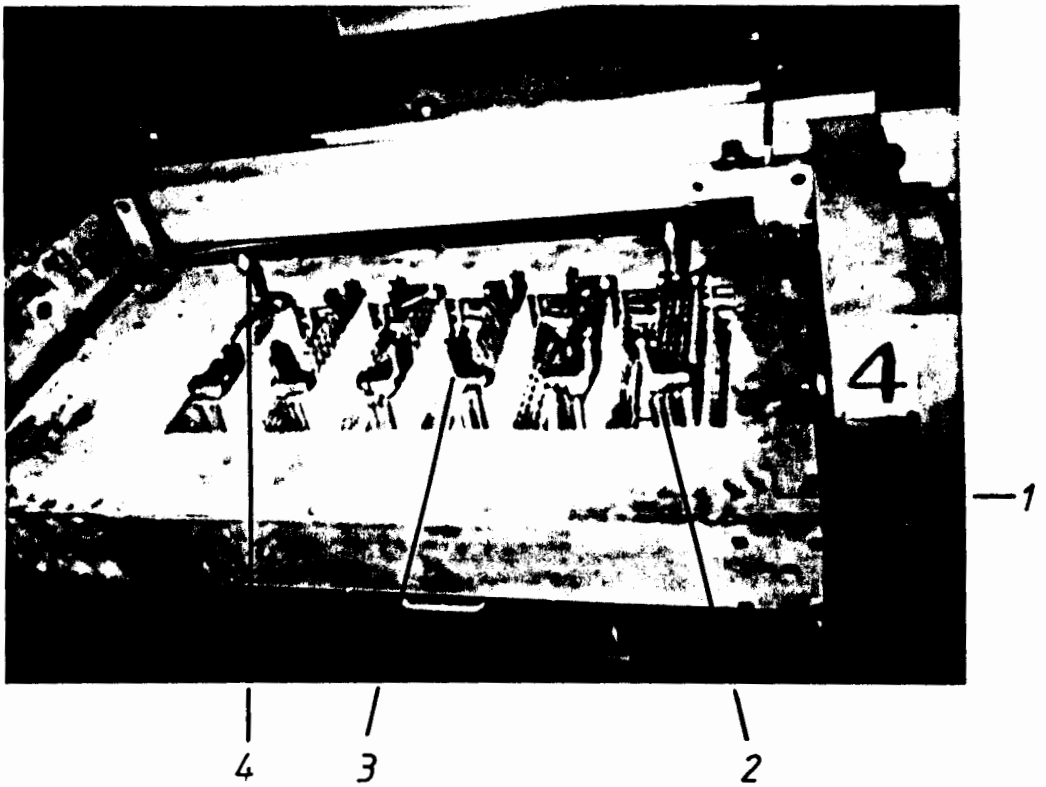
Fig.2.4: Máquina para colocar sobres

Luego pasan a una máquina donde se alinean las orejas de las placas y se sueldan. Esta máquina se denomina pulpo, ya que tiene unos brazos que giran, llevando los grupos a cuatro estaciones.

En la primera se alinean las orejas, las placas negativas se colocan con la oreja para un lado y las positivas para el otro; en la segunda se pulen las orejas con un cepillo giratorio y se remojan con un líquido fundente que ayuda a que se adhiera el plomo; en la tercera se sueldan las orejas, las placas negativas se sueldan entre sí y las positivas también mediante un puente de plomo; en la cuarta estación se retiran los grupos de la máquina. La cuarta estación con los grupos ya soldados se puede apreciar en la Fig. 2.5.

ENCAJONADO

Los grupos armados se colocan en las cajas plásticas de la batería. Cada celda de la batería genera 2 voltios por lo tanto en las baterías convencionales de vehículos de 12 voltios se tiene 6 grupos. Los grupos se distribuyen en las cajas alternando los polos positivos y negativos de tal manera que los grupos estén conectados en serie. En el primer grupo se coloca el borne positivo de la batería en un lado y en el otro el polo negativo. El segundo grupo tiene el polo positivo del mismo lado del polo negativo del primer grupo y así sucesivamente hasta que el sexto grupo tenga el borne negativo. En



- 1 Molde
- 2 Grupo
- 3 Puente
- 4 Borne

Fig.2.5: Soldado de grupos de placas

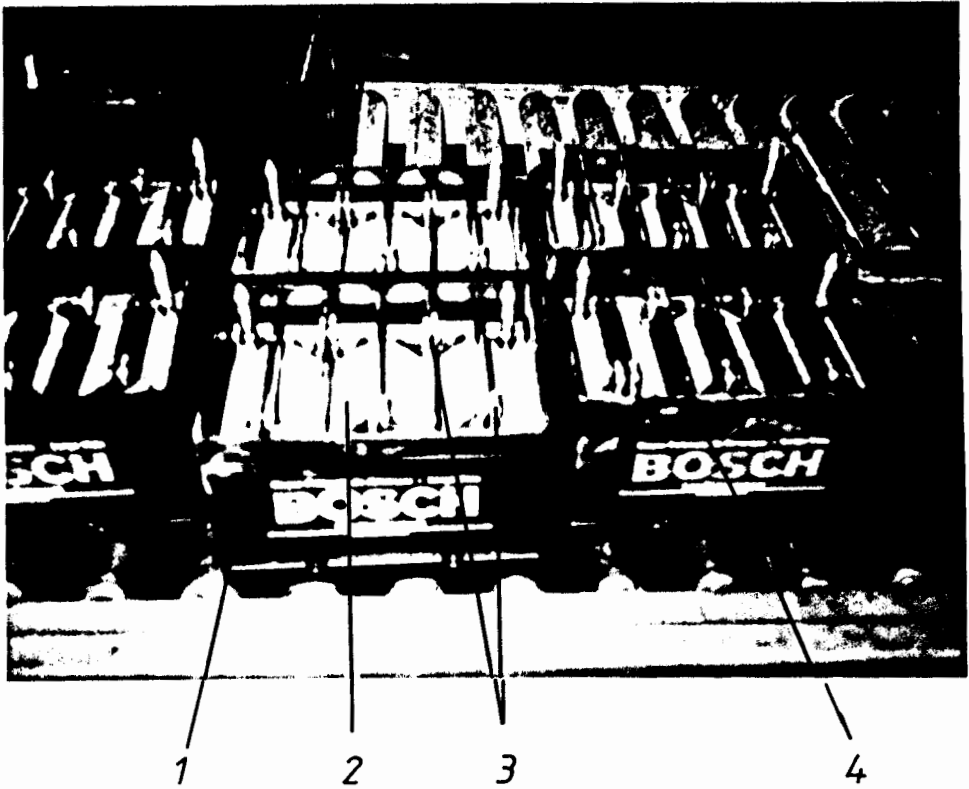
la Fig. 2.6 se puede observar la caja de la batería con los grupos colocados en ella.

SOLDADO DE PUENTE

Los grupos colocados alternadamente se sueldan siguiendo una línea de corriente, en la que el polo positivo de un grupo se suelda con el negativo del siguiente. Esto se hace por medio de un sistema de soldadura de punto. Esto consiste en una máquina que hace presión sobre los bornes de los grupos y al mismo tiempo eleva la temperatura en intervalos cortos de tiempo logrando la unión de los mismos. Como existen generalmente varias líneas de producción para los diferentes tamaños de baterías, existe una máquina por cada línea. La máquina soldadora de puente se aprecia en la Fig. 2.7.

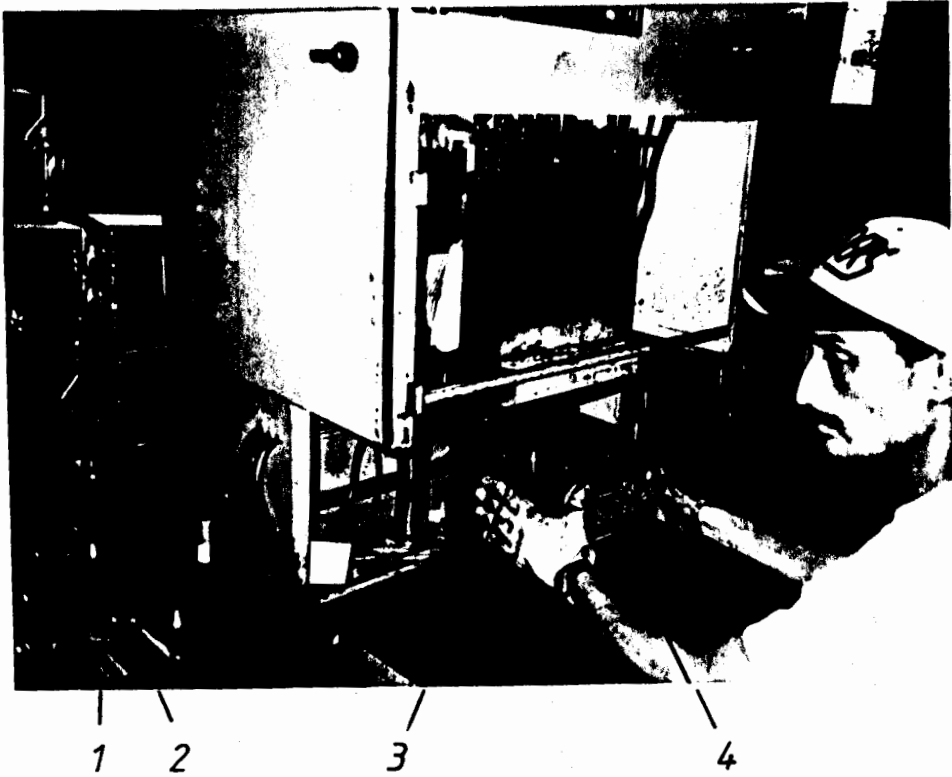
Luego de ser soldados los puentes se procede a hacer un control de calidad para ver si la soldadura está bien hecha. Esto se lo hace con un instrumento neumático que hace fuerza lateralmente a los bornes para ver si se despegan.

También se hace un chequeo de cortocircuito, pues en ocasiones quedan pequeños pedazos de plomo entre las placas y hacen contacto entre las placas positivas y negativas. Esto se lo detecta mediante un instrumento que consta de dos electrodos, uno de ellos



- 1 Caja de la batería
- 2 Grupo de placas
- 3 Puente
- 4 Separadores de grupos

Fig.2.6: Grupos dentro de la caja



- 1 Puente del segundo grupo*
- 2 Puente del primer grupo*
- 3 Equipo de soldadura de punto*
- 4 Separadores de grupos*

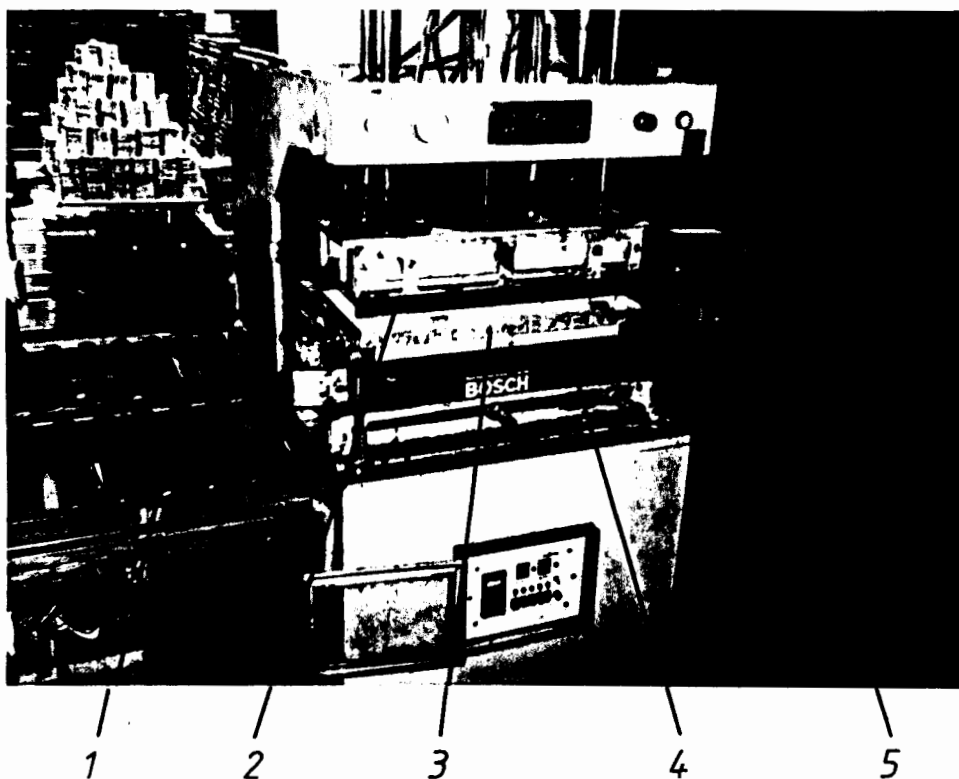
Fig.2.7: Máquina para soldar puentes

se lo conecta en el puente positivo de los grupos y el otro en el negativo. Este genera una pequeña corriente que fluye por un electrodo y si hay corto circuito es detectado por el otro y suena una alarma. Si hay algún desperfecto se retira el grupo y se lo revisa.

SELLADO TÉRMICO

Este es el paso donde se le coloca la tapa a la batería. Las cajas de las baterías y las tapas son del mismo material plástico y deben ser unidas de tal manera que no existan fugas puesto que dentro se va a albergar el electrolito. Esto se realiza en una máquina de sellado térmico, la cual se puede observar en la Fig. 2.8, con los siguientes pasos. Primero se alinean la caja y la tapa. Luego se retira la tapa y se coloca una platina de aluminio a una temperatura de 780 °C sobre la caja. A su vez se pone en contacto la tapa con la parte superior de la platina por un intervalo de tiempo de 3 segundos. Ambas superficies son de plástico y se funden al recibir el calor de la platina. Posteriormente se alza la tapa, se retira la platina y se coloca la tapa haciendo presión sobre la caja por un intervalo de tiempo de 8 segundos. El material plástico de la caja y de la tapa al enfriarse se solidifican de tal manera que ambas partes quedan unidas. Luego pasan las baterías al siguiente punto del proceso que es el soldado de bornes.





- 1 Rodillos de alimentación
- 2 Tapa de la batería
- 3 Plancha térmica
- 4 Caja de la batería

Fig.2.8: Máquina de sellado térmico de las baterías

En este punto se colocan unos bocines con la forma del borne y con un soplete de soldadura oxiacetilénica se funde el plomo. Las cajas de las baterías vienen con unos bornes huecos donde calzan concéntricamente los bornes de los grupos anteriormente soldados. Entre ambos bornes queda un espacio libre que debe ser soldado. Al fundir el plomo de ambos bornes estos quedan soldados, por el bocín toman la forma radial y por la gravedad se forma la cabeza.

El control de calidad del sellado de las baterías se lo hace con una prueba de hermeticidad. Se utiliza para esto un instrumento que inyecta aire a presión por los agujeros de las celdas y se controla si no hay fugas de aire. Esto se realiza celda por celda y en caso de haber fugas se coloca agua jabonosa para detectar el sitio exacto de la fuga.

PRECARGA

Se denomina precarga al llenado de las baterías con el electrolito es decir el ácido sulfúrico. Este último debe tener una densidad de $1\ 200\ \text{kg/m}^3$. El ácido como se explicó anteriormente tiene una densidad de $1\ 800\ \text{kg/m}^3$ por lo que tiene que ser diluido en agua. Esto se realiza en tanques de PVC. Se debe dosificar siempre el ácido sobre el agua y no al contrario, ya que al entrar en contacto bruscamente el agua y el ácido se produce una reacción exotérmica que puede incluso fundir los tanques en mención. Para evitar esta

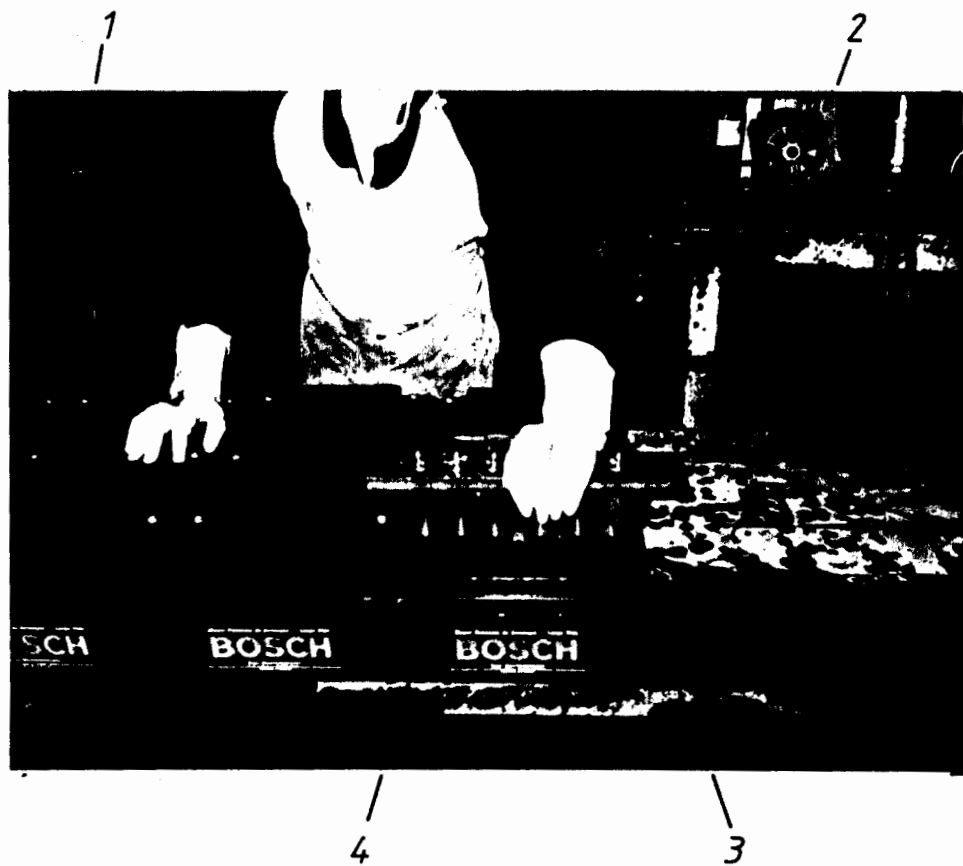
situación se coloca primero el agua en los tanques y luego se vierte lentamente el ácido hasta obtener con un densímetro la densidad apropiada.

Las baterías son llenadas con una máquina de llenado, ver Fig. 2.9, que bombea el ácido a la cantidad requerida para cada tipo de batería dosificando de esta manera igual cantidad a cada celda y con el volumen deseado.

Luego de el llenado las baterías experimentan un aumento de temperatura por lo que se las deja reposar por un tiempo de 2 horas antes de ser cargadas.

CARGA

En la Fig. 2.10 se puede observar la sección donde se procede a cargar las baterías. Las baterías son colocadas en líneas de 15 unidades y son conectadas en serie para que todas reciban el mismo voltaje y sea la corriente la que se divide para el número de ellas. El positivo de la primera batería se la conecta al positivo de la máquina cargadora y el negativo de la última a su correspondiente de la máquina cargadora. De esta manera se les suministra carga de 12 V y una corriente de aproximadamente 1 amperio por cada placa positiva de una celda del tipo de batería que se este cargando. Por lo tanto el amperaje depende del tipo de batería. El tiempo en el



- 1 Electrolito
- 2 Bomba
- 3 Dosificador
- 4 Batería

Fig. 2.9: Proceso de llenado de las baterías con el electrolito (precarga)

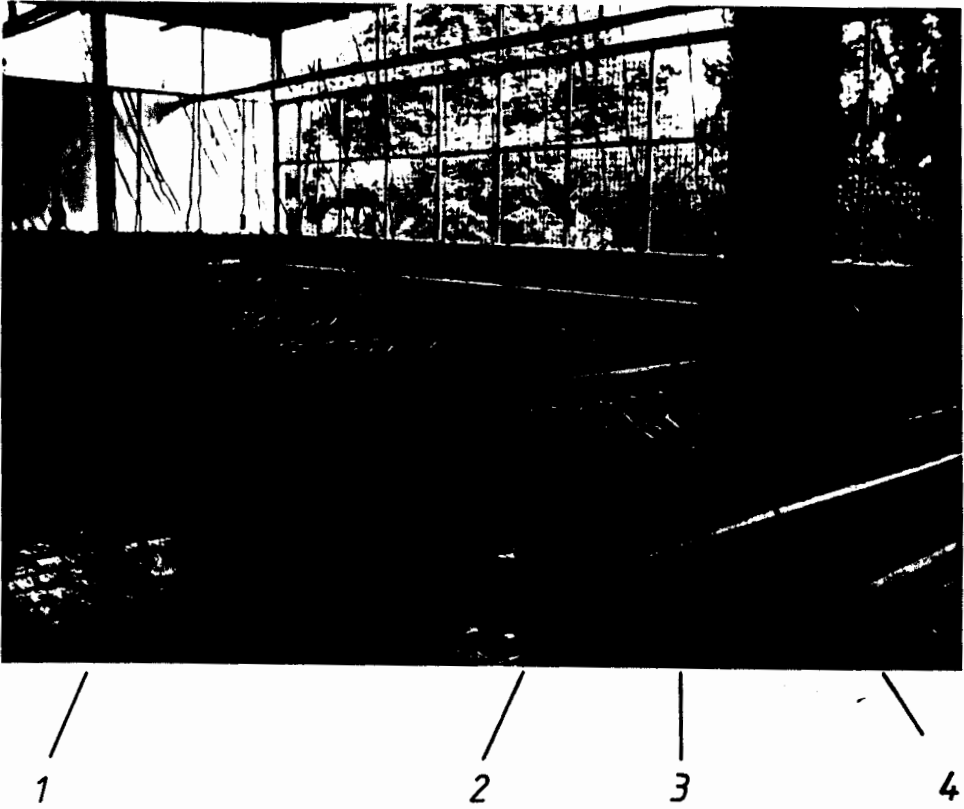
cual se carga la batería es también variable pero se lo estima de la siguiente manera: Se multiplica la capacidad de carga nominal de la batería por cuatro y se divide para el número de placas positivas que tenga la batería. Se toma constantemente la temperatura de las baterías para controlar que el amperaje. Por ejemplo una batería de 50 Ah se multiplica por cuatro y se divide para 5 que es el número de placas positivas que tienen las baterías de este tipo y se tiene como resultado 40 horas. Este tiempo es estimado puesto que lo que determina que la batería este totalmente cargada son los parámetros que se indica a continuación: Densidad 1 250 kg/m³, Temperatura 60 °C, Voltaje 12-13 V,

LAVADO

Este proceso por ser el de mayor importancia dentro de la fabricación de las baterías en relación con el tema de la tesis, se lo explicará y analizará más profundamente en el subcapítulo 2.3.

DESPACHO

Luego del lavado se someten las baterías a unas pruebas de alto amperaje, donde se aplica a la batería una carga durante tres segundos. Las baterías se conectan a un amperímetro. Al aplicar la descarga el amperaje disminuye. Cada tipo de batería tiene un valor mínimo de descarga preestablecida. Si el valor que marca el



- 1 *Piso con recubrimiento plástico*
- 2 *Puente conductor eléctrico*
- 3 *Bancos de carga*
- 4 *Baterías conectadas en serie*

Fig.2.10: Area de carga eléctrica de las baterías

amperímetro es menor a éste, significa que la batería no es capaz de soportar descargas, por lo tanto no sirve. Además este equipo tiene una alarma acústica que se acciona cuando existen fallas en el interior de la batería como: separadores quemados, desprendimiento de masa de las placas, filtraciones de plomo, etc.

Nuevamente se realiza la comprobación de fugas como se indicó anteriormente y se le da brillo a los bornes para mejorar la presentación. Luego se coloca los adhesivos a la batería que indican la capacidad de carga, voltaje, número de placas y el sello de garantía. Luego las baterías son despachadas o almacenadas y se graba con un sello de temperatura la fecha de emisión. En este momento las baterías están listas para la venta.

Para entender bien la disposición de las máquinas y las líneas de producción se puede observar la Fig. 2.11 donde se hace un diagrama del proceso tecnológico de una fábrica de baterías.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BATERÍAS

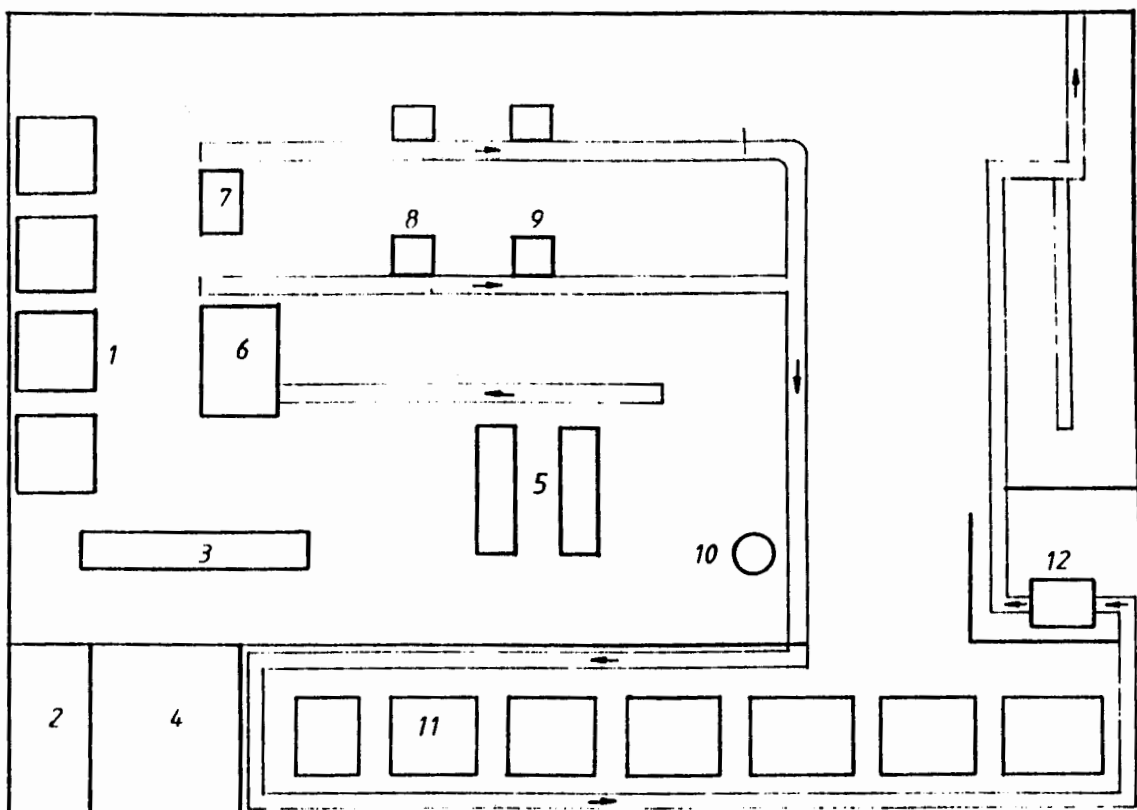
La energía que se obtiene de un acumulador es tan pequeña que resulta insuficiente para accionar cualquier aparato eléctrico, ya que su voltaje es de apenas 2 voltios y la intensidad de corriente es

mínima. De acuerdo al concepto de la conexión en paralelo, si se conecta de esta manera varios acumuladores la intensidad de corriente aumenta, es decir se aumenta el amperaje de la batería y por ende la capacidad de carga de la misma.

Esta conexión de varios acumuladores en paralelo conforman lo que se denomina grupos de la batería.

Una placa positiva y una negativa sumergidas en el ácido sulfúrico forman un acumulador. En cada grupo de una batería hay varias placas positivas y negativas conectadas en paralelo. Por ejemplo una batería de 42 Ah tiene 5 placas positivas y 4 negativas; por otro lado una batería de 160 Ah tiene 14 placas positivas y 13 placas negativas. Como se puede ver un mayor número de placas en un grupo permite tener una batería con mayor capacidad de carga.

Por otro lado para aumentar el voltaje de la batería se conecta varios grupos en serie de tal manera que los voltajes de cada uno de los grupos, que es de 2 voltios, se sumen y se pueda obtener el voltaje deseado que por lo general es de 6, 8 y 12 voltios. Para conocer el voltaje de una batería basta contar el número de grupos de la misma y multiplicar por los dos voltios que cada uno produce.



1 Máquinas rejilladoras

2 Preparación de pasta

3 Máquina empastadora

4 Cuadro de placas

5 Colocion de sobres

6 Soldado de grupos

7 Soldado de grupos

8 Soldado de puente

9 Sellado térmico

10 Precarga

11 Carga

12 Máquina lavadora de baterías

Fig. 2.11: Diagrama tecnológico del proceso de fabricación de baterías

Mientras mayor sea la capacidad de carga de las baterías, mayores son las dimensiones de la caja de la batería y mayor el número de placas por grupo.

Existen múltiples combinaciones de baterías con diferentes valores de voltaje y capacidad de carga. La principal aplicación de las baterías es en los automóviles, los cuales utilizan baterías de 12 voltios. Por lo tanto la mayor demanda de baterías es de este voltaje, aunque también se fabrica baterías de 6 voltios y de 8 voltios para otras aplicaciones. La capacidad de carga de las baterías va de acuerdo a los tipos de vehículos. Los vehículos de uso particular convencionales utilizan baterías de 12 voltios (V) y 42 amperios hora (Ah).

Los camiones, por ejemplo, consumen gran cantidad de energía en el momento del arranque y por lo tanto requieren baterías de gran capacidad de carga, normalmente 160 Ah. Incluso en ocasiones se requiere conectar 2 baterías en paralelo para que, manteniendo el voltaje de ambas se obtenga mayor amperios hora.

Las baterías de 12 V se fabrican desde una capacidad de carga de 38 Ah hasta las de 195 Ah. El tipo de baterías más usadas son las de 42 Ah, 52 Ah y 62 Ah. para automóviles de uso particular. Los pequeños camiones o carros un poco más grandes utilizan baterías

de mayor capacidad de carga como las de 82 Ah. Camiones grandes, trailers, etc. utilizan las de 125 Ah, 140 Ah, hasta las de 195 Ah.

Las baterías tienen una vida útil proyectada de alrededor de 2 a 4 años, por lo tanto la demanda de baterías es permanente y la producción aumenta cada vez más.

En la Tabla 2.1 se puede observar todos los tipos de baterías que produce la fábrica de baterías LUX. La primera columna indica el voltaje de la batería, la capacidad de carga y el número de placas positivas por grupo. Como se puede observar en la segunda columna existen varios tipos de baterías que utilizan la misma caja. Cada tipo de caja tiene sus dimensiones particulares. Las siglas TA significa tipo americano e indica que el borne positivo está a la derecha de la caja. La sigla BF significa borne fino, debido a que ciertas baterías tienen los bornes de menor diámetro.

La producción mensual de baterías es de 20 000 unidades en promedio, pero las demandas individuales varían. Alrededor del 60% de la producción comprende las cajas tipo 42 y la tipo 24, que son precisamente las que utilizan los automóviles de uso personal o familiar. Los pesos de las baterías no están tabulados en la Tabla 2.1, pero para fines de cálculo de la carga que debe

transportar la banda y la potencia del motor de la máquina lavadora se necesita conocer este dato. Más adelante se incluye una tabla donde aparecen los pesos máximos de cada tipo de caja de las baterías.

Es importante conocer las dimensiones de las baterías para poder seleccionar correctamente las medidas de la máquina. Por ejemplo el ancho de la baterías permite determinar cual debe ser el ancho de la banda, el ancho de los tambores, la distancia de separación de las duchas de lavado, etc. La longitud permite calcular la velocidad de la banda, la longitud de las tuberías de descarga, la ubicación de las duchas, etc. La altura es importante para determinar las medidas de la cubierta de la máquina. En fin debido a que la batería es el bien que se va a transportar es necesario conocer todas sus características, para tomarlas como el punto de partida del diseño de la máquina lavadora.

TABLA 2.1: TIPOS DE BATERÍAS Y DIMENSIONES

TIPO de Batería V / Ah / # placas	CAJA	LARGO mm	ANCHO mm	ALTO mm
6/128/21	4	320	175	220
6/160/25	4	320	175	220
8/195/29	8D	530	285	240
12/38/9	NS40	195	125	205
12/44/11	NS40	195	125	205
12/38/9 BF	NS40	195	125	205
12/44/11 BF	NS40	195	125	205
12/38/9 TA	NS40	195	125	205
12/38/9 BF TA	NS40	195	125	205
12/44/11 BF TA	NS40	195	125	205
12/43/9	22NF	230	140	210
12/47/11	22NF	230	140	210
12/53/13	22NF	230	140	210
12/47/11 TA	22NF	230	140	210
12/42/9	42	240	175	165
12/52/11	42	240	175	165
12/52/11 TA	42	240	175	165
12/51/9	24	260	170	200
12/62/11	24	260	170	200

TABLA 2.1 : (CONTINUACIÓN)

TIPO de Batería V / Ah / # placas	CAJA	LARGO mm	ANCHO mm	ALTO mm
12/70/13	24	260	170	200
12/51/9 TA	24	260	170	200
12/62/11 TA	24	260	170	200
12/70/13 TA	24	260	170	200
12/54/11	41	280	175	180
12/68/15	41	280	175	180
12/72/13	27	315	175	200
12/72/13 TA	27	315	175	200
12/75/13	30H	345	175	220
12/82/15	30H	345	175	220
12/80/13	N100	415	175	205
12/100/19	N100	415	175	205
12/125/21	4D	530	230	230
12/140/23	4D	530	230	230
12/160/27	8D	530	285	240
12/195/33	8D	530	285	240

2.3. PROCESO ACTUAL DE LAVADO DE BATERÍAS

El proceso de lavado de las baterías se realiza después del proceso de carga. Al cargar la batería, el ácido sulfúrico se evapora debido al aumento de temperatura y sale en forma de vapor de los grupos. Al entrar en contacto con el aire del ambiente se condensa el vapor del ácido y se depositan gotas de este sobre la superficie de la batería. Este residuo de ácido sulfúrico debe de ser desalojado de la superficie de la batería antes de ir a la etapa de despacho ya que impide que se pueda etiquetar las baterías y además deteriora la ropa de los trabajadores. Además de esta razón, la manipulación de las baterías durante todo el proceso provoca que sobre la superficie existan partículas de polvo, entre otras cosas. Por tanto es sumamente necesario lavar las baterías por razones técnicas y a la vez por razones estéticas, ya que el siguiente paso es el despacho y quedan listas para la venta.

Actualmente el lavado de las baterías se realiza usando agua y jabón alcalino. El agua que se utiliza para el lavado de las baterías proviene del servicio de agua potable de la ciudad. El lavado lo realizan varios obreros y consiste en aplicar con un trapo el jabón alcalino disuelto en agua sobre la tapa de la batería y las superficies laterales y luego con una manguera retirar el jabón y enjuagar la batería. Posteriormente con otro trapo se seca el residuo de agua en las baterías. El agua que se utiliza para el lavado cae

**TABLA 4.4: DIMENSIONES DE LAS PLANCHAS DE ACERO
INOXIDABLE AISI 316 L EN EL MERCADO /2/**

Espesor mm	Ancho-Largo mm	Peso Aprox. kg
1,0	1 220 x 2 440	23,80
1,5	1 220 x 2 440	35,70
2,0	1 220 x 2 440	47,60
3,0	1 220 x 2 440	71,45
4,0	1 220 x 2 440	96,25
5,0	1 220 x 2 440	119,07
6,0	1 220 x 2 440	142,90
8,0	1 220 x 2 440	190,50
10,0	1 220 x 2 440	238,00
12,0	1 220 x 2 440	285,80

Ciertos elementos no pueden ser contruidos en estos materiales como por ejemplo las chumaceras o los motores, pero se los ha ubicado de tal forma que tengan el mínimo contacto con el medio ácido.

Todos los pernos utilizados en la máquina son de acero inoxidable para evitar la corrosión de los mismos y que luego sea imposible sacarlos para las diferentes operaciones de mantenimiento.

4.2. ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

La estructura de la máquina debe ser capaz de soportar el peso de todos los elementos y equipos que componen la misma como son: el peso de las bandejas llenas de agua, el peso máximo de las baterías cargadas, los tambores y la banda transportadora, el sistema de distribución de agua, las bombas de lavado y enjuague, los ventiladores, el motorreductor y la cubierta.

La estructura consta básicamente de dos vigas de sección U ubicadas transversalmente y paralelas entre si, de 3 660 mm de longitud y separadas 560 mm. Las dos vigas están unidas mediante unos nervios del mismo material y que están soldados en la cara interior de ambas . Estas vigas se sostienen sobre unos soportes de acero inoxidable que son unidas por soldadura. Los soportes tienen también una sección U y se sueldan a una

distancia de separación de 1 metro entre sí. Los soportes junto con la viga deben tener una altura de 780 mm debido a que los transportadores desde donde las baterías van a ser alimentadas a la máquina tienen esta altura.

En los extremos de la viga U se debe colocar unas chumaceras para soportar el eje del tambor de la banda transportadora. La viga por tanto debe tener un ancho mayor al de la chumacera y se ha seleccionado 150 mm. El ala de la viga debe tener 50 mm de ancho. En estas alas, las bandejas deben ir unidas por medio de pernos y para este fin no se necesita una longitud tan grande. El espesor de la viga U se lo ha estimado en 3 mm para que pueda soportar las cargas aplicadas.

Una viga de tales dimensiones no se encuentra en el mercado por lo que es necesario comprar la plancha de 3 mm, cortarla y mandarla a doblar a un lugar especializado, porque las cizallas normalmente no tienen tanta longitud y además la cuchilla debe ser de alta calidad ya que es muy difícil cortar acero inoxidable por su dureza.

Los soportes son también de acero inoxidable y su espesor también es de 3 mm. Las dimensiones de la pata son de 80 mm x 50 mm de ala. Estas soportes también son cortados y doblados aprovechando de esta forma la misma plancha de acero inoxidable que se utilizó para la viga. El acero

inoxidable tiene un precio bastante alto y sólo se vende por planchas de 2 440 x 1 220 mm (4' x 8') . La estructura se la puede observar en la Fig. 4.1.

A continuación se presenta un análisis de las cargas y la elección de la viga: La viga va a soportar la carga del agua de las bandejas en las dos primeras etapas, es decir entre los apoyos 2 y 4. El valor de esta carga o peso se lo calcula en base al volumen de agua de la bandeja, a la densidad del agua y a la aceleración de la gravedad, con la siguiente fórmula:

$$F = mg = V\rho g \quad (2)$$

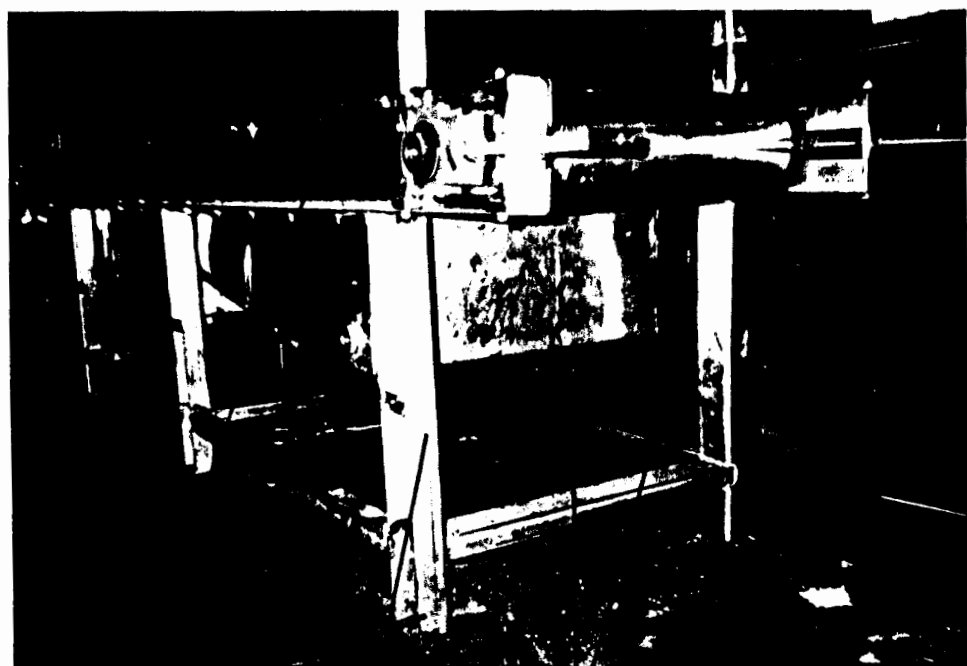
El volumen de agua alojada en las bandejas es de 0,110 m³

De aquí:

$$F = 0,110 \text{ m}^3 \times 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1\,078 \text{ N}$$

Esta fuerza la ejerce el agua de cada bandeja sobre una distancia de un metro de longitud y por lo tanto se la considera como una carga distribuida de 1 078 N/m.

Por otro lado también debe soportar la viga el peso de las baterías. Debido a que las baterías están entrando y saliendo continuamente de la máquina,



1
2
3

1 *Viga principal*

2 *Soporte*

3 *Apoyos*

Fig.4.1: Estructura de la máquina

se considera una carga distribuida a lo largo de toda la viga. El valor de la carga que ejercen las baterías corresponde a las baterías de mayor peso ubicadas sobre el transportador una detrás de la otra. Este valor se lo ha determinado en 4 900 N/m.

Para observar los diagramas de carga de la viga se debe examinar la Fig. 4.2. Aquí se ubican las cargas distribuidas y los apoyos. Los valores de R_1 , R_2 , R_3 , R_4 corresponden a las fuerzas de reacción de los respectivos apoyos.

Para poder calcular los momentos, se debe emplear la ecuación de los tres momentos debido a que se trata de una viga continua. Esta ecuación se la utiliza para encontrar los momentos entre tres apoyos consecutivos de una viga continua, y se la escribe a continuación:

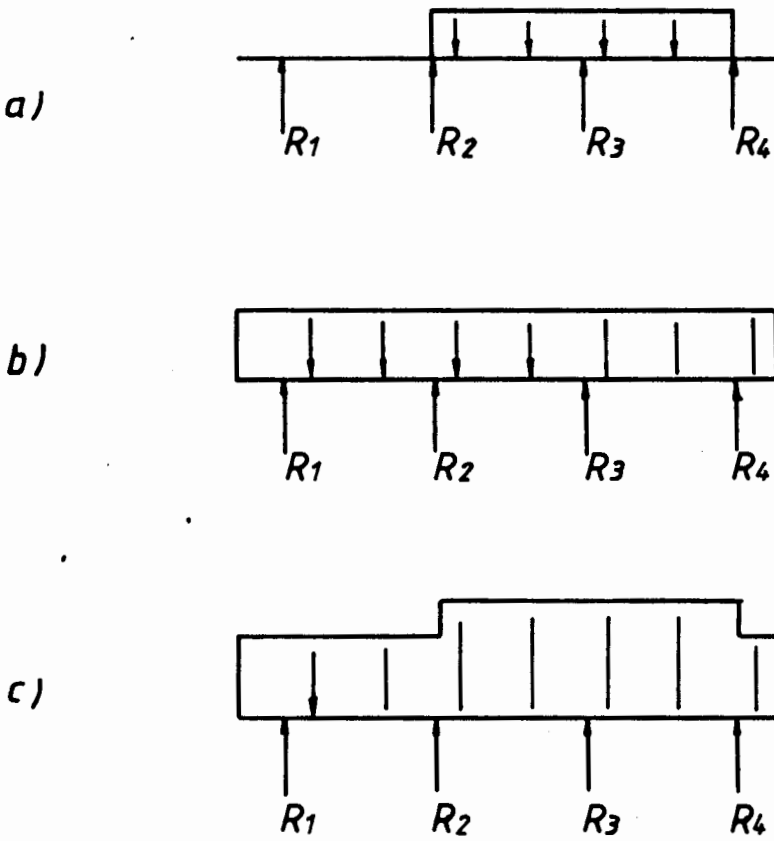
$$M_1 L_1 + 2M_2 (L_1 + L_2) + M_3 L_2 + \frac{6A_1 a_1}{L_1} + \frac{6A_2 a_2}{L_2} = 0 \quad (3)$$

Donde:

M_1, M_2 y M_3 son los momentos en los respectivos apoyos

L_1 : es la longitud del tramo entre los apoyos 1 y 2

L_2 : es la longitud del tramo entre los apoyos 2 y 3



- a) *Carga debida al agua*
 b) *Carga debida a las baterias*
 c) *Cargas totales*

Fig. 4.2: Diagrama de cargas de la viga

El cuarto y quinto término de la ecuación son valores que vienen tabulados según el tipo de carga sobre los tramos 1 y 2 respectivamente. Estos valores se los puede observar en la Tabla 4.5. /3/

Primeramente se usa la ecuación (2) entre los apoyos 1, 2 y 3:

El valor de M_1 se lo calcula previamente haciendo un corte en la viga en el apoyo 1 y utilizando el criterio de sumatoria de momentos a la derecha ($\Sigma M \text{ der.}$).

Como es una carga distribuida se calcula la fuerza multiplicando por la distancia.

$$F = 4\,900 \text{ N/m} \times 0,3 \text{ m} = 1\,470 \text{ N}$$

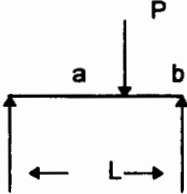
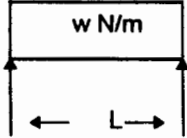
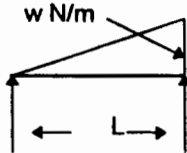
Se ubica esta fuerza en el centro del tramo ya que es uniforme y se calcula el momento que produce con la siguiente fórmula:

$$M = Fd \tag{4}$$

De donde :

$$M_1 = 1\,470 \text{ N} \times 0,15 \text{ m} = 220,5 \text{ J}$$

TABLA 4.5: TIPOS DE CARGA EN UNA VIGA CONTINUA /3/

CASO No.	TIPO DE CARGA SOBRE EL TRAMO	$\frac{6A\bar{a}}{L}$	$\frac{6A\bar{b}}{L}$
1		$\frac{Pa}{L}(L^2 - a^2)$	$\frac{Pb}{L}(L^2 - b^2)$
2		$\frac{wL^3}{4} = \frac{WL^2}{4}$	$\frac{wL^3}{4} = \frac{WL^2}{4}$
3		$\frac{8}{60}wL^3 = \frac{8}{30}WL^2$	$\frac{7}{60}wL^3 = \frac{7}{30}WL^2$

En el primer tramo se tiene una carga igual al caso No. 2 de la Tabla 4.5 con una carga distribuida w igual a 4 900 N/m. Por lo tanto el valor de:

$$\frac{6A_1a_1}{L_1} \Rightarrow \frac{\omega L^3}{4} = \frac{(4900 \text{ N / m})(1\text{m})^3}{4} = 1225 \text{ Nm}^2$$

De igual manera para el segundo tramo, pero en este caso la carga distribuida es de 5 978 N/m.

$$\frac{6A_2a_2}{L_2} \Rightarrow \frac{\omega L^3}{4} = \frac{(5978 \text{ N / m})(1\text{m})^3}{4} = 1494,5 \text{ Nm}^2$$

Por lo tanto en la ecuación (2):

$$(225,5)(1) + 2M_2(1+1) + M_3(1) + 1225 + 1494,5 = 0$$

De donde se obtiene una ecuación con dos incógnitas :

$$4M_2 + M_3 + 2940 = 0$$

De igual manera se hace el cálculo entre los apoyos 2, 3 y 4, de donde se obtiene que:

$$M_2 + 4M_3 + 3209,5 = 0$$

Se resuelve luego este sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas y se obtiene que:

$$M_2 = -570 \text{ Nm}$$

$$M_3 = -659 \text{ Nm}$$

Si se observa la Fig. 4.3, se puede ver que el momento máximo en la viga está en el apoyo 3 y tiene el valor de -659Nm.

El esfuerzo máximo admisible σ_{\max} para el acero inoxidable es de:

$$\sigma_{\max} = 290 \text{ MPa}$$

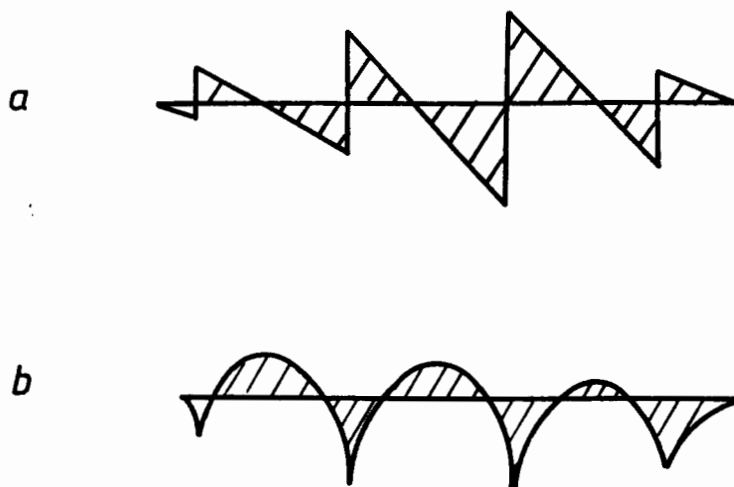
Para calcular el esfuerzo admisible se utiliza la fórmula siguiente:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\max}}{\eta} \quad (5)$$

Donde:

η = factor de seguridad

Para esta aplicación se asigna un valor de 3 como factor de seguridad ya que se trata de la viga principal y tiene que aguantar toda la carga de la máquina. Por lo tanto:



a Diagrama de fuerza cortante
b Diagrama de momento flector

Fig.4.3: Fuerzas y momentos en la viga

$$\sigma_{adm} = 96,6 \text{ MPa}$$

Con estos valores se puede calcular el momento de área S_m con la siguiente fórmula:

$$S_m = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} \quad (6)$$

$$S_m = 659 \text{ Nm} / 96,6 \text{ MPa} = 6\,770 \text{ mm}^3$$

La viga que se ha seleccionado tiene forma de U y está construida con una plancha de acero inoxidable de 3 mm.

Para calcular el momento de inercia I se utiliza la fórmula para el caso de un rectángulo:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (7)$$

Restando los momentos de inercia de dos rectángulos se obtiene el momento de inercia de la viga. El primer rectángulo tiene las dimensiones exteriores de la viga, y el segundo las dimensiones interiores.

Por tanto:

$$I = I_2 - I_1 \quad (8)$$

$$I = \frac{50(150)^3}{12} - \frac{47(144)^3}{12} = 2,3 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

El valor del momento de área se lo calcula con la fórmula:

$$S = \frac{I}{c} = \frac{2,3 \times 10^6 \text{ mm}^4}{73,5 \text{ mm}} = 32 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

La viga escogida para la máquina puede resistir sin problemas las cargas ya que

$$S > S_m$$

VIGAS Y SOPORTES

Para construir las vigas y los soportes se necesita una plancha de 3 mm de acero inoxidable 316 L. Esta plancha se la raya con los instrumentos de medición adecuados como escuadra, rayador y regla. Luego se procede a cortar en la cizalla. Para cortar esta plancha se necesita una máquina

grande para que entre toda la plancha y además una cuchilla especial, ya que el acero inoxidable es duro para cortar. Una vez cortado se lo dobla en una máquina de tal manera que se logre la forma deseada. La viga tiene una sección transversal en forma de U con 500 mm de ala y 150 mm. La plancha viene con una longitud standard de 2 440 mm (8') pero la longitud de la viga es de 3 660 mm (12') por lo tanto es necesario doblarla por partes. Una parte tiene 2 440 mm y la otra 1 220 mm. Estas dos partes se unen por soldadura eléctrica.

Para soldar estas vigas se necesita seleccionar un electrodo especial para acero inoxidable, y para esto se consulta la Tabla 4.6. Aquí se puede ver que para el acero inoxidable AISI 304 el electrodo adecuado es el E 308L-16 y para el AISI 316 L donde se debe de utilizar el E 316 L, el mismo que cumple con las características técnicas. En las Tablas 4.7 y 4.8 se puede observar las características técnicas de estos dos electrodos. La empresa AGA da el nombre de R60 y R63 a estos electrodos.

Al soldar es necesario asegurarse de que el cordón sea continuo para que no haya fugas de agua y no se debe mantener mucho tiempo el arco porque se eleva la temperatura del material y se vuelve propenso a la oxidación.

**TABLA 4.6 : TABLA SELECTORA DE ELECTRODOS PARA
SOLDAR ACERO INOXIDABLE /4/**

METAL BASE AISI	ELECTRODO AGA	CLASIFICACION AWS
201	R60	E 3108L-16
202		
301		
302		
304		
304L		
305		
308		
308L		
316	R63	E316L-16
316L		
309 Mo	R65	E 309L Mo-16
310	R67	E310-16
309	R72	E309L-16
303	R91	
312		E312-16

**TABLA 4.7: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL
ELECTRODO R60 /4/**

Norma:									
A W S		E 308 L - 16							
Análisis del Metal Depositado:									
C	0.02%	Mn	0.6%	Si	0.69%	Cr	19.5%	Ni	10.0%
Propiedades Mecánicas:									
Resistencia a la Tracción		Límite Elástico			Elongación en 2"				
56-61,6 kg/mm ²		29,4-36,4 kg/mm ²			35 - 45 %				
550 a 608 MPa		290 a 360 MPa							
Posiciones de soldar:									
Plana horizontal, vertical ascendente, vertical descendente, sobrecabeza.									
Corriente y Polaridad:									
Para corriente alterna o continua - Electrodo al polo positivo.									
Ømm.	2.0	2.50	3.25	4.0					
Ø Pulg.	5/64	3/32	1/8	5/32					
Amperaje	30 - 40	50 - 75	80 - 110	110 - 145					

TABLA 4.8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELECTRODO R63 /4/

Color de Revestimiento: Marrón						Identificación: Punta Café					
Norma:											
A W S				E 316 L - 16							
Análisis del Metal Depositado:											
C	0,03%	Mn	0,8%	Si	0,9%	Cr	19,0%	Ni	11,0%	Mo	2,7%
Propiedades Mecánicas:											
Resistencia a la Tracción				Límite Elástico				Elongación en 2"			
59,2 kg/mm ²				44,8-50,0 kg/mm ²				35 - 40 %			
580 MPa				440-490 MPa							
Posiciones de soldar:											
Plana horizontal, vertical ascendente, vertical descendente, sobrecabeza.											
Corriente y Polaridad:											
Para corriente alterna o continua - Electrodo al polo positivo.											
Ømm	2,50			3,25			4,0				
Ø Pulg.	3/32			1/8			5/32				
Amperaje	60 - 70			80 - 100			110 - 140				

CUBIERTA

La cubierta de la máquina (Plano MLB-140) consiste en una estructura en forma de túnel a través del cual pasan las baterías en las etapas de enjuague y limpieza. Es necesario formar este túnel ya que el agua utilizada en estas etapas debe permanecer dentro del sistema. Las paredes del túnel impiden que el agua salga y permite que ésta descienda hacia las bandejas. Debido a que la cubierta de la máquina va a estar en contacto con el agua acidulada es necesario que sea de acero inoxidable 316 L. La cubierta va unida a las vigas de la estructura por medio de pernos también de acero inoxidable. La cubierta tiene también fines estéticos y sirve para ocultar a la vista los elementos como las bombas y bandejas.

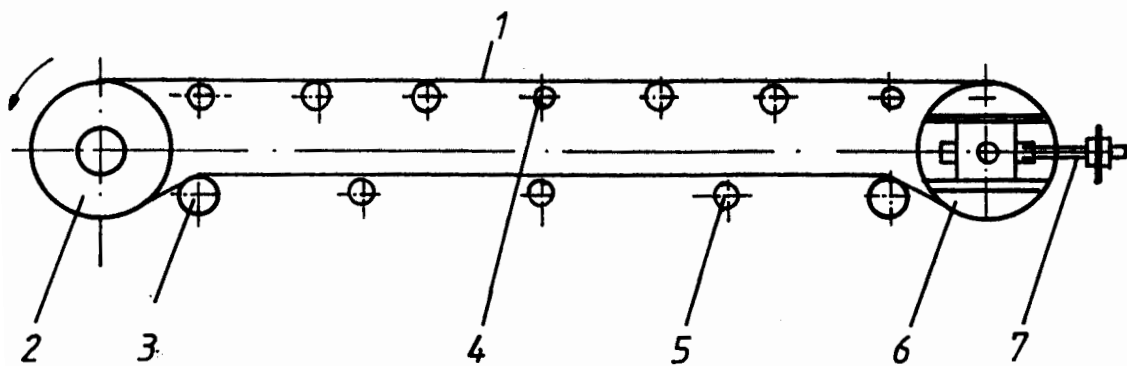
Para construir la cubierta se necesita aproximadamente 3 planchas de acero inoxidable de 1 mm . Dos de ellas sirven como paredes y con la otra se hace la tapa. Las paredes cubren la parte lateral de la máquina y se doblan de tal manera que quede una superficie horizontal de 50 mm y pueda descansar sobre el ala de la viga para ser empemada. Es decir tiene forma de escalón. Las dos paredes son simétricas es decir va una a cada lado de la máquina y son paralelas. Las dos paredes están unidas en la parte superior por unas pequeñas vigas también construidas de acero inoxidable, que completan el túnel. Estas vigas se sueldan a las paredes con electrodos de acero inoxidable. Se colocan dos en los extremos y tres

más, separadas a una distancia de 610 mm de tal manera que se forman cuatro compartimentos en los cuales se coloca cuatro tapas. Se utiliza cuatro tapas para que sea más fácil levantarlas en caso de alguna eventualidad. Las tapas también se construyen de plancha de acero inoxidable. El espesor de la plancha utilizado para toda la cubierta es de 1 mm ya que ésta no va a soportar ninguna carga. Las tapas tienen dos bisagras construidas con platinas de acero inoxidable y una manigueta del mismo material de tal manera que el operador la pueda levantar con facilidad.

4.3. SISTEMA TRANSPORTADOR

Las baterías deben ser transportadas dentro de la máquina a lo largo de todo el proceso de lavado, para esto se necesita un sistema transportador. Este sistema puede ser de rodillos o de banda. En la Fig. 4.4 se observa un esquema de un transportador de banda.

En el caso de los rodillos se tiene el inconveniente de que no existe mucha fricción entre la batería y éstos, y por lo tanto se pueden resbalar las baterías sin lograr un eficaz transporte. Al mismo tiempo para lograr el movimiento de los rodillos se necesita una cadena, la cual normalmente es construida de acero y al estar en contacto con el agua con ácido, se corroería rápidamente. Una cadena de este tipo en acero inoxidable no se



- 1 Banda
- 2 Tambor motriz
- 3 Rodillo de tensión
- 4 Rodillo de apoyo ramal de carga
- 5 Rodillo de apoyo ramal de vacío
- 6 Tambor impulsado
- 7 Sistema de pretensión

Fig.4.4: Esquema de un transportador de banda

encuentra en el mercado además del costo excesivo que representaría. Por otro lado cada rodillo necesita dos chumaceras para poder rotar sobre ellas y un piñón en un extremo que esté en contacto con la cadena. Utilizar este sistema sería por tanto muy costoso y no se justifica el gasto.

La otra opción es usar una banda transportadora. Este sistema de transportador consta de dos tambores en los extremos de la banda, uno de los cuales está conectado a un motor, mientras que el otro gira libremente impulsado por el movimiento de la banda en tensión.

En este caso también hay el inconveniente de que la banda y los tambores van a estar en contacto con el agua acidulada, pero los materiales de la banda que se encuentran en el mercado son diversos y existe un tipo que se acopla a las necesidades de este sistema: una banda de caucho con un tejido de nylon en su interior. El caucho aparte de ser impermeable permite tener una buena fricción y el agua acidulada no le afecta al nylon. Con este tipo de sistema existe el inconveniente de que debido al peso de las baterías la banda puede pandearse y las baterías no seguirían un movimiento uniforme sino en forma sinusoidal.

Dentro de los dos sistemas anotados se escoge una combinación de ambos
Se mantiene como la mejor opción el transportador de banda pero se

incluyen debajo de la banda unos rodillos sin acción motor para que puedan soportar las cargas de las baterías y permitan un mejor transporte. Los rodillos se colocan a una distancia de 150 mm entre sí. El sistema transportador de banda también incluye unos rodillos de apoyo pero a una mayor distancia de separación. A continuación se va a explicar como está constituido el sistema y como fue construido.

Los tambores deben ser construidos con acero inoxidable. El diámetro de los mismos depende de la capacidad de la banda para doblarse y también debe mayor que el ancho de la viga, cuya medida es 150 mm. Por lo tanto se ha escogido un diámetro de 152,4 mm (6"). Estos tambores se los fabrica de un tubo de acero inoxidable de este diámetro que se lo maquina en el torno. El espesor de la pared del tubo que se escogió fue el de un tubo de cédula 40. El valor del diámetro es aceptable ya que permite una buena envolvente sin gastar mucho material ni hacerlo tan pesado. El espesor del tambor debe ser tal que soporte la torsión sin problemas y es por esto que se escoge este número de cédula. Los tambores llevan en su parte interior un eje concéntrico también de acero inoxidable con un diámetro de 38 mm (1 ½ "). Para unir el eje con el tambor se coloca 2 tapas en los extremos del tambor. Unas manzanas van soldadas a las tapas que se introducen dentro de la superficie interior del tambor y se sueldan con un electrodo para acero inoxidable y un cordón continuo de 4 mm de garganta. Las manzanas tienen un agujero del mismo diámetro del eje y van

unidas al eje por una chaveta. Esta chaveta sirve para transmitir el movimiento del eje a la manzana y por ende al tambor. La chaveta se asegura con un perno prisionero "allen" de 10 mm (3/8") por 20 mm (3/4") de longitud. En el plano MLB-120 se presenta un plano del conjunto eje - tambor.

El eje de estos tambores gira sobre unas chumaceras que son empemadas en la parte exterior de la viga. Estas chumaceras son de pared, de cuatro agujeros y con 38 mm (1 ½ ") de diámetro para el eje.

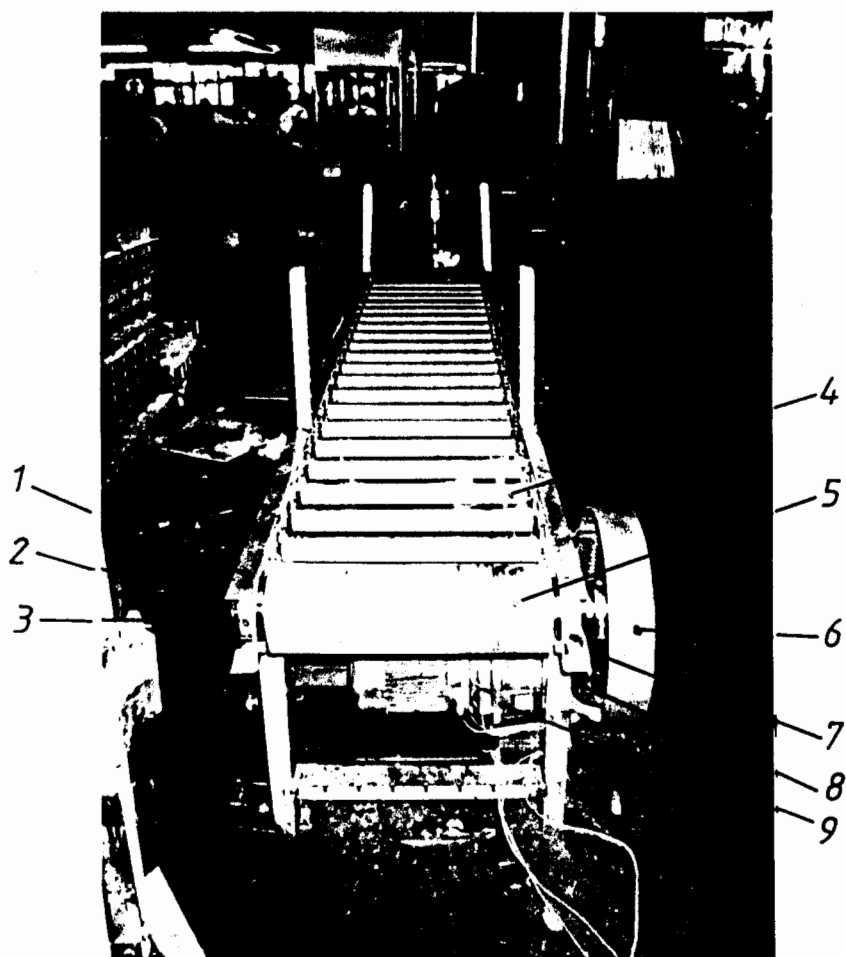
Como se dijo anteriormente uno de los tambores está conectado a un motor y se lo denomina motriz, mientras que el otro está conectado a un sistema de pretensión. Este sistema de pretensión que se observa en el plano MLB-110 permite templar la banda una vez que se coloca sobre los tambores y se logra la fricción necesaria para que se mueva el sistema transportador.

El sistema de pretensión consiste en dos chumaceras que se deslizan sobre unos rieles y cuya posición puede ser ajustada con un tornillo y dos tuercas. Al girar la tuerca, ésta permanece fija y el tornillo se desplaza. El sentido en el que se desplaza el tornillo depende del sentido de giro de la tuerca. El tornillo está unido a la chumacera y por lo tanto ésta también se desplaza

junto con el eje del tambor. En ambos extremos del eje del tambor se tiene el mismo sistema y al accionarlo paralelamente se logra que se desplace el tambor y tense la banda. El sistema transportador se lo puede observar en la Fig. 4.5.

Además de los tambores para poder soportar la banda y para que se mueva sin problemas se coloca unos rodillos adicionales ubicados a una distancia de 150 mm entre sí. Estos rodillos son hechos de tubería de PVC de 38 mm (1 ½ ") y tienen en sus extremos dos rodamientos en forma de tapón que entran a presión en los extremos de los rodillos. En el interior de los rodillos se coloca un eje hecho de varilla de acero inoxidable de 6 mm (1/4"). Los ejes descansan en sus extremos sobre la viga sin rotar, y los rodillos giran sobre esos ejes. Estos rodillos son locos es decir no tienen acción motor, y se mueven junto con la banda. En total se tienen 20 rodillos de este tipo con un longitud del rodillo de 500 mm .

En la parte inferior de la banda se tiene también estos rodillos. A 200 mm del tambor se coloca el primero, el cual sirve para aumentar la envolvente, es decir que la banda tenga más superficie de contacto con el rodillo y se pueda transmitir mejor el movimiento sin pérdidas de potencia. Además sirve para sostener la banda y evitar el pandeo. Este rodillo tiene un diámetro de 63,5 mm (2 ½ ") y su eje de rotación está 50 mm (2") por debajo del eje del tambor. De esta manera la banda al terminar de cubrir



1 *Viga principal*

2 *Eje del tambor*

3 *Chumacera*

4 *Rodillo de apoyo*

5 *Tambor motriz*

6 *Tapa de seguridad*

7 *Engranaje del tambor*

8 *Engranaje del motor*

9 *Motorreductor*

Fig.4.5: Sistema transportador

el tambor debe subir para pasar sobre el rodillo, por lo que se produce un mayor contacto entre la banda y el tambor. Cada 1 200 mm de separación se ubica otro rodillo que sirve para ayudar así mismo a sostener la banda. En total se tiene 4 rodillos en la parte de descarga. Estos rodillos también giran de la misma manera y son de las mismas dimensiones y material de los de la parte superior.

En el sistema transportador se debe construir los tambores impulsor e impulsado y los rodillos de soporte. La banda, las chumaceras, el motorreductor, el sistema de engranajes y la cadena se los compra en el mercado. Los tambores además tienen otros elementos como el eje, la manzana. La construcción de todos estos elementos se detalla a continuación.

EJES DE LOS TAMBORES.

Para seleccionar el eje del tambor (plano MLB-122) se debe calcular el diámetro del mismo, de tal manera que pueda soportar el torque aplicado por el motor. El material del eje debe ser acero inoxidable AISI 304, el cual tiene una resistencia a la tracción de $290 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. A continuación se explica paso a paso el cálculo:

$$\sigma_{\max} = 290 \text{ MPa}$$

Para calcular el esfuerzo admisible se utiliza la fórmula (5):

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{max}}{\eta}$$

Donde:

η : factor de seguridad

Para el caso del eje se escoge un factor de seguridad de 2 y por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{max}}{\eta} = \frac{290 \times 10^6 \text{ N} / \text{m}^2}{2} = 145 \times 10^6 \text{ N} / \text{m}^2$$

El esfuerzo cortante máximo cuando se aplica un torque a una viga se lo calcula de la siguiente manera:

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \tag{9}$$

Donde:

τ_{max} = esfuerzo cortante

T = momento de torsión

r = radio

J = momento polar de inercia

El momento de torsión es el torque que aplica el motor sobre el eje que o la fuerza tangencial aplicada multiplicada por el radio del eje. Para este caso si la potencia del motor es de 1 500 W y la velocidad angular es de 0,901 1/s entonces el torque es igual a:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{1500W}{0,901rad / s} = 1665Nm$$

El momento polar de inercia se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi r^4}{2} \quad (10)$$

Si se reemplazan estos valores en la fórmula (9), se obtiene que:

$$145 \times 10^6 W = \frac{(1665Nm)}{\frac{\pi r^4}{2}}$$

De aquí se despeja el valor del radio, entonces:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2(1665Nm)}{(3,14)(145 \times 10^6 N / m^2)}} = 0,019m$$

Por lo tanto el eje que se escoge tiene un diámetro de 38 mm (1 ½ ").

Una vez realizado el cálculo se adquiere en el mercado un eje de este diámetro y de una longitud de 1 400 mm. Este eje se lo corta en la sierra eléctrica a 600 mm. Luego se lo coloca en el torno, se refrenta los extremos y se le hace un pequeño bisel para que pueda entrar con facilidad en las chumaceras. Luego se lo coloca en la fresadora y se le maquinan dos chaveteros empezando a 100 mm de los extremos. Estos chaveteros tienen 10 mm (3/8") de ancho con una profundidad de 5 mm (3/16") y de 65 mm (2 1/2 ") de longitud. En esta cavidad se coloca la chaveta que le transmite el movimiento a la manzana y por ende al tambor.

Este eje corresponde al tambor impulsado. El eje del tambor impulsor tiene mayor longitud ya que en uno de sus extremos va la rueda dentada que lo hace rotar. La construcción es similar al anterior con la diferencia de que se debe realizar otro chavetero para la transmisión del movimiento con la rueda dentada. Este chavetero tiene las mismas medidas del anterior ubicado a 20 mm de uno de los extremos.

MANZANA

Las manzanas (plano MLB-123) son las que transmiten el movimiento al tambor. Constan de una torta de acero inoxidable de 8 mm de espesor y de 150 mm de diámetro, correspondiente al diámetro interior del tambor. Además un eje concéntrico de 80 mm de diámetro y 60 mm de longitud

también de acero inoxidable que va soldado a la torta. La torta se la fabrica de una pieza de plancha de acero inoxidable AISI 304 de 8 mm de espesor la cual es cortado con plasma en forma de circunferencia. El acabado del corte con plasma es preciso y no se desperdicia material. El eje por su parte se corta en la sierra eléctrica con 3 mm de sobremedida. Luego se coloca en el torno y se le hace una perforación de 38 mm (1 ½ ") en el centro. Posteriormente se refrenta el eje y se le da un bisel en la cara que va soldada a la torta. El eje se suelda a la torta concéntricamente con soldadura eléctrica empleando electrodos de acero inoxidable E316L . El cordón es continuo alrededor del eje y el bisel ayuda a que se aloje el material del electrodo fundido. Este conjunto llamado manzana se coloca luego en el torno y se le da el diámetro final a la torta. La torta también es perforada en el torno con un diámetro de 38 mm (1 ½ "). Luego la manzana se coloca en el cepillo y se realiza un canal o chavetero. Este canal es de 10 mm de ancho (3/8") y de 5 mm (3/16") de profundidad a todo lo largo de la manzana. En el eje se hacen dos perforaciones, una exactamente sobre la canal o chavetero y la otra a 90 grados. A estas perforaciones se les hace una rosca con machuelos de 10mm (3/8"). para que puedan entrar unos pernos prisioneros de esta medida. Uno de los pernos prisioneros sirve para asegurar la chaveta que no se salga de su sitio y el otro sirve para asegurar el eje que no se deslice hacia ningún lado. Las manzanas se introducen al interior del tambor una distancia de 70 mm y se sueldan a la superficie

interior del tambor. El eje del tambor se introduce en las manzanas y queda fijo a ellas gracias a la chaveta y a los pernos prisioneros.

TAMBORES

Los tambores se los elabora utilizando un segmento de tubería de acero inoxidable de 150 mm (6") de diámetro interior y de cédula 40. Para seleccionar el espesor de la pared del tambor se debe hacer un análisis de momento torsionante. Se realiza el mismo procedimiento que se utilizó para seleccionar el eje pero en este caso el momento polar de inercia cambia de fórmula debido a que se trata de un tubo. Luego de realizar esto dio como resultado un valor de 1mm de espesor de pared. Sin embargo se escoge un valor mayor ya que el tubo va a ser soldado con la torta y existe peligro de deformaciones en caso de tener un espesor de pared tan delgado. Además el tubo seleccionado existe en el mercado en esas dimensiones y no es necesario maquinarlo para obtener estas medidas.

Este tubo se corta en la sierra eléctrica a 525 mm de longitud y se lo coloca en el torno. Debido a su diámetro se lo sujeta al torno internamente y además se utiliza una luneta de apoyo en el otro extremo. Primeramente se refrenta el tambor hasta dejarlo a la longitud deseada que es de 520 mm. Luego se tornea el tambor hasta obtener una superficie completamente cilíndrica, ya que el material tiene un acabado basto. Este trabajo toma

bastante tiempo ya que las profundidades de corte no son muy grandes por la dureza del material.

Una vez que el tambor está cilíndrico se le da una forma bombeada, de manera similar a un barril. Esto se logra colocando el carro del tomo con una inclinación de 1 grado y se lo maquina hasta una longitud de 150 mm medida desde el extremo. Se hace el mismo procedimiento a ambos lados del tambor de tal manera que en el centro queda una parte cilíndrica y en los extremos una parte cónica apenas perceptible. Esto se realiza para que la banda no tenga movimiento lateral sobre el tambor.

En la parte interior del tambor se tomea en los extremos hasta 70 mm dentro del tambor de tal manera que la superficie quede cilíndrica y se forme una ceja donde se pueda asentar la torta. Esta ceja permite obtener una referencia para que la torta quede perpendicular al tambor.

La manzana se suelda con electrodos de acero inoxidable con un cordón continuo. Este proceso de soldado se hace por partes para que no se sobrecaliente el material y se lo hace alternadamente para que no se deforme el tambor.

La chaveta se la fábrica de acero inoxidable de sección cuadrada de 10 mm (3/8") y de una longitud de 60 mm y se la redondea en los extremos.

CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA BANDA

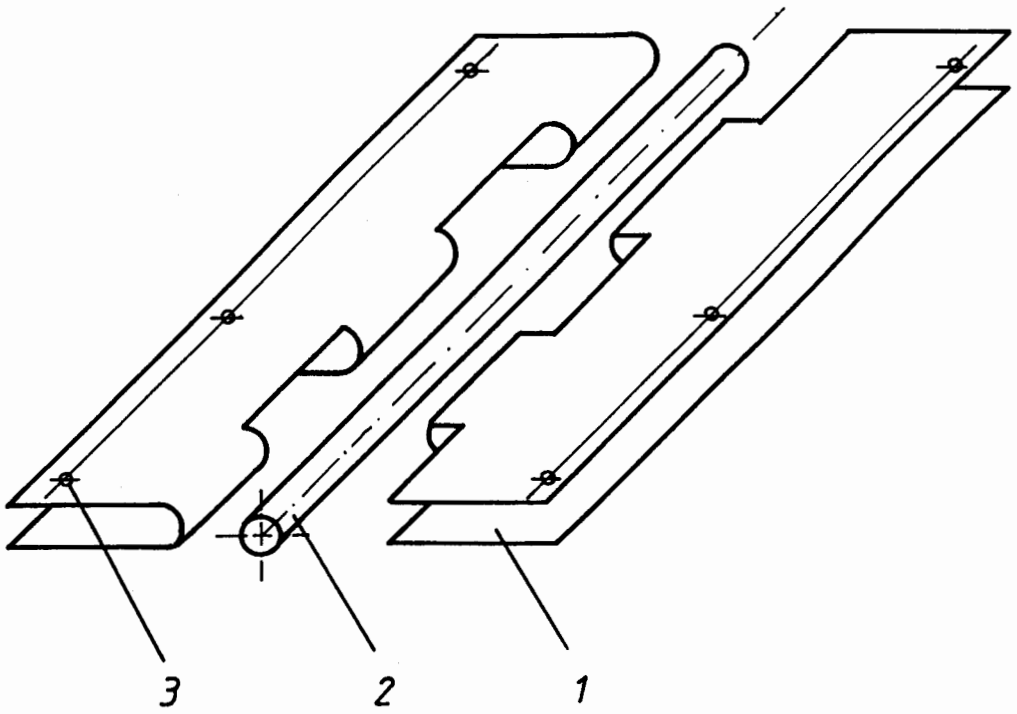
Las dimensiones de la banda dependen de las dimensiones de las baterías y de la cantidad de baterías que se desea lavar al mismo tiempo. Los diferentes tipos de baterías que se fabrican tienen diferentes dimensiones en sus cajas, ver Tabla 2.1. Por lo tanto hay que escoger las dimensiones que se adapten a la mayoría de ellas tratando de aprovechar al máximo el espacio.

De acuerdo a la Tabla 2.1 se observa que la batería más grande que se fabrica tiene un ancho de 285 mm. A cada lado de la batería se deja un espacio para que ésta pueda ser lavada lateralmente; el ancho mínimo que se puede dejar para la banda es de aproximadamente 485 mm considerando 100 mm a cada lado. De acuerdo a lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta además de que las baterías no necesariamente van a ser colocadas en el centro de la banda se ha escogido una banda de 500 mm (20"). Las bandas en el mercado vienen en medidas estándar de 457,2 mm (18") o 609,6 (24"), si se desea una banda de diferente medida se la construye bajo pedido de acuerdo a las necesidades particulares. Como se mencionó antes, es difícil que las baterías vayan alineadas, puesto que no se espera mucha precisión por parte de los operadores al cargar las baterías. Por lo tanto se escoge una banda de 20 pulgadas para tener un ancho maniobrable al cargar las baterías y que sea fácilmente manipulable.

Si se deseara lavar varias baterías al mismo tiempo, se necesitaría una banda más ancha y en sí la máquina debería ser más ancha, pero esto significaría más gasto de material en todos los sentidos; en consecuencia con este ancho de banda se cumple con los requerimientos tecnológicos y se ahorra material y dinero. Cabe destacar que en un transportador uno de los elementos más costosos es precisamente la banda.

La banda, como se explicó, es una banda sin fin y se mueve propulsada por los tambores. Por lo tanto ésta debe estar unida en sus extremos. Para unir una banda se la puede vulcanizar, es decir calentarla hasta que se empiece a deformar por la alta temperatura y luego se unen los extremos. Sin embargo de esta manera es imposible sacar la banda de la máquina para las operaciones de mantenimiento. Otra opción es unirla por medio de una grapa, que es un elemento de unión muy utilizado. Para este caso la grapa debe de ser resistente a la corrosión y debe soportar las tensiones, por lo que se recomienda sea de acero inoxidable.

Las grapas se adquieren en el mercado, pero normalmente no se fabrican de acero inoxidable, por lo que en este caso particular fue necesario construirlas. Constan de dos platinas dobladas en U que se unen a los extremos de la banda con remaches, que se interceptan entre sí de tal manera que una varilla encaja entre ellas y quedan unidas como se indica en la Fig. 4.6.



- 1 *Bincha*
- 2 *Pin*
- 3 *Agujeros para remaches*

Fig.4.6: Grapa para cerrar la banda

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE LA BANDA

Para calcular la velocidad de la banda y por ende el número de revoluciones del tambor se tiene que tomar en cuenta la producción diaria de baterías en la empresa. Actualmente la producción promedio es de 800 baterías diarias. La demanda aumenta con el tiempo y debido a que esta máquina tiene un tiempo de vida útil estimado en 10 años, se hará el cálculo para 1 500 baterías diarias.

En base a una producción esperada de 1 500 baterías diarias se calcula la cantidad de baterías que deben lavarse por minuto. Para esto se asume que de la jornada de trabajo que son ocho horas la jornada efectiva es de 5 horas. Esto se debe a las paralizaciones normales que existen y también hay que tomar en cuenta el hecho de que no siempre habrá baterías disponibles para ser lavadas. Con todo esto se calcula:

$$1\ 500 \text{ bat./día} \times 1 \text{ día} / 5 \text{ horas} \times 1 \text{ hora} / 60 \text{ min.} = 5 \text{ bat/ min.}$$

Si se deben lavar 5 baterías por minuto quiere decir que cada 12 segundos debe salir de la máquina una batería lavada.

Para calcular la velocidad de la banda es necesario considerar el caso crítico que es lavar baterías de mayor longitud que se fabrican en la

empresa. Éstas tienen 530 mm de largo y se deja una distancia de separación de 200 mm entre ellas. Por lo tanto la batería con la banda deben recorrer 730 mm en 12 segundos lo que da:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{75\text{cm}}{12\text{s}} = 6,25 \text{ cm/s}$$

Ésta es la velocidad tangencial en el tambor y como este tiene un radio de 7,62 cm (3") la velocidad angular es de:

$$\omega = \frac{6,25\text{cm} / \text{s}}{7,62\text{cm}} = 0,82 \text{ 1/s.}$$

Para transformar a revoluciones por minuto:

$$0,82 \text{ 1/s} / 2\pi \text{ rad/rev.} \times 60 \text{ s/1 min.} = 7,8 \text{ rev./ min.}$$

Por lo expuesto, se necesita una velocidad mínima de rotación del tambor de 7,8 revoluciones por minuto para que se puedan lavar 1 500 baterías de 195 Ah en un día.

Con esta velocidad de rotación se pueden lavar muchas más baterías pequeñas en un día. Esta velocidad de rotación no puede ser inferior a este valor pero si puede ser mayor y esto depende del tiempo que requiere la

batería para ser secada en la etapa correspondiente. Esta velocidad de rotación se la puede fijar según las conveniencias pero ya se tiene una referencia del valor mínimo del cual no se debe bajar para poder cumplir con la producción. La velocidad de rotación del tambor se logra mediante una relación de poleas o engranajes conectados al motor.

Los motores tienen generalmente una velocidad de rotación de 1 750 1/min., 3 500 1/min., etc., entonces para lograr reducir la velocidad en el tambor se requiere una relación de velocidades de 1 a 100 aproximadamente que se la puede lograr en varias etapas. Se puede regular las velocidades de la banda de acuerdo al tipo de batería instalando un variador de velocidades, esto supone más gastos sin embargo le da una mayor versatilidad a la máquina.

La velocidad de la banda se la obtiene de la siguiente manera. Se utiliza un motorreductor que es un motor con reductor de velocidad incluido, como se puede observar en la Fig. A1-2 del Anexo 1, que entrega a la salida 30 revoluciones por minuto. En el eje del motorreductor se coloca un engranaje de un diámetro pequeño y con cierto número de dientes. En el eje del tambor se coloca otro engranaje de mayor diámetro y mayor número de dientes. El engranaje pequeño transmite el movimiento al grande y dependiendo de la relación de dientes se logra reducir la velocidad de salida.

CÁLCULO DE LA CARGA QUE DEBE TRANSPORTAR LA BANDA

La banda transportadora debe transportar diversos tipos de baterías con diferentes medidas y pesos, como se puede ver en la Tabla 4.9. Entre los diferentes tipos de cajas de baterías se escoge las más pesadas para hacer los cálculos. Por ejemplo entre las cajas de tipo 24 la batería más pesada es la de 70 amperios hora.

La banda transportadora tiene un ancho de 500 mm y 3 600 mm de largo y se asume cierta distribución de las baterías en la misma. Para el tipo 24 de acuerdo a las dimensiones anotadas, se colocan dos baterías a lo ancho de la banda. Entre cada batería se deja un espacio de 100 mm y como la batería tiene una longitud de 260 mm se considera 360 mm por batería. Por lo tanto entran 11 baterías a lo largo por cada fila, por lo que serían 22 baterías si se considera dos filas. De esta manera, 22 baterías con un peso de 20,28 kg suponen un peso de 446 kg sobre la banda.

De igual manera para las baterías de 72 amperios de caja tipo 27 se asume una distribución similar con dos baterías a lo ancho. Como la caja es más larga solo entrarían 9 baterías sobre el transportador lo que da un peso de:

$$18 \text{ bat.} \times 22,14 \text{ kg/bat.} = 398,5 \text{ kg}$$

TABLA 4.9: PESO DE ALGUNOS TIPOS DE BATERÍAS

Cap. de Carga Ah	Tipo de Caja	Dimensiones mm	Peso kg
70	24	260x170x200	20,28
72	27	315x175x200	22,14
195	8D	530x285x240	54,5

Con las baterías más pesadas, es decir las de 195 amperios hora, es imposible formar más de una fila en la banda y debido a su longitud solo entran 7.

Esto multiplicado por su peso da:

$$\text{Peso} = 7 \times 54,5 \text{ kg} = 381,5 \text{ kg}$$

El mayor peso que se obtuvo fue con las baterías de 70 Ah e inclusive se ha considerado condiciones extremas puesto que es difícil que los operadores puedan alinear dos baterías a la vez a lo ancho de la banda. Por lo tanto se va a escoger para los cálculos un valor de 500 kg de carga sobre la banda, que es un valor superior a los previamente calculados .

CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR DEL TRANSPORTADOR

La potencia requerida para impulsar un transportador de banda es la suma de las potencias necesarias para: 1) mover la banda vacía, 2) mover la carga en sentido horizontal y 3) elevar la carga, si el transportador esta inclinado.

Para calcular la potencia necesaria para mover la banda vacía se debe tomar en cuenta la distancia entre los centros y el ancho de la banda. En este caso la distancia entre centros es de 3,6 m y el ancho de la banda es

de 0,5 m (20") por lo tanto la potencia requerida es de 250 W. Para mayor información ver Fig. A1-7 del Anexo 1.

$$Pot_1 = 300 \text{ W}$$

Como se explicó anteriormente la banda tiene que mover una carga de 500 kg a una velocidad mínima de 6,25 cm/s. Debido a que la transmisión de potencia entre el tambor y la banda es por fricción, y no toda la banda está en contacto con el tambor es necesario multiplicar el valor de la fuerza por un factor que se encuentra en la Fig. A1-8. De aquí que para un ángulo de envolvente de 210° con la superficie del tambor desnuda se considera un valor de 1,67.

Por lo tanto como la potencia es igual a la fuerza multiplicado por la velocidad:

$$F = 1,67(500 \text{ kg}) \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 8 \ 183 \text{ N}$$

$$v = 0,0625 \text{ m/s}$$

$$Pot_2 = 8 \ 183 \text{ N} \cdot 0,0625 \text{ m/s} = 511,4 \text{ W}.$$

Sumando los dos valores se tiene que la potencia nominal es de 811,4 W.

Para calcular la potencia real del motor se considera los factores de servicio y las pérdidas en la transmisión de potencia. Por lo tanto:

$$Pt = \frac{P_n}{\eta, \eta_m} = \frac{861,4W}{(0,8)(0,85)} = 1266W$$

Para seleccionar el motorreductor correcto se recurre al catálogo de algún fabricante y se consideran algunos factores como: las dimensiones generales, que deben ser adecuadas para que se pueda instalar sin problemas en la máquina; que tenga la velocidad de salida requerida; el torque y la potencia adecuada. En este caso se desea tener el menor número de revoluciones posibles para que la relación de engranajes luego no sea tan elevada.

Para este caso particular se elige el motorreductor MAS 35/DF de 1 500 W y 30 1/min, con un par motor de 475 Nm. En la Fig. 4.7 se observa las dimensiones generales de algunos motorreductores marca BONFIGLIOLI. En la Tabla 4.10 por su parte se detalla las dimensiones de los diferentes conjuntos. Se eligió este motorreductor debido a que sobrepasa en un pequeño margen la potencia requerida, además la velocidad de salida es aceptable y como se observa el diámetro del eje está en concordancia con el del eje del tambor del transportador, lo que permite utilizar el mismo tipo de engranajes.

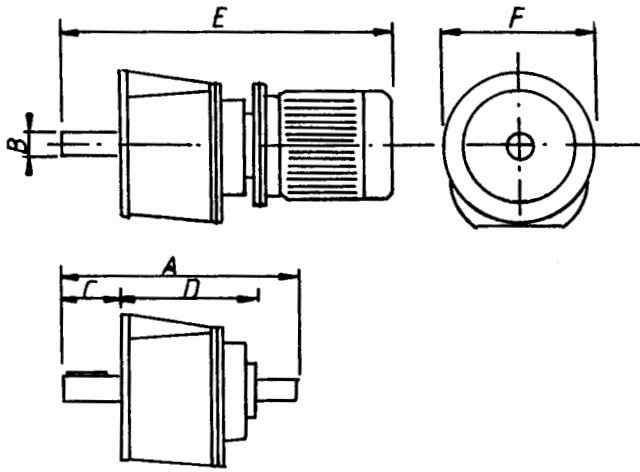


Fig.4.7: Dimensiones generales de los motor

**TABLA 4.10: DIMENSIONES DE LOS MOTORREDUCTORES
BONFIGLIOLI**

CAJA	MOTOR	RPM	A	Bh6	C	D	E	F
	kW	1/min	mm	mm	mm	mm	mm	mm
30	0.55	19	329	30	60	219	550	250
	0.75	22						
	1.1	30	314			214	500	
	1.5	42						
35	0.75	17	349	35	80	245	600	250
	1.1	21						
	1.5	30	334			214	500	
	1.8	34						
45	0.75	9.5	349	45	90	245	60	300
	1.1	14.8						
	1.5	16.5	395			255	50	
	1.8	22						
	2.2	270						

SELECCIÓN DE ENGRANAJES Y CADENA

Para poder lograr la reducción de velocidad desde el motor hasta el tambor del transportador se va a utilizar dos engranajes con diferente número de dientes, uno acoplado al eje del motorreductor y otro acoplado al árbol de transmisión del tambor.

El eje del motorreductor tiene un diámetro de 35 mm, entonces se escoge un par de engranajes de ese diámetro de agujero. En el eje del motor se coloca un engranaje de 20 dientes y en el del tambor se coloca uno de 70 dientes de tal manera que la reducción de velocidad sea de 3,5 a 1. Para poder transmitir mejor la potencia se utiliza unos engranajes con doble hilera de dientes. Esto asegura que los engranajes resistan mejor la transmisión ya que se alivia la carga sobre cada diente.

Para unir los engranajes se emplea una cadena doble. Para determinar el número de cadena adecuado se consulta el diagrama de selección rápida en un catálogo de cadenas, Fig. A1-3 del Anexo 1. Parte de este diagrama se presenta en la Fig. 4.8. Se tiene como dato la velocidad en el engranaje pequeño que es de 30 1/min. y la potencia que debe de vencer el motor que es de 750 W (1HP), entonces se ingresa al diagrama con estos dos valores.



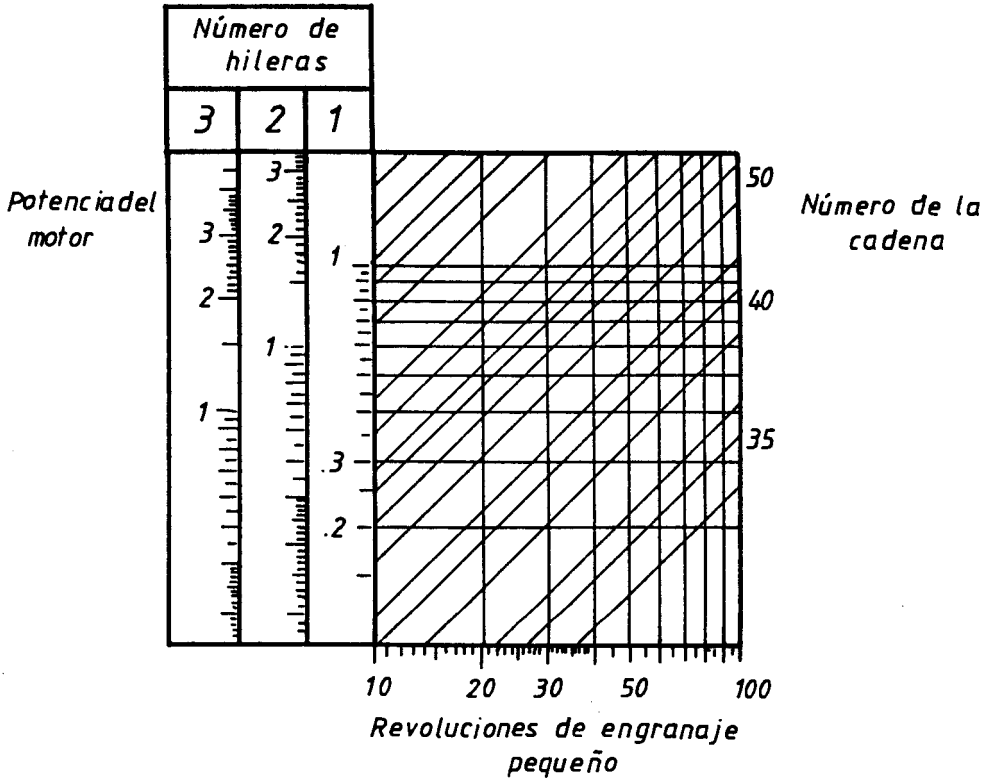


Fig.4.8: Diagrama para seleccionar cadenas /6/

Ambos valores se interceptan en las líneas correspondientes a la cadena ASA # 50 con 20 dientes aproximadamente para el engranaje pequeño.

4.4. DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERÍAS PARA AGUA

El sistema de distribución de agua consta de un grupo de duchas, una bomba y una bandeja conectadas entre si por medio de tuberías de PVC. La bomba se adquiere en el mercado, y tiene la carcasa y el impeler de PVC. Los otros componentes como las bandejas y el sistema de tuberías se lo debe construir. A continuación se explica el proceso de construcción de las diferentes partes.

RESERVORIOS DE AGUA

Las bandejas son recipientes en los cuales se almacena el agua utilizada en el proceso de enjuague y limpieza. Se construyen cuatro bandejas de similares características. La primera se utiliza para el proceso de enjuague, la segunda para el proceso de limpieza, la tercera y cuarta sirven para almacenar el agua que permanece en la banda y evitar que ésta se derrame al piso.

Las bandejas se fabrican de planchas de acero inoxidable AISI 316 L de 1 mm de espesor. Estas planchas se trazan primero con rayador, regla y escuadra. Luego se las corta en la cizalla y se la dobla en una máquina

dobladora. Las bandejas tienen una inclinación para permitir que el agua se aloje siempre en el lado de la alimentación a la bomba. Las esquinas de las bandejas se sueldan con soldadura para acero inoxidable con un electrodo de 2,5 mm (3/32") de diámetro y a bajo amperaje para evitar que se hagan huecos debido a que el material es bastante fino.

Las bandejas tienen a los lados unas alas de tal manera que se unen con pernos al ala inferior de las vigas principales de la estructura de la máquina. Se utilizan pernos de acero inoxidable de 6 mm (1/4") y se coloca un caucho entre la bandeja y la viga para que evitar que se salga el agua.

La primera bandeja (plano MLB-151) tiene 800 mm de longitud y un ancho de 550 mm que es la distancia de separación de las dos vigas de la máquina. El lado más profundo tiene 350 mm y el otro 300 mm. En la parte inferior se hace una perforación y se suelda una unión roscable de acero inoxidable de 3 mm (1 1/4") para que pueda evacuar el agua. En una cara lateral en la parte inferior del lado de mayor profundidad se hace otra perforación y se suelda otra unión roscable de acero inoxidable de la misma medida. Por esta vía sale el agua hacia la bomba. En la otra cara lateral en la parte superior se realiza el mismo procedimiento, esta vez para la alimentación de agua al sistema.

La segunda bandeja (plano MLB-152) es casi igual a la primera con la diferencia que tiene 900 mm de longitud, debido a que tiene que albergar mayor volumen de agua. La tercera bandeja (plano MLB-153) tiene la misma longitud y ancho que la anterior, pero el lado más profundo tiene 150 mm. Esta bandeja está conectada a la segunda bandeja con una manguera y permite el retorno del agua. Otra diferencia es que no tiene las perforaciones para alimentación y evacuación del agua. La cuarta bandeja está ubicada al final del transportador y almacena el agua que logra terminar el recorrido con la banda y luego cae.

SISTEMAS DE TUBERÍAS

Desde la bandeja se alimenta de agua a la bomba. Para esto se coloca una tubería entre la salida de la bandeja y la entrada a la bomba. El agua desciende por gravedad hasta la bomba y de aquí es impulsada hasta las duchas. La tubería que se utiliza es de PVC de 25,4 mm (1") de diámetro. Además se utilizan tres codos de PVC roscables y una unión universal que permite que el sistema sea desmontable por cualquier eventualidad. Un plano isométrico se presenta en el plano MLB-150.

Los tubos son cortados con una cortadora de tubos y luego con una terraja se le fabrica la rosca en los extremos. La rosca para tubería es cónica y también puede ser fabricada en el torno. Los tubos con rosca en los dos

extremos se los denomina neplos. Utilizando neplos de diferentes medidas y codos se puede construir la distribución de tubería que se desea.

El diámetro de entrada a la bomba debe ser grande para que haya un buen caudal de agua y por lo cual se utiliza este diámetro. A la salida de la bomba se debe colocar una reducción para disminuir el diámetro y aumentar la velocidad del agua. La tubería que se usa para llevar el agua de la bomba a las duchas es de 12,7 mm (1/2 ") de diámetro. Esta tubería se coloca verticalmente desde la bomba hasta la parte superior de la cubierta de la máquina. A esta altura se coloca un codo y la tubería ingresa a la máquina. Dentro de la máquina la tubería se divide en tres ramales paralelos. En cada uno de estos ramales se colocan tres uniones tipo T, en las cuales se enrosca las boquillas que permiten la salida del agua. Las uniones y los neplos se enroscan pero antes se coloca permatex y teflón sobre las roscas para que la unión sea impermeable.

El sistema utilizado en la etapa de enjuague y limpieza es el mismo pero la diferencia está en las boquillas de salida y en la bomba utilizada en cada etapa. En la etapa de enjuague se colocan unas boquillas hechas de PVC, que consiste en un tubo roscado en un extremo y aplastado en el otro. Al aplastar el tubo el área de salida disminuye y por lo tanto aumenta la velocidad de salida del agua. El extremo roscado se enrosca a la unión tipo

T y el otro sirve como boquilla. Esto se realiza porque es difícil encontrar en el mercado una boquilla que cumpla con este requerimiento.

Para mantener fijos los ramales de tuberías se fabrican unas abrazaderas de acero inoxidable, que se unen a la cubierta por medio de pernos y sujetan los tubos a la misma.

4.5. DESCRIPCIÓN DEL CICLO DE LAVADO DE LAS BATERÍAS

El proceso de lavado de baterías se realiza en dos etapas: en la primera se remueve el ácido que queda sobre la tapa de las baterías, ETAPA DE ENJUAGUE, y en la segunda se limpia la superficie lateral y la tapa de las mismas, ETAPA DE LIMPIEZA. En ambos casos se necesita que un flujo de agua caiga sobre las baterías a cierta velocidad y presión. El agua que se utilice para esto debe de recircular para aprovecharla al máximo, para esto se ha diseñado el siguiente sistema.

ETAPA DE ENJUAGUE:

La etapa de enjuague consiste en bañar a las baterías con agua desmineralizada mientras las baterías pasan por esta sección. Para bañar las baterías se requiere varios chorros de agua que actúen en diferentes direcciones para poder cubrir toda el área de la tapa de la batería. El agua

luego cae por gravedad a un depósito ubicado en la parte inferior de la máquina desde donde es bombeado por una tubería hasta la parte superior de la máquina donde está instalado el sistema de duchas. Sobre la batería existen residuos de ácido sulfúrico. Estos se mezclan con el agua desmineralizada y se obtiene agua acidulada que es el electrolito que puede ser utilizado luego para el llenado de las baterías.

En la parte inferior de las vigas principales de la estructura de la máquina se une con unos pernos un reservorio de agua o bandeja. Esta bandeja tiene una longitud de 820 mm, el ancho es de 550 mm correspondiente al ancho de la máquina y la profundidad es de 300 mm en el extremo donde empieza la máquina y de 200 mm en el otro extremo, dejando de esta manera una inclinación para que el agua tienda a ubicarse en el lado más profundo y ésta pueda ser evacuada fácilmente.

El agua que enjuaga las baterías se almacena en la bandeja y luego la bomba la manda hacia las duchas donde vuelve a caer. Esta bandeja debe de almacenar solamente $0,114 \text{ m}^3$ (30 Gal) de agua para que el peso de la misma no sea tan grande. Además en el extremo donde va el tambor no se desea que éste se encuentre sumergido en el agua, ni se desea que la banda se sumerja porque esta situación produce una resistencia que ocasiona pérdidas de energía en el motor. Es decir que la cota del agua está por debajo de los implementos del sistema transportador.

Para poder llenar las bandejas con el agua de trabajo se necesita una fuente de agua que la suministre de tal manera que se pueda llenar el sistema cada vez que se cambie el agua. Para esto se necesita una tubería que esté conectada a los tanques de agua desmineralizada y que se conecte a la máquina. Debido a esto se perfora la bandeja a la medida de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") a 100 mm de la parte superior, es decir sobre la altura máxima de agua en la bandeja y se le suelda un conector de acero inoxidable de igual medida. Al conector se le enrosca un neplo y luego una llave de paso para poder abrirla en el momento de llenado y que el resto del tiempo permanezca cerrada.

De igual manera debe haber un lugar por donde evacuar el agua para los cambios periódicos de la misma. Para este punto se hace igualmente una perforación pero ésta vez en la parte inferior de la bandeja y en el punto de mayor profundidad. Aquí se realiza un procedimiento idéntico al anterior y se coloca una llave de paso para abrirla en el momento del desagüe y mantenerla cerrada en el momento de la operación. Al abrir la llave debido a la columna de agua, ésta se evacua sola, conectándose la tubería a los tanques de preparación del electrolito en la etapa del proceso llamado precarga.

Para poder saber si el nivel de agua en la bandeja es el adecuado es necesario colocar una válvula . Ésta ayudará a mantener el nivel de agua correcto durante la operación. Si el agua baja su nivel la válvula se abre y permite el ingreso de agua al sistema. En la Fig. 4.9 se detalla el reservorio de agua (bandeja) y sus partes.

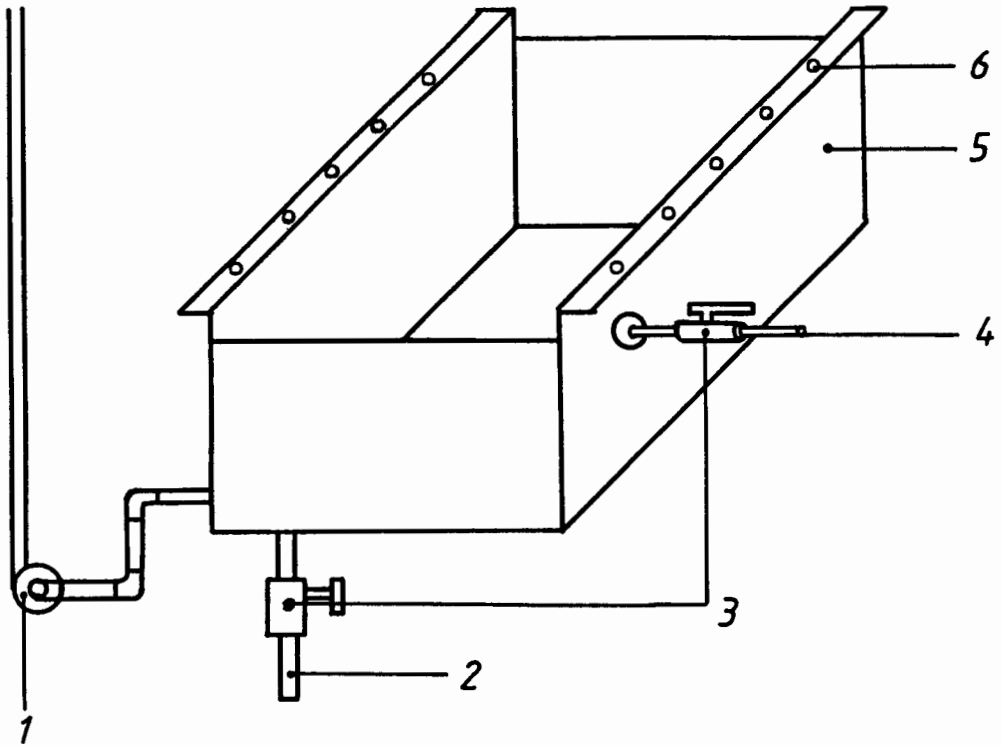
ETAPA DE LIMPIEZA:

El sistema de limpieza es muy parecido al de enjuague con las pequeñas diferencias que se detallan a continuación.

La bandeja de este sistema es de mayor longitud. En esta etapa se trabaja con mayor caudal de agua y por ende con una bomba de mayor potencia, el reservorio de agua en esta etapa debe de almacenar por tanto mayor volumen. El agua al igual que en la etapa anterior es recirculada con el mismo sistema pero las boquillas de salida expulsan el agua a tal presión que limpian la batería en todas sus caras externas.

4.6. SISTEMA UTILIZADO PARA EL SECADO DE LAS BATERÍAS

Se utiliza para el secado dos ventiladores centrifugos de alto caudal de aire y poca presión. Estos se los ubica en la parte inferior de la máquina y con un sistema de conductos se lleva el aire hasta la parte superior de la



1 Bomba

2 Tubería de evacuación de agua

3 Llave de paso

4 Tubería de alimentación de agua

5 Reservorio de agua

6 Agujeros para pernos

Fig. 4.9: Reservorio de agua

máquina y el aire sale por unos boquetes o difusores que hacen incidir el aire sobre las baterías en diferentes direcciones.

Hay que considerar en este caso las pérdidas de presión que representan los ductos y codos . El boquete de salida de aire es complicado de construir y permite cambiar el área de salida del aire para conducir el flujo directo sobre la parte superior y lateral de la batería.

CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS DEL SISTEMA DE SECADO

Primero se traza en una plancha de acero galvanizado lo que se denomina el desarrollo de los conductos y se lo corta en la cizalla. Los ductos tienen forma rectangular (plano MLB-161), así que se dobla sus lados hasta obtener dicha forma; la primera cara con la última se intersectan perpendicularmente y se unen con un bincha tipo español. Luego se fabrican unos codos de 90 grados, de acero galvanizado, (plano MLB-162) para cambiar la dirección del flujo de aire e introducirlo en la máquina. Uno de los extremos del codo se une al conducto rectangular por medio de un perno. El otro extremo del codo termina en una brida que, se asienta sobre la cubierta de la máquina y se une a ésta por medio de unos pernos de acero inoxidable. Estos codos se fabrican del mismo modo, es decir, se traza la forma del codo en una plancha de acero galvanizado y luego se corta el contorno en una cizalla. Luego se doblan las caras del codo y las

esquinas se sueldan con soldadura oxiacetilénica utilizando bronce como material de aporte.

Una vez que se coloca el codo, se traza en la cubierta la ubicación exacta de la brida. Se retira el codo y se procede a realizar un agujero en la cubierta de la máquina para que el aire que proviene del ventilador haga su ingreso a la parte interior de la máquina. En la parte interior de la máquina se utiliza un difusor, para aumentar la velocidad de salida del flujo de aire y para poder dar a éste la dirección deseada. Estos difusores se fabrican de acero inoxidable y se unen a la maquina mediante pernos. Este sistema de ducto, codo y difusor se lo utiliza para los dos ventiladores, uno a cada lado de la máquina. De esta manera se hace incidir el aire desde dos posiciones y en forma diagonal sobre las baterías. Estas tres partes se pintan con pintura epóxica para evitar la corrosión.

4.7. ENTRADA Y SALIDA DE LAS BATERÍAS

Luego del proceso de carga de las baterías, éstas se colocan en un transportador de rodillos que está dispuesto en los perímetros del área de carga. Sobre los transportadores se empujan las baterías hasta la máquina lavadora. Antes de entrar a la máquina un operador empuja las baterías hasta que se ponen en contacto con la banda transportadora de la máquina. Así ingresan las baterías continuamente una tras otra. A la entrada de la

máquina está ubicado el tablero eléctrico de tal manera que el operador pueda controlar que todos los equipos estén en funcionamiento. A la salida de la máquina debe trabajar otro operador que empuje las baterías fuera de la máquina de tal manera que estas se deslicen sobre un transportador de rodillos ubicado a continuación. En este punto también hay un botón de parada general que se debe accionar en caso de cualquier emergencia. Como se puede observar la entrada y salida de las baterías se realiza en forma manual.

4.8. MONTAJE Y FABRICACIÓN DEL CONJUNTO

Para fabricar la máquina lo primero que se construye es la estructura. Se cortan y se doblan las vigas y se unen por soldadura. Luego se sueldan los nervios entre las dos vigas cuidando que la distancia de separación entre ellas sea siempre la misma. A continuación se sueldan los soportes y los apoyos transversales y longitudinales.

En este momento se revisa que la estructura de la máquina resista ciertas cargas y que no se deforme por torsión. Se comprueban las medidas y se esmerilan las uniones soldadas para obtener un mejor acabado.

El siguiente paso es la construcción de los ejes, las manzanas y los tambores del sistema transportador. Al mismo tiempo se fabrica el sistema

de pretensión con todas sus partes. Luego se monta los tambores en los extremos de las vigas y se colocan las chumaceras. Se revisa que los tambores roten sin ningún problema.

Los rodillos de apoyo se construyen a continuación. Estos descansan sobre unas fichas de acero inoxidable, las cuales van unidas a las vigas principales. Para hacer esto se marca la viga y se suelda las fichas.

Los rodillos de tensión son contruidos de manera idéntica a los tambores y rotan sobre unas chumaceras de piso colocadas en los soportes de los extremos de la máquina.

Luego se instala el motorreductor con los engranajes y la cadena y se monta la banda transportadora. De esta manera se concluye con la parte del transportador.

A continuación se fabrican las bandejas y se las sujeta con pernos a las vigas principales; entre las bandejas y las vigas se coloca un caucho para que no se derrame el agua. El siguiente paso es instalar la cubierta de la máquina que se une por pernos a las vigas principales. En la cubierta ya ha sido colocado anteriormente las tapas, las bisagras y las manijas.

Posteriormente se construye el sistema de duchas y se instala las bombas con todas las tuberías de entrada y salida de agua. Finalmente se instalan los ventiladores y los ductos de aire.

En el Anexo 2 se presenta el plano general de la máquina, los planos de conjuntos, la lista de partes y el plano individual de cada una de las piezas.

CAPITULO V

5. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LAVADO Y SECADO

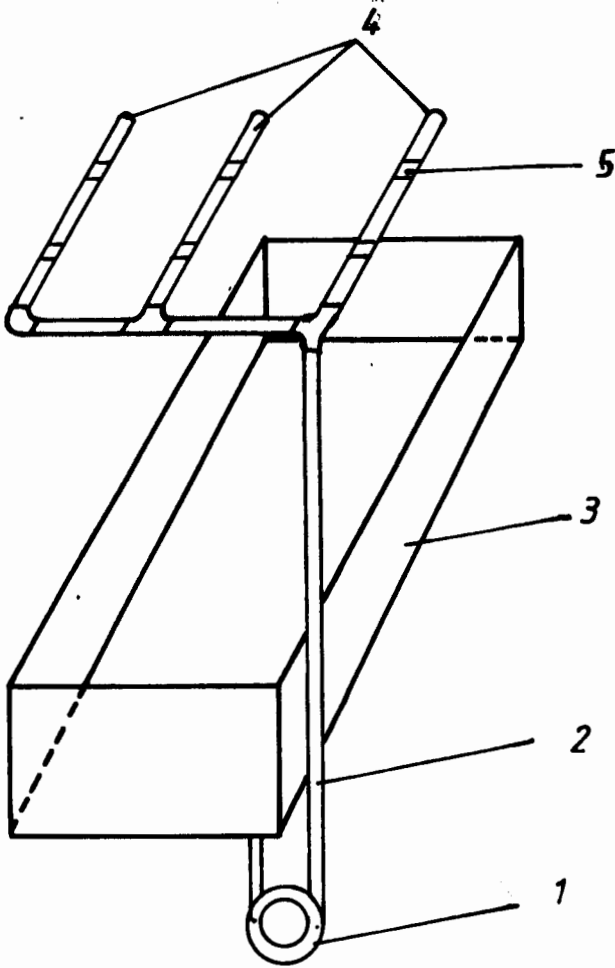
5.1. SELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

El sistema de tuberías consta de tres ramales en paralelo. El primero ubicado exactamente en el centro de la máquina y los otros a sus costados a una distancia de 250 mm. Los tres ramales van unidos entre sí en un extremo por medio de una tubería. Esta tubería está conectada aguas abajo a la bomba y se encarga de distribuir el agua en los tres ramales. Cada ramal tiene tres puntos de salida de agua en los cuales van colocadas unas boquillas que la expulsan. Consta de lo siguiente: un codo donde se enrosca la primera boquilla; luego un neplo que termina en una unión tipo T, donde se coloca la segunda boquilla; a continuación otro neplo que termina en otra unión T, donde va la tercera boquilla. Finalmente otra tubería que se une con la tubería principal con un codo, en el caso del tercer ramal, y con una T en el caso de los dos primeros. La tubería principal, colocada perpendicularmente a los tres ramales, termina en un codo de 90°, en el cual se une la tubería que proviene de la bomba. Todas las tuberías y las uniones son de PVC, material que resiste el agua con ácido, además de ser más barato que el acero inoxidable.

Los tres ramales tienen una longitud de 600 mm desde la tubería principal hasta la última boquilla. El ramal central tiene las boquillas ubicadas en el centro de tal manera que el chorro sea vertical. Las boquillas de los ramales laterales están inclinados 30 grados para poder incidir diagonalmente sobre la tapa de la batería y cubrir toda el área de la misma. En la Fig. 5.1 se puede observar el sistema de duchas en forma esquemática y en la Fig. 5.2 se puede ver el tipo de boquillas utilizadas y la disposición e inclinación de los ramales.

Para elegir el tipo de haz de agua y el tipo de boquilla existen varias posibilidades. Se puede optar por un tipo de haz puntual, en forma de neblina o con una abertura de un cierto ángulo. Para el caso de la primera etapa se elige un tipo de haz puntual, para que los chorros de agua caigan sobre la batería y retiren el ácido de la tapa. En estos haces no hay mucha presión de agua. En la segunda etapa si se utiliza un tipo de haz en forma de cono con un ángulo de 60 grados, para que incida el agua sobre toda la superficie con alta velocidad. Para obtener este haz se compran una boquillas especiales con esas características.

Las tuberías de agua se han seleccionado de 25,4 mm (1") para que puedan conducir todo el caudal requerido, sin embargo para los ramales se ha escogido tuberías de 12,7 mm (1/2") que además por razones de espacio son recomendables en el interior de la máquina.



- 1 Bomba
- 2 Tubería de alimentación
- 3 Bandeja
- 4 Tuberías de descarga
- 5 Boquillas

Fig. 5.1: Esquema de duchas



1 2 3 4 5 6

- 1 *Boquilla*
- 2 *Abrazadera*
- 3 *Tubería lateral*
- 4 *Codo*
- 5 *Tubería central*
- 6 *Unión tipo T*

Fig.5.2: Boquillas del sistema de lavado

5.2. SELECCIÓN DE LA BOMBA Y MOTOR

La bomba que se va a utilizar debe también tener el impeler y la cámara de un material que no se corroa y por lo tanto luego de revisar catálogos y analizar las propiedades y el costo de los diferentes materiales que hay en el mercado para bombas se recomienda el PVC o el polipropileno. Esta bomba debe ser capaz de bombear el agua desde la parte inferior de la máquina es decir de la bandeja hasta los ramales de descarga, lo que es aproximadamente una diferencia de alturas de un metro. Esta bomba se la ubica en la parte inferior de la máquina debajo de la bandeja.

Para poder calcular la potencia del motor de la bomba es necesario conocer el caudal que va a manejar la bomba y las pérdidas de presión que debe de vencer hasta llegar a la salida del agua.

El caudal de la bomba se lo determina de manera experimental de la siguiente forma:

1.- Se lava una batería usando agua, y se la almacena en una bandeja inferior para calcular el volumen de agua necesario para poder lavar una batería.

2.- Se toma el tiempo que se requiere para poder lavar la batería. Con estos dos valores se calcula el caudal, dividiendo el volumen para el tiempo. El valor que se obtuvo fue de aproximadamente $4 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para la bomba de la primera etapa, que es la de enjuague, no se necesita utilizar tanto volumen de agua, ya que solo se retira el ácido sulfúrico de la tapa, por lo tanto se estima un caudal de $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Por otro lado para encontrar las pérdidas de presión, es necesario hacer un balance de energía entre los dos puntos de interés: la salida de la bomba (1) y las boquillas de salida del agua (2). Para hacer este balance se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 + gh_t = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (11)$$

Donde:

P = presión

v = velocidad

g = gravedad

z = altura

ρ = densidad

h_t = pérdidas totales en las tuberías

Los subíndices indican el punto donde se miden estos parámetros.

La velocidad en ambos puntos de la tubería es la misma, ya que el área permanece constante, por lo tanto el segundo término en ambos lados de la

ecuación se eliminan porque son iguales. Despejando esta ecuación se tiene que:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = g(z_2 - z_1) + h_{it} \quad (12)$$

Para encontrar las pérdidas totales se debe encontrar las pérdidas mayores y las pérdidas menores. La primera es la pérdida de presión debido a la fricción entre el fluido y la tubería a lo largo de toda su longitud. La segunda es la pérdida debido a los accesorios de tubería como codos, uniones, etc. Para encontrar ambas se utiliza la siguiente ecuación.

$$h_{im} = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2} \quad (13)$$

Donde:

f = factor de fricción

L_e = longitud equivalente

D = diámetro de la tubería

En el caso de las pérdidas menores el valor de L_e/D se lo puede encontrar en tablas de acuerdo a los diferentes tipos de accesorios.

Para empezar con el cálculo se parte con los siguientes datos conocidos:

$$D = 12,7 \text{ mm} = 0,0127 \text{ m}$$

$$Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{h} = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Con estos datos se puede calcular el área de la tubería (A) y la velocidad del agua (v):

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14(0,0127)^2}{4} = 1,267 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,267 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,94 \text{ m} / \text{s}$$

Con este valor se calcula el número de Reynolds:

$$R_e = \frac{vd}{\nu}$$

El valor de ν corresponde a la viscosidad cinemática del agua a la temperatura ambiente que es igual a $1,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^2$. Por lo tanto:

$$R_e = \frac{3,94 \text{ m} / \text{s}(0,0127 \text{ m})}{1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}^2} = 50118$$

Por otro lado se debe encontrar la rugosidad de la tubería e/D . El valor para el caso de PVC corresponde a la curva de las tuberías lisas. Con estos

datos de rugosidad y de número de Reynolds se encuentra el factor de fricción (f) en el diagrama de Moody, presentado en la Fig.A1-6. De aquí que:

$$f = 0,038$$

Con este valor se puede encontrar el valor de las pérdidas totales:

Para el caso de las pérdidas mayores la longitud de la tubería desde la salida de la bomba hasta la última boquilla es de 2,3 m. Por lo tanto usando la ecuación (13) se obtiene que:

$$h_{lm} = 0,038 \frac{2,3m}{0,0127m} \frac{(3,94m/s)^2}{2} = 53,4m^2/s^2$$

Para el caso de las pérdidas menores se tienen 3 codos, 3 uniones tipo T y 1 unión universal. El valor de L_e/D se lo consulta en una tabla: Para el caso de los codos es igual a 50, en el caso de las uniones T es de 20 y 13 para las uniones universales, por lo tanto:

$$L_e/D = 3(30) + 3(20) + 1(13) = 163$$

$$h_{lm} = 0,038(163) \frac{(3,94m/s)^2}{2} = 48m^2/s^2$$

Por lo tanto reemplazando en la ecuación (12):

$$\frac{\Delta P}{\rho} = 9,8m / s^2 (1,5m - 0,3m) + 53,4m^2 / s^2 + 48m^2 / s^2 = 113,16m^2 / s^2$$

Como se trata de ácido sulfúrico diluido, la densidad es de 1 200 Kg/m³, por lo tanto, las pérdidas totales de presión son:

$$\Delta P = (113,16m^2 / s^2)(1200Kg / m^3) = 135792Pa$$

La fórmula para calcular la potencia de la bomba es :

$$P_e = \frac{Q\Delta P}{\eta_i \eta_m} \quad (14)$$

Donde:

Q = caudal de aire.

ΔP = pérdidas totales de presión

η_i = eficiencia del motor

η_m = eficiencia mecánica.

Las pérdidas de eficiencia del motor se debe a los factores de servicio, como son las condiciones de uso, la ventilación, la corrosión, etc. Para este caso se la considera igual a 0,8. Para el caso de las pérdidas mecánicas se debe a que no toda la potencia entregada por el motor llega a la bomba debido al acople que se utilice. Para este caso el acople es magnético lo

que garantiza pérdidas mínimas de energía, por lo cual se ha escogido un valor de 0,9 para las pérdidas mecánicas. De aquí que:

$$P_e = \frac{(135792 Pa)(5 \times 10^{-4} m^3 / s)}{(0,9)(0,8)} = 94,3W$$

Con este valor de potencia se puede obtener el caudal deseado a la salida de las boquillas una vez que se han vencido las pérdidas de presión. Por lo tanto se debe escoger una bomba con un motor de esta potencia o mayor de acuerdo a las disponibilidades del mercado. Por esta razón se escoge una bomba con un motor de 125W (1/6 HP) que es el valor inmediato superior de potencia de los motores de las bombas de polipropileno, ideales para manejar ácido sulfúrico. Además es necesario calcular el valor del número de revoluciones específica. Este es un valor adimensional característicos de las bombas dependiendo del cual se puede decidir el tipo de bomba a utilizar, ya sea axial, radial o de desplazamiento positivo. La formula para calcular este valor es la siguiente:

$$n_q = \frac{5.55n\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{Yt^3}} \quad (15)$$

Para esto se debe encontrar primeramente el valor de Yt con la fórmula:

$$\gamma_t = \frac{\Delta P_t}{\rho} \quad (16)$$

Este valor ya fue calculado anteriormente y es igual a $113,6 \text{ m}^2/\text{s}^2$, entonces:

$$n_q = \frac{5.55(183 \text{ rad / s})\sqrt{5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}}{\sqrt[4]{(113,6 \text{ m}^2 / \text{s}^2)^3}} = 65,26$$

Con este valor se puede encontrar en la Fig. A1-9 el tipo de bomba deseado que en este caso resultó ser una radial o centrífuga. En resumen para esta etapa se selecciona una bomba centrífuga con motor de 125 W y que entregue un caudal de $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para el caso de la bomba de la segunda etapa se hace el cálculo exactamente igual al anterior pero con un caudal mayor ya que en esta etapa se limpia totalmente todas las superficies. Por lo tanto se asigna un valor de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ y se realizan los cálculos de donde sale que:

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{h} = 8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 6,55 \text{ m/s}$$

$$Re = 83\ 196$$

Con este valor en el diagrama de Moody se obtiene que:



$$f = 0,032$$

Las pérdidas mayores y menores son respectivamente:

$$h_{i,m} = 0,032 \frac{2,3m}{0,0127m} \frac{(6,55m/s)^2}{2} = 124m^2/s^2$$

$$h_{e,m} = 0,032(163) \frac{(6,55m/s)^2}{2} = 111,9m^2/s^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = 9,8m/s^2(1,5m - 0,3m) + 124m^2/s^2 + 111,9m^2/s^2 = 247,66m^2/s^2$$

En este caso el fluido de trabajo es el agua con la densidad de 1050 kg/m^3 , por tanto:

$$\Delta P = (247,66m^2/s^2)(1050 \text{ Kg/m}^3) = 260043 \text{ Pa}$$

Entonces la potencia de la bomba es :

$$P_e = \frac{Q\Delta P}{\eta_i \eta_m} = \frac{(8,33 \times 10^{-4} m^3/s)(260043)}{(0,9)(0,8)} = 300,8W$$

Por lo tanto la bomba que se elige tiene una potencia de motor de 375 W (1/2 HP) que es un valor de potencia muy común en el mercado.

Para este caso el número de revoluciones específico es:

$$n_q = \frac{5.55(183 \text{ rad / s}) \sqrt{8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}}{\sqrt[4]{(247,66 \text{ m}^2 / \text{s}^2)^3}} = 46,86$$

Este valor indica que la bomba debe ser de tipo centrífugo de acuerdo a la Fig. A1-9.

Para seleccionar la bomba de la primera etapa se recurre al catálogo de bombas y se busca una bomba que sea de PVC. Luego se observa las curvas características de las bombas y se elige la bomba modelo H3450BL tal como se puede observar en la Fig. 5.3. Para la segunda etapa se necesita mayor caudal a la salida; además el fluido que debe ser bombeado, no tiene una gran concentración de ácido sulfúrico. Por lo tanto se escoge una bomba de mayor potencia, 375 W (½ HP), y de marca Jacuzzi que es mucho más fácil de conseguir en el mercado nacional.

5.3. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL VENTILADOR

Para calcular la potencia de los ventiladores que permitan obtener un buen secado, se debe tomar en cuenta la velocidades de salida del aire y el caudal de aire que se debe utilizar. Para este tipo de uso es necesario tener un alto caudal y una alta velocidad de salida, de tal manera que el agua

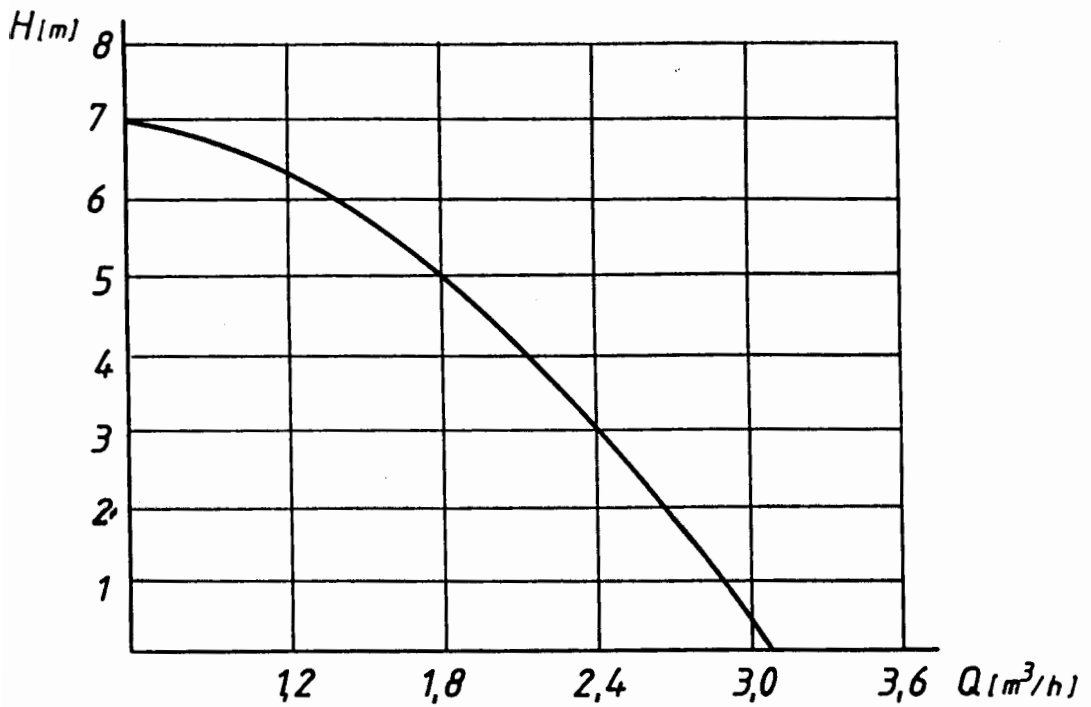


Fig. 5.3: Curva característica de la bomba Serfilco modelo H3450BL /7/

que aún quede sobre la tapa de la batería pueda ser desplazada fuera de ella y a la vez se seque la superficie húmeda de la batería.

Normalmente se puede estimar el caudal de aire necesario para ciertas aplicaciones típicas en la industria e incluso existen tablas y valores predeterminados para estos casos. Sin embargo en este caso en especial no existe una experiencia previa en secado de baterías como para tener un valor de referencia y utilizarlo en el cálculo de la potencia del ventilador.

Por lo tanto se realizaron pruebas previas con ventiladores existentes en la empresa y se pudo determinar un valor de 1 000 m³/h con resultados satisfactorios.

Se considera un ventilador con una velocidad de giro de 1 450 1/min. que es un valor común de velocidad para motores eléctricos, con un diámetro exterior de las aletas de 300 mm. Con estos datos se inicia el cálculo de la potencia del ventilador requerido y del tipo de ventilador que se debe utilizar.

Datos conocidos:

$$n = 1\,450 \text{ 1/min.}$$

$$D_2 = 300 \text{ mm}$$

$$Q = 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

La fórmula para calcular la potencia del ventilador es al igual que para la bomba:

$$P_e = \frac{Q \Delta P}{\eta_i \eta_m}$$

Donde:

Q = caudal de aire.

ΔP_t = pérdidas de presión en los ductos.

η_i = eficiencia del ventilador

η_m = eficiencia mecánica.

El caudal ya se conoce. La eficiencia del ventilador se toma en cuenta debido a las pérdidas inevitables de energía y para este caso se la considera en 0,8. La eficiencia mecánica depende del tipo de acople que existe entre el eje del motor y el ventilador. Para este caso debido a que el acople es directo se va a utilizar un valor de 0,95. Las pérdidas de presión deben ser calculadas y eso se realiza a continuación.

Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \frac{fL}{D} * \frac{\rho v^2}{2} \quad (17)$$

Donde:

f = factor de rozamiento

ρ = densidad del fluido de trabajo

v = velocidad del flujo

D = diámetro del ducto

l = longitud del ducto

El ducto que se utiliza para la conducción del aire tiene una sección rectangular de 110 mm x 95 mm, por lo tanto es necesario calcular el diámetro equivalente del ducto. Es decir se encuentra el diámetro que tendría un ducto circular de igual área que el ducto rectangular. Entonces:

$$D_e = \frac{4A}{u} \quad (18)$$

Donde:

A = área del ducto

u = perímetro del ducto

Entonces :

$$A = 95 \times 110 = 10\,450 \text{ mm}^2$$

$$u = 2 \times 95 + 2 \times 110 = 410 \text{ mm}$$

Por lo tanto :

$$D_o = 102 \text{ mm}$$

Para calcular la velocidad del flujo se utiliza la fórmula siguiente:

$$v = \frac{Q}{A} \tag{19}$$

Antes se debe transformar el caudal en las unidades correctas:

$$Q = 1\,000 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 0,277 \text{ m}^3/\text{s}$$

De aquí:

$$v = \frac{0,277\text{m}^3 / \text{s}}{0,01045\text{m}^2} = 26,58 \text{ m/s}$$

Para encontrar el valor del factor de fricción (f), se debe utilizar el diagrama de Moody, Fig. A1-4, que se incluye en el Anexo 1, para lo cual es necesario conocer el número de Reynolds, Re , y la relación e/D , donde e es el valor de la rugosidad del ducto en milímetros.

Para el número de Reynolds se emplea la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

Donde:

ν = viscosidad cinemática del medio.

Para el caso del aire a 25° C este valor es igual a $15,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Entonces:

$$Re = \frac{26,58 \text{ m/s} \cdot 0,102 \text{ m}}{15,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 175\,000$$

El valor de la rugosidad, e , se lo asigna en 0,1 mm debido a que se trata de un ducto de acero galvanizado, el cual es bastante liso. Por lo tanto:

$$e/D = 0,1 \text{ mm} / 102 \text{ mm} = 0,0009$$

En el diagrama como se puede observar en el Anexo 1 existen varias curvas que representa el valor e/D y en el eje de las abcisas se encuentra el número de Reynolds. Interceptando el valor de $Re = 175\ 000$ con la curva $e/D = 0,0009$ se encuentra el valor de $f = 0,021$.

La densidad del aire que es el medio de trabajo es de $1,2\text{ kg/m}^3$.

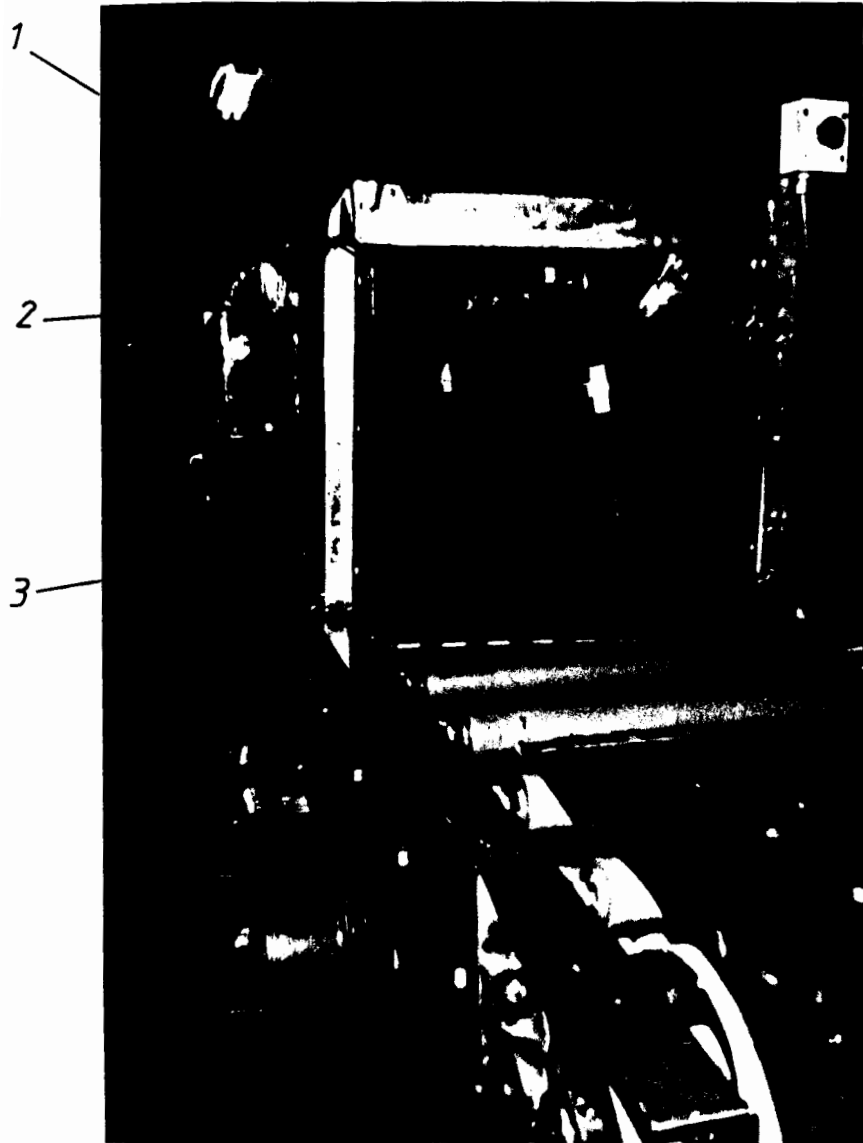
Una vez que se han encontrado los valores en el diagrama, se puede calcular los valores de pérdidas de presión.

El sistema que se ha utilizado para llevar el aire tiene la forma de la Fig. 5.4 y consta de un ducto vertical, luego un codo y finalmente un difusor. Se debe por tanto hacer el cálculo de pérdida de presión para cada elemento.

Ducto :

El ducto tiene una longitud de un metro y para hallar las pérdidas de presión se aplica la fórmula (17):

$$\Delta P_l = \frac{(0,021)(1m)(1,2\text{kg} / \text{m}^3)(26,58)^2}{(0,102m)(2)} = 87,3Pa$$



- 1 *Difusor*
- 2 *Codo*
- 3 *Ducto*

Fig.5.4: Ducto para aire

Codo:

Para encontrar las pérdidas de presión en el codo se debe encontrar la longitud equivalente. Esta longitud se la reemplaza en la fórmula (17) y significa que el codo tiene una pérdida de presión igual a la que tiene un ducto recto de esta longitud. Este valor de longitud equivalente se lo encuentra en la Fig. A1-5 del Anexo1. Aquí se puede ver que para un codo de 90 grados la longitud equivalente es de 1,2 m . De aquí se tiene que:

$$\Delta P_t = \frac{(0,021)(1,2m)(1,2kg / m^3)(26,58)^2}{(0,102m)(2)} = 104,76Pa$$

Difusor:

Para el caso del difusor se debe encontrar nuevamente la longitud equivalente. Sin embargo el difusor no tiene una forma particular ya que fue construido según las necesidades de este caso en especial. Por lo tanto el valor de la longitud equivalente no se encuentra en las tablas. El difusor tiene una gran caída de presión, ya que por un lado se reduce el área de la salida del aire lo que significa una mayor velocidad pero una pérdida de presión, y por otro lado el difusor tiene una inclinación de 45 grados lo que provoca aun mayor caída de presión. El valor que se va a considerar por lo tanto es de 8 m de longitud equivalente. De aquí se tiene que:

$$\Delta P_t = \frac{(0,021)(8m)(1,2kg / m^3)(26,58)^2}{(0,102m)(2)} = 698,4 Pa$$

La caída total de presión está dada por la suma de los tres valores y da un total de:

$$\Delta P_t = 87,3 + 104,76 + 698,4 = 890,46 Pa$$

Una vez que se conoce la pérdida total de presión, se puede calcular la potencia.

$$P_c = \frac{Q\Delta P_t}{\eta_i \eta_m} = \frac{(0,277m^3 / s)(890,46)}{(0,8)(0,95)} = 324,5W$$

Por lo tanto se recomienda un ventilador de 375 W (1/2 HP) que se lo puede adquirir en el mercado.

Para decidir si el ventilador que se debe utilizar es de tipo axial o radial (centrífugo) es necesario calcular el valor característico del ventilador nq , utilizando la siguiente fórmula:

$$n_q = \frac{5.55n\sqrt{Q}}{\sqrt[3]{Y_t^3}}$$

Para esto se debe encontrar primeramente el valor de Y_t con la fórmula:

$$Y_t = \frac{\Delta P_t}{\rho}$$

Como ya se conocen ambos valores se calcula:

$$Y_t = \frac{890,46 Pa}{1.2 kg / m^3} = 741,67 J/kg$$

De aquí se calcula que:

$$n_q = \frac{5,55(1450)\sqrt{0,275 m^3 / s}}{\sqrt[3]{761,67}} = 29,1$$

Con este valor se ingresa al gráfico Fig. A1-5 en el Anexo 1 y se encuentra que el ventilador debe ser de tipo centrífugo, además se encuentra el valor del diámetro específico D_2 .

Del gráfico se obtiene un diámetro específico de 2,3. El valor de n_q obtenido permite concluir que el ventilador requerido es uno de tipo centrífugo, ya que el rango de valores de n_q menores a 80 corresponden precisamente a este tipo.

También se obtiene un valor de eficiencia η_i de 0,8, que es exactamente el valor que se asumió al inicio del cálculo.

Con el valor adimensional de D_2 se puede calcular el diámetro del ventilador con la siguiente fórmula:

$$D_2 = \frac{D_q \sqrt{Q}}{0,565 \sqrt[4]{\gamma t}} \quad (19)$$

$$D_2 = \frac{2,0 \sqrt{0,275}}{0,565 \sqrt[4]{741}} = 0,355m$$

Es decir que el diámetro del ventilador debe de ser de 355 mm, lo que se aproxima al valor estimado al inicio.

Se concluye que se ha seleccionado un ventilador centrífugo de 375 W de un diámetro de 350 mm.

CAPITULO VI

6. PRUEBA Y EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Como se explicó en el proceso de manufactura de las baterías en el Capítulo 2, el proceso de lavado de las baterías se realiza luego de que las baterías son cargadas eléctricamente. Las baterías se colocan en un sistema de transportador de rodillos sin acción motor y son impulsados por los obreros hasta la máquina lavadora. Las baterías ruedan sobre los rodillos hasta que llegan a la banda transportadora de la máquina e ingresan a la misma. Dentro de la máquina cumplen con las tres etapas del lavado, mientras son transportadas por la banda y salen de la máquina hacia otro sistema de transportador de rodillos. En estos rodillos son transportadas hasta la siguiente etapa del proceso que es el despacho. La ubicación de la máquina lavadora de baterías se indica Fig.2.11.

Una vez que se termina la construcción de cada una de las partes y se hace el montaje de las mismas, se procede a las pruebas respectivas.

La primera prueba que se realiza, consiste en revisar que el panel eléctrico funcione perfectamente y que encienda cada uno de los equipos. Se controla además que los protectores térmicos no se disparen por los consumos eléctricos excesivos.

Luego se mantiene accionado el sistema transportador durante algún tiempo para observar si hay cierto tipo de inconveniente en la banda, si ésta no se desliza hacia los lados, si la tensión es la adecuada y si las baterías son eficientemente transportadas.

Otra prueba consiste en mantener en funcionamiento las bombas de las dos etapas del sistema de lavado para observar si el agua que se utiliza logra bajar nuevamente a las bandejas y se cumple el ciclo. Es lógico pensar que no toda el agua puede ser recuperada ya que parte de ésta se desplaza junto con la banda. Es necesario tomar en cuenta, cada cuanto tiempo se debe llenar nuevamente los reservorios de agua.

Las pruebas que se realizan primeramente son con baterías secas, es decir sin ácido. Luego que se constate que todas las pruebas sean satisfactorias se introducen las baterías recién cargadas y que contengan ácido sulfúrico en su tapa. En este caso se debe observar y decidir cada cuanto tiempo debe ser evacuada el agua y renovada.

Las pruebas se realizaron en presencia de las siguientes personas: Dr. Wolfgang Garske, director de la Tesis; Ing. Konrad Kaul, gerente técnico de la empresa y el Dr. Kurt Wetzel, profesor de la Fachhochschule für Technik und Wirtschaft (FHTW) de Berlín. Al probar la máquina surgieron ciertas sugerencias que fueron tomadas en cuenta para mejorarla.

En el sistema de secado, se observó que el flujo de aire de los dos ventiladores se interceptan al incidir sobre las baterías. Esto conlleva a que se provoque una turbulencia y que el secado pierda su eficiencia, ya que no todo el aire es aprovechado. Para evitar este inconveniente se sugiere cambiar la dirección de salida del aire de uno de los ventiladores, de tal manera que el flujo de aire de un ventilador incida primero sobre las baterías y luego el otro. El aire se lo dirige en sentido contrario al movimiento de las baterías para que las gotas de agua puedan ser empujadas hacia afuera de la superficie y se logre un mejor secado. Para cambiar la dirección del flujo se hace una extensión en el difusor de uno de los ventiladores, a manera de alerones, utilizando el mismo material del difusor. La nueva forma del ducto de aire se la puede observar en la Fig. 6.1 y se la puede comparar con la anterior, que se muestra en la Fig.5.4

Además se observó que el agua de las dos etapas de lavado no regresaba tan rápidamente a las bandejas para ser nuevamente bombeada. Esto produce que la bomba corra el riesgo de quedarse sin agua en determinado momento y que se dañe. Para ayudar a que el agua fluya con mayor facilidad hacia las bandejas se realizan unos agujeros en la banda. Estos tienen un diámetro de 12 mm y están ubicados a 100 mm de separación entre sí a lo largo y ancho de toda la banda. Con estos agujeros se logra evitar este problema sin disminuir la rigidez de la banda. La banda con los agujeros se la puede observar en la Fig. 6.2.

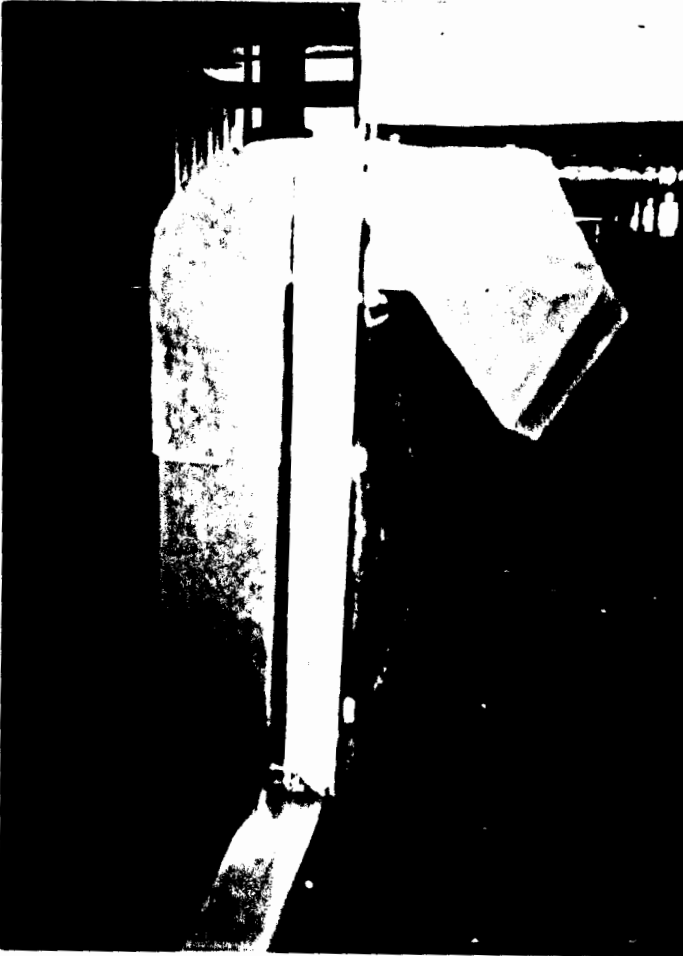


Fig.6.1: Cambio en el diseño del difusor de aire

Además se sugirió cambiar las boquillas utilizadas en la segunda etapa, ya que éstas eran de bronce y para evitar la corrosión es preferible utilizar boquillas de un material plástico. Estas boquillas plásticas no existen en el mercado, por lo que es necesario construirlas. Para esto se utilizó un eje de nylon de 25 mm de diámetro y se maquinó en el torno tomando como ejemplo la boquilla de bronce, para utilizar el mismo sistema.

Con estos cambios se solucionaron los problemas existentes por lo que se concluye que las pruebas fueron exitosas.

La máquina totalmente terminada se la puede apreciar desde diversos ángulos en las Fig. 6.3 y Fig. 6.4.

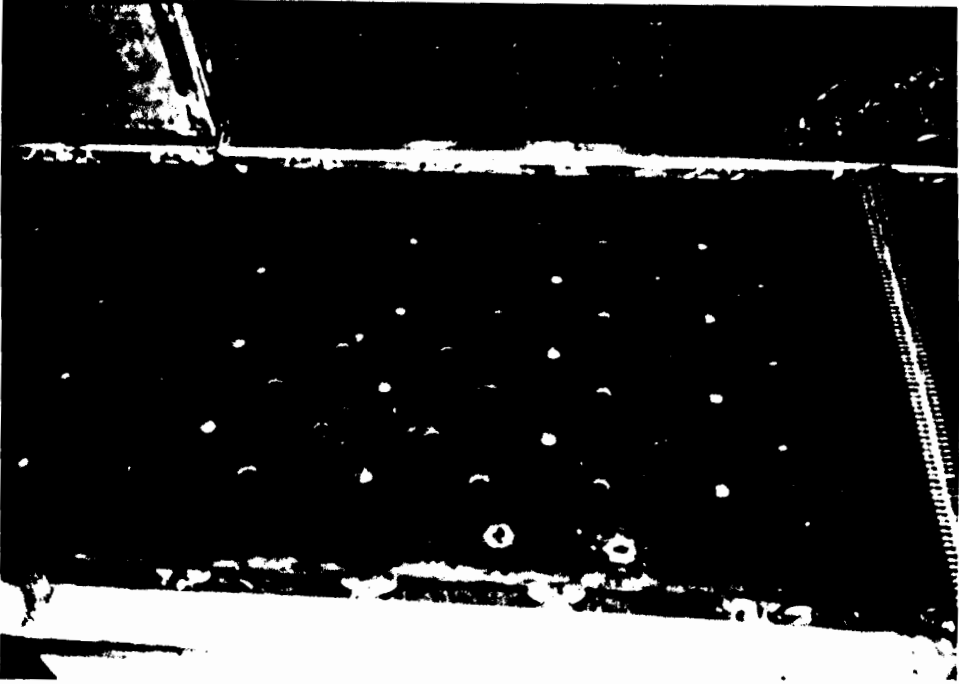
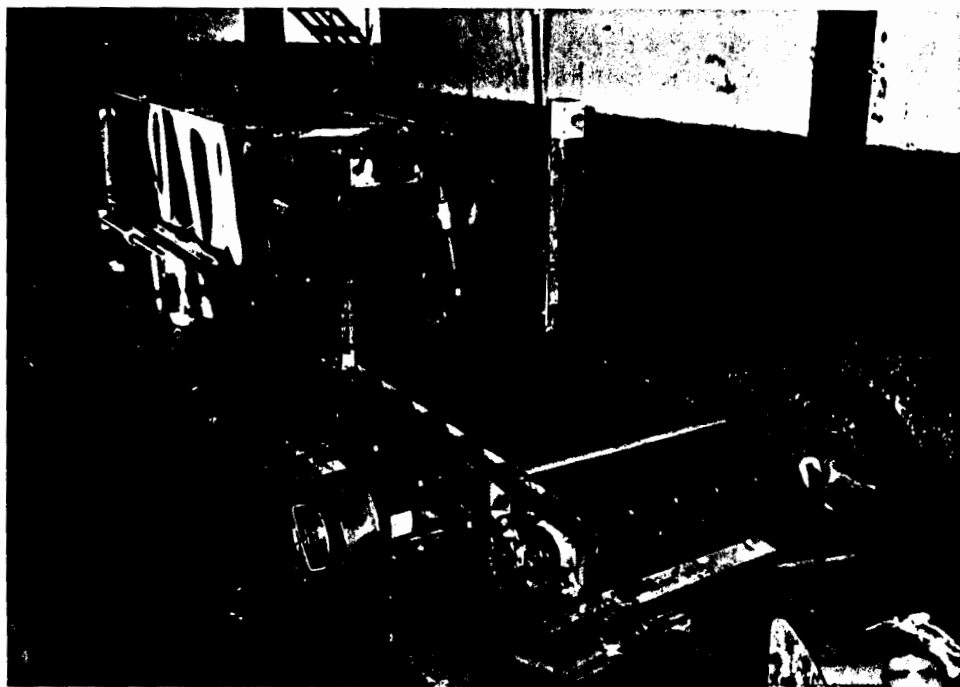


Fig.6.2: Agujeros realizados a la banda transportadora



*Fig.6.3: Máquina lavadora de baterías
(entrada)*



*Fig.6.4: Máquina lavadora de baterías
(salida)*

CAPITULO VII

7. ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

En este capítulo se va a determinar si el proyecto de la construcción de la máquina lavadora de baterías es rentable para la empresa. Para esto se analiza primero los costos operativos del actual proceso de lavado. Luego se calcula la inversión inicial de la máquina lavadora de baterías, los costos directos e indirectos debido a mantenimiento y a los consumos energéticos y se determina el ahorro neto por batería, la tasa interna de retorno y el tiempo en el cual la máquina empieza a generar un flujo de caja positivo para la compañía.

COSTO ACTUAL DEL PROCESO DE LAVADO:

Con el método actualmente utilizado se tiene un alto consumo de agua en la empresa de un valor aproximado mensual de US\$ 1 000, tomando en cuenta un consumo de 4 m³/h y considerando el valor de US\$ 1,4 el metro cúbico de acuerdo a las planillas de agua potable. Por otro lado se tiene un gasto en jabón de US\$ 200. Para realizar este proceso se necesitan 4 personas, lo que significa un costo de US\$ 600 mensuales en mano de obra considerando el sueldo mínimo vital de los trabajadores, es decir US\$ 0,85 la hora. Estos son los valores que se pueden cuantificar y se presentan en la tabla 7.5. Además de esto existen otros costos indirectos que no han sido tomados en cuenta en el cálculo como son: la degradación del piso de concreto debido al agua acidulada,

lo que exige invertir en su reparación cada seis meses; el costo que representa el tratamiento químico que se da al agua para regular su PH; el costo de utilizar de manera poco productiva el área de carga de baterías para el lavado, impidiendo que otras baterías sean cargadas durante el proceso de lavado, etc.

Unicamente con estas consideraciones, de acuerdo a la tabla 7.5 se tiene un costo mensual de US\$ 1 800 para producir 20 000 baterías lo que significa un costo de US\$ 0,09 por batería.

COSTO DE LA MÁQUINA LAVADORA CONSTRUIDA:

Para calcular el costo de la construcción de la máquina lavadora de baterías construida, se divide este en tres grupos: el costo de los materiales, el costo de los equipos y el costo de la mano de obra. En lo que se refiere al primer grupo de costos hay que considerar que la máquina debe ser construida de acero inoxidable y este material es costoso, por esta razón el precio de la máquina aumenta. Se ha tratado de utilizar PVC en las partes que sea posible para abaratar el costo. Además se ha considerado que los materiales vienen en ciertos casos con medidas predeterminadas y es necesario comprarlos en estas presentaciones aún cuando no se utilice en su totalidad. Los valores aproximados de los materiales utilizados en la máquina se detallan en la tabla 7.1. Estos costos han sido calculados en dólares para fines de comparación.

El segundo grupo de costos es muy importante y corresponde a las máquinas y equipos utilizados. Se habla de máquinas en el caso del motorreductor, las bombas y los ventiladores, y se habla de equipos en el caso de elementos o conjuntos ya existentes en el mercado que han sido adquiridos. Este grupo de costos es el más representativo y es el que aumenta el valor de la máquina. La bomba SERFILCO, utilizada en la primera etapa por ejemplo tiene un valor alto ya que es diseñada para usos especiales, además de esto hay que considerar los costos de importación. Este grupo de costos se detallan en la Tabla 7.2.

El tercer grupo corresponde a los costos de mano de obra y a los costos de las máquinas utilizadas. Se asigna el valor de hombre-hora-máquina de acuerdo al tipo de obrero que se requiere en cada trabajo, ya que para ciertos trabajos se necesita personal calificado. También se toma en cuenta en este valor la máquina que se emplea para la operación y el grado de dificultad del trabajo. Además de esto hay que considerar los costos indirectos como la energía eléctrica utilizada, el tiempo utilizado por las máquinas y por el personal que colaboró en la ejecución de las diferentes partes. También se toma en cuenta el costo de los trabajos que fue necesario realizar fuera de la empresa, ya que no se contaba con las máquinas adecuadas. Todo esto se resume en la Tabla 7.3.

Finalmente en la Tabla 7.4 se resume los costos antes mencionados y se agregan otros, como gastos administrativos, imprevistos, etc. Además se ha dejado un margen de utilidad por el diseño y la dirección técnica de la construcción.

Como se puede observar el valor total de la máquina es de US\$ 8 450 este valor se lo va a denominar de ahora en adelante la inversión inicial. Además se va a calcular a continuación los costos operativos mensuales de la máquina.

De acuerdo al consumo de agua de la máquina, se estima un valor de US\$ 200 mensuales para el proceso. Por otro lado con la máquina aparece otro costo operativo adicional que no se tenía con el anterior proceso, que es el consumo de energía eléctrica. Para calcular este costo se suma las potencias de los dos ventiladores (2 x 750 W), las dos bombas (375 W + 125 W) y el motorreductor (1 500 W), lo que da un valor de 3,5 kW, que multiplicado por 8 horas de trabajo en caso de que la máquina se mantenga encendida durante toda la jornada de trabajo y tomando en cuenta 20 días de trabajo al mes, significa 560 kilowattios-hora mensuales. Con estos valores se ingresa a la Fig. A1-10, que es la hoja de calculo de la planilla de luz de la Empresa Eléctrica del Ecuador tomando los actuales valores de consumo y demanda y se obtiene un valor de 307 645 sucres incluyendo todos los impuestos de ley. Este valor se lo transforma a dólares y se obtiene US\$ 77 mensuales. Al trabajar con esta máquina solamente se necesita un operador, lo que representa un costo mensual de US\$ 150. Con todo esto se tiene un total de US\$ 427 mensuales para una capacidad de producción de 30 000, lo que representa un costo de US\$ 0,0142 por batería. Estos valores se los puede observar en la Tabla 7.5. En esta tabla se compara los costos antes y después de la lavadora y se obtiene un ahorro neto de US\$ 0,07576 por batería.

Con este valor de ahorro neto se puede observar claramente que la utilización de la maquina representa una ventaja económica en la fabricación de las baterías. Con este valor se puede encontrar ahora la rentabilidad de la máquina tomando en cuenta la inversión inicial y la depreciación de la misma.

La maquina fue diseñada para un tiempo de vida útil de 10 años, por lo tanto se divide la inversión inicial para este lapso de tiempo lo que representa US\$ 850 anuales. Por otro lado se estima que en el mantenimiento de la maquina se debe tener un presupuesto de US\$ 1 100 anuales.

Con todos estos valores se puede establecer un flujo de caja y establecer la tasa interna de retorno, TIR. Este valor es la tasa de interés en porcentaje con el cual retorna la inversión. Para calcular esta tasa se lleva a valor presente todos los ingresos que resultan con la utilización de la máquina y esto debe ser igual a la inversión inicial. Este valor se lo encuentra por un método de iteraciones de ensayo y error, que se lo realiza usando una hoja electrónica. Los resultados de este calculo se lo puede observar en la Fig. A1-10. Además se puede calcular el tiempo de recuperación de la inversión y el valor presente neto de las ganancias tomando una devaluación del 10% anual.

Como se puede observar la máquina representa un ahorro anual de US\$ 9 878 libre de todo impuesto. Se consideran los impuestos debido a que al dejar de pagar este valor, éste se convierte en ingresos para la compañía y todos los ingresos de un negocio están sometidos al cobro de impuestos.

Claramente se puede observar que antes de concluir el primer año de utilización de la máquina, ésta se autofinancia. Realizando el cálculo del tiempo para el cual el flujo de caja es igual a cero, se determina que en 0,8 años se recupera la inversión, es decir en 9 meses y 18 días la máquina empieza a significar ingresos para la compañía.

En la Fig. A1-10 se puede observar también que la tasa interna de retorno es de 126,2% anual. Para que un proyecto pueda calificarse como rentable basta con tener una TIR de 10%, que es el interés bancario que ganaría el dinero en dólares en caso de no invertir en la maquina lavadora. Por lo tanto esto quiere decir que la maquina constituye una gran inversión para la empresa.

TABLA 7.1: COSTO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA MÁQUINA LAVADORA DE BATERÍAS

Cantidad	Descripción	Costo (US\$)
1	Plancha acero inoxidable AISI 316 3 mm	350
5	Plancha acero inoxidable AISI 316 1mm	500
4 kg	Soldadura INDURA 316L	50
1,2 m	Tubo acero inoxidable Ø150 mm	200
1,4 m	Eje acero inoxidable Ø 38 mm	50
3	Tubo PVC Ø 38 mm	45
2	Tubo de PVC Ø 12,7 mm	20
40	Pernos de acero inoxidable 10mm(3/8)	15
	TOTAL	1 230

**TABLA 7.2 : COSTO DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS
UTILIZADOS EN LA MÁQUINA LAVADORA DE
BATERÍAS**

Cantidad	Descripción	Costo (US\$)
1	Motorreductor 2 HP	690
1	Bomba SERFILCO 1/6 HP	660
2	Ventilador GRAINGER 1 HP centrífugo	650
1	Bomba JACUZZY ½ HP	125
2	Chumacera SEALMASTER FY-FJ 38mm	120
2	Chumacera SEALMASTER TU-FJ 38 mm	140
4	Chumacera SEALMASTER SY-FJ 15mm	150
7,5 m	Banda ICOBANDAS 500 mm	550
1	Tablero eléctrico	500
1	Engranaje MARTIN 24b-2 19 dientes	40
1	Engranaje MARTIN 24b-2 57 dientes	70
1	Cadena ASA 50	50
	TOTAL:	3 745

**TABLA 7.3 : COSTO DE LA MANO DE OBRA EMPLEADA EN
LA MÁQUINA LAVADORA DE BATERÍAS**

Trabajos/Labor	Horas estimadas	Costo hhm (US\$)	Costo (US\$)
Maquinado	200	5	1 000
Soldado	30	3	90
Instalación eléctrica	20	3	60
Instalación tuberías	40	3	120
Montaje	20	3	60
Servicios prestados			80
TOTAL:			1 410

* hhm : hombre - hora - máquina

**TABLA 7.4 : ANÁLISIS TOTAL DE COSTOS DE LA
MÁQUINA LAVADORA DE BATERÍAS**

COSTOS	US\$
Costo de materiales	1 230
Costo de equipos y máquinas	3 745
Costo de mano de obra	1 410
Costos administrativos	60
Costos varios	55
Utilidad (30%)	1 950
TOTAL	8 450

TABLA 7.5: COSTOS OPERATIVOS DEL PROCESO ANTES Y DESPUÉS DE LA UTILIZACION DE LA MAQUINA LAVADORA DE BATERÍAS

	Sin la maquina	Con la maquina
Baterias producidas	20000	30000
Agua potable	1000	200
Jabón	200	0
Personal	600	150
Energía eléctrica	0	77
Total	1800	427
Costo por batería	0.09	0.014233333
Ahorro neto por batería 0.075766667		

CAPITULO VIII

8. PLAN DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE FALLAS DE LA MÁQUINA

El mantenimiento preventivo que se realiza a la máquina lavadora de baterías tiene como objetivo mantener el buen estado de las diferentes partes y equipos de la misma y prolongar la vida útil de sus componentes. Para realizar un eficaz mantenimiento, es necesario plantear una lista de tareas a realizar y especificar la frecuencia con las que deben realizarse. Este plan de mantenimiento debe ser programado y debe cumplirse con normalidad, para evitar que la máquina se pare por cualquier falla e interrumpa el proceso de producción de las baterías. A continuación se detalla una lista de tareas de mantenimiento clasificadas según la frecuencia de ejecución.

RÉGIMEN DIARIO:

1. Verificar el nivel de agua en los reservorios.
2. Verificar la limpieza de las boquillas de expulsión de agua.
3. Engrasar las chumaceras.
4. Chequear la alineación de la banda.
5. Chequear la presión de salida de agua por las boquillas.
6. Descargar el agua de los reservorios de la máquina y enjuagar los residuos de ácido de la máquina.

RÉGIMEN MENSUAL:

Realizar todas las tareas del régimen diario y además las siguientes.

1. Controlar el nivel de aceite en el motor principal.
2. Engrasar los rodamientos de los ventiladores.
3. Chequeo de la parte eléctrica de las bombas de agua.
4. Revisar la tensión de la banda y el estado de la grapa.
5. Lubricar la cadena de transmisión.

RÉGIMEN ANUAL:

Realizar todas las operaciones de régimen diario y mensual y además las siguientes:

1. Cambiar el aceite a la caja reductora de velocidades del motorreductor.
2. Revisar engranajes y rodamientos al motorreductor y reemplazar en caso de ser necesario.
3. Barnizar el bobinado de los motores eléctricos de los ventiladores.
4. Cambiar los rodamientos del motor del ventilador.
5. Cambiar los sellos mecánicos en los motores (de ser necesario).
6. Limpiar y barnizar los motores eléctricos de las bombas
7. Cambiar los rodamientos de los motores de las bombas.
8. Revisar en forma general y limpiar las boquillas.

9. Revisar y dar mantenimiento a las líneas eléctricas.
10. Chequear los contactores, botoneras y térmicos de el panel eléctrico.
11. Chequear en forma general las partes de la máquina y reemplazar aquellas que se encuentren deterioradas o afectadas por la corrosión.

En la Tabla 8.1 se puede observar en forma resumida las operaciones de mantenimiento periódico.

GUÍA DE FALLAS:

Para evitar cualquier problema que se presente en la máquina y prevenir algún accidente personal es necesario guardar las siguientes normas de seguridad.

1. En caso de cualquier emergencia, oprimir el botón de STOP general ubicado en el tablero eléctrico (ver Fig. 8.1) y a la salida de la máquina.
2. En caso de cortocircuito evitar cualquier contacto con la máquina en su estructura metálica debido a la presencia del agua que es un conductor de la electricidad.

Durante la operación de la máquina lavadora de baterías se pueden presentar ciertas fallas o problemas comunes que pueden entorpecer el normal funcionamiento de la máquina. Para poder evitar que estos problemas

ocasionen una paralización prolongada, se ha preparado una tabla donde se explica los tipos de falla, las posibles causas y su respectiva solución. Esta información se la puede revisar en la Tabla 8.2

TABLA 8.1: PLAN DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA MÁQUINA LAVADORA DE BATERÍAS

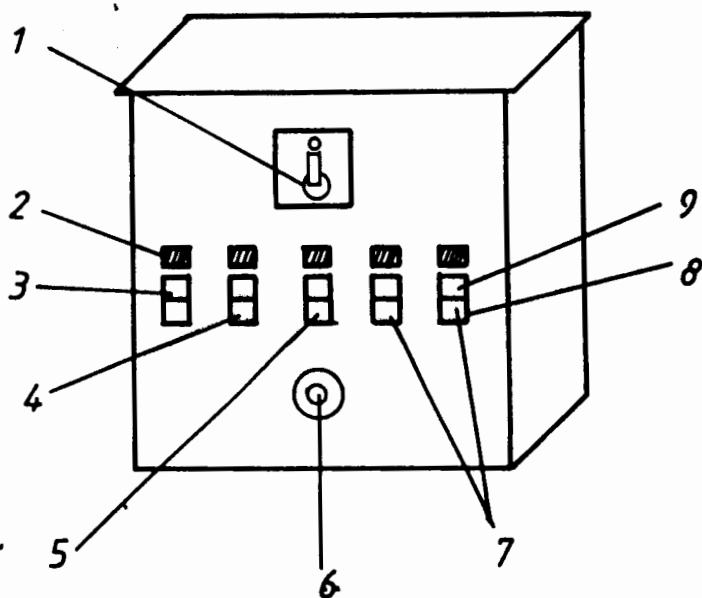
TAREA	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Verificar nivel de agua en las bandejas	X	X	X
Verificar limpieza de boquillas	X	X	X
Chequear presión de agua en bombas	X	X	X
Descargue de agua y enjuague de bandejas	X	X	X
Chequear parte eléctrica del motor de las bombas		X	X
Revisar y barnizar motores de las bombas			X
Cambiar rodamientos a las bombas			X
Revisión general de boquillas			X
Engrasar las chumaceras	X	X	X
Chequear alineación de banda	X	X	X
Controlar nivel de aceite en el motorreductor		X	X
Engrasar rodamientos de ventiladores		X	X
Revisar tensión de banda y engrapado		X	X
Lubricar cadena		X	X
Cambiar de aceite a motorreductor			X
Revisar engranajes y rodamientos a motorreductor (cambio)			X
Barnizar bobinado de motor ventilador			X
Revisar aspas de ventilador			X
Revisar líneas eléctricas			X
Revisar contactores, botoneras y térmicos			X
Chequear y cambiar partes y piezas deterioradas o corroídas			X

TABLA 8.2 : GUÍA DE FALLAS DE LA MÁQUINA LAVADORA DE BATERÍAS

FALLA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Motores no arrancan	Botón de STOP aplastado	Desbloquear botón de STOP
	No llega energía eléctrica	Revisar si la corriente llega a los equipos y revisar el estado de los cables
	Falta una fase	Revisar la conexión eléctrica
Salto del protector térmico de la bomba	Motor pegado	Abrir motor limpiar y engrasar rodamientos
	Impeler pegado	Abrir la carcasa de la bomba y revisar basuras en impeler.
	Rodamientos dañados	Revisar y cambiar rodamientos de ser necesario.
	Consumo de amperios mayor que el calibrado	Revisar la escala graduada del térmico y aumentar el amperaje permisible.
	No hay agua en las bandejas	Revisar el nivel de agua de las bandejas y llenarlas.
Baja presión de agua en las boquillas	Boquillas tapadas	Revisar y limpiar las boquillas
	Bajo nivel de agua en la bandeja	Revisar el nivel y llenar.
Salta protector térmico del motorreductor	Grapa de la banda atascada	Revisar el estado de la grapa.
	Engranajes o rodamientos dañados	Abrir el reductor de velocidades y revisar engranajes y rodamientos

TABLA 8.2: (CONTINUACIÓN)

FALLA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Banda no se mueve	Falta tensión de la banda	Desplazar sistema de pretensión hacia afuera de la máquina.
Salida de aire deficiente	Objeto impide entrada de aire al ventilador	Liberar objetos que adheridos a las guardas del ventilador
	Fugas de aire en los ductos	Revisar si existe escape de aire en los acoples de los ductos de aire
	Sentido de giro cambiado del ventilador	Revisar conexión eléctrica y cambiar conexión de los cables en el motor del ventilador



- 1 Interruptor general
- 2 Lámpara testigo
- 3 Interruptor bomba 1
- 4 Interruptor bomba 2
- 5 Interruptor motorreductor
- 6 Botón de parada de emergencia
- 7 Interruptor ventilador
- 8 Botón de encendido
- 9 Botón de apagado

Fig.8.1: Panel eléctrico

CAPITULO IX

9. ANÁLISIS DE MEJORAS EN EL PROCESO

El creciente deterioro de los recursos naturales de este planeta han llevado a que el hombre y la sociedad empiecen a buscar métodos o políticas para proteger su lugar de vida, a favor de las futuras generaciones. Proteger el medio ambiente consiste, entre otras cosas, en utilizar de manera eficiente los recursos energéticos, evitar el uso de materiales riesgosos para la salud, reducir los desechos tóxicos y proteger los recursos naturales en especial el agua. Todo esto en conjunto permite mantener la calidad de vida de las personas.

A nivel de las empresas aplicar criterios de conservación ambiental pueden llevar a proteger la salud de los trabajadores, evitar la destrucción del espacio construido, reducir los costos operativos y a mejorar la imagen de la empresa por su apoyo a la comunidad.

Uno de los principales objetivos que se toma en cuenta para el diseño y la construcción de la máquina lavadora de baterías es precisamente reducir el impacto ambiental del actual proceso de lavado. Es decir realizar el proceso de lavado, optimizando la utilización del agua, evitando la evacuación de aguas residuales ácidas al ambiente, mejorando la participación de los trabajadores y protegiendo la salud pública. A continuación se analiza y explica como se logran mejorar estos aspectos.

CAPITULO IX

9. ANÁLISIS DE MEJORAS EN EL PROCESO

El creciente deterioro de los recursos naturales de este planeta han llevado a que el hombre y la sociedad empiecen a buscar métodos o políticas para proteger su lugar de vida, a favor de las futuras generaciones. Proteger el medio ambiente consiste, entre otras cosas, en utilizar de manera eficiente los recursos energéticos, evitar el uso de materiales riesgosos para la salud, reducir los desechos tóxicos y proteger los recursos naturales en especial el agua. Todo esto en conjunto permite mantener la calidad de vida de las personas.

A nivel de las empresas aplicar criterios de conservación ambiental pueden llevar a proteger la salud de los trabajadores, evitar la destrucción del espacio construido, reducir los costos operativos y a mejorar la imagen de la empresa por su apoyo a la comunidad.

Uno de los principales objetivos que se toma en cuenta para el diseño y la construcción de la máquina lavadora de baterías es precisamente reducir el impacto ambiental del actual proceso de lavado. Es decir realizar el proceso de lavado, optimizando la utilización del agua, evitando la evacuación de aguas residuales ácidas al ambiente, mejorando la participación de los trabajadores y protegiendo la salud pública. A continuación se analiza y explica como se logran mejorar estos aspectos.

El ácido sulfúrico es el gran contaminante en una fábrica de baterías, por ser altamente corrosivo. En el proceso de precarga y carga el ácido sulfúrico está presente en el ambiente en forma de vapor y el olor de este ácido no permite una respiración correcta ni agradable. Como se explicó antes, el proceso de lavado se realizaba en el mismo lugar donde se cargan las baterías. La máquina lavadora de baterías va a estar ubicada fuera de esta área, con lo cual se evita que los trabajadores respiren aire contaminado por los vapores del ácido sulfúrico. De esta manera se protege la salud de los trabajadores.

Las aguas residuales de una empresa deben tener un pH balanceado por lo cual debe ser tratada antes de evacuarla al ambiente. En el actual proceso de lavado los residuos de ácido sulfúrico que se deposita sobre las baterías luego del proceso de carga, es eliminado con agua y jabón. El agua resultante se desaloja por las alcantarillas con un pH bajo, es decir ácido, hasta una piscina para ser tratada. Con la máquina lavadora de baterías se recuperan los residuos de ácido sulfúrico y se los utiliza para la preparación de electrolito. Con esto se evita el tratamiento químico posterior y no se evacua al ambiente agua acidulada.

El ácido sulfúrico destruye el piso de cemento, las paredes, las estructura de acero y otros implementos como carros, rodillos. La ropa de los trabajadores y los zapatos también se deterioran rápidamente. Con la máquina lavadora de

baterías se evita que el ácido este en contacto con el piso y las paredes, y la consiguiente degradación del cemento.

Las emisiones de ácido sulfúrico afectan al ambiente natural, al ambiente construido y a la calidad de vida. Las empresas fabricantes de baterías deben tomar este punto muy en cuenta y proteger a los trabajadores, quienes deben estar debidamente equipados con mascarillas, guantes de caucho, botas y deben ingerir mínimo un litro de leche diario para balancear la acidez de su organismo. Con el uso de la máquina lavadora de baterías se logra un positivo mejoramiento ambiental para el bien de los trabajadores, la empresa y la sociedad.

CAPITULO X

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. En el Ecuador es posible construir maquinaria utilizando los propios recursos y el material humano sin necesidad de recurrir a la importación de las mismas. Esto permite explotar la capacidad intelectual de los Ingenieros y contribuye al desarrollo técnico y tecnológico del país.
2. Este proyecto es una gran alternativa para mejorar el proceso de fabricación de baterías, ya que se evita la contaminación del medio ambiente y se logra aprovechar el ácido sulfúrico para el proceso de llenado de las baterías.
3. Con la máquina lavadora de baterías se logra reducir el costo operativo del proceso de lavado, lográndose un ahorro de US\$ 0,075 por cada batería producida.
4. La inversión realizada para la fabricación de la máquina lavadora de baterías se recupera en 0,8 años y tiene una tasa interna de retorno de 126,2%, lo que indica la alta rentabilidad de la máquina.

5. Con el uso de esta máquina se evita la destrucción del espacio físico de la empresa como es la degradación del hormigón y la corrosión de los pilares de acero.
6. Como la máquina es parte del proceso no se necesita utilizar carros para transportar las baterías hasta y desde la máquina, ahorrando así tiempo y evitando la corrosión de los mismos. Esto le da mayor agilidad al proceso.
7. Con la máquina lavadora de baterías se mejora la productividad del proceso en general y se puede lavar mayor cantidad de baterías por unidad de tiempo.

Tomando en cuenta que es la primera máquina lavadora de baterías que se fabrica en el país puede decirse que es un prototipo del cual tendrá que ir mejorando poco a poco y a medida que se avance en el trabajo se pueden ir optimizando ciertos aspectos que no fueron tomados en cuenta en el momento oportuno y que saltan a la vista al hacer el balance general.

Se recomienda por tanto lo siguiente:

1. Continuar el estudio de la máquina y su versatilidad dentro del proceso productivo para incluir nuevas variantes al mismo a medida que pasa el tiempo.

2. Dar un mantenimiento periódico a la máquina para conservarla en buen estado.
3. Reubicar la estación de llenado de las baterías a un lugar más funcional para que no se produzca la interferencia, entre el proceso de llenado y el proceso de lavado, que actualmente se realiza en la misma sección.
4. Diseñar un sistema de extracción de aire y ventilación en la sección de carga de las baterías para que los vapores del ácido sulfúrico puedan ser evacuados y no contaminen al resto de la planta.

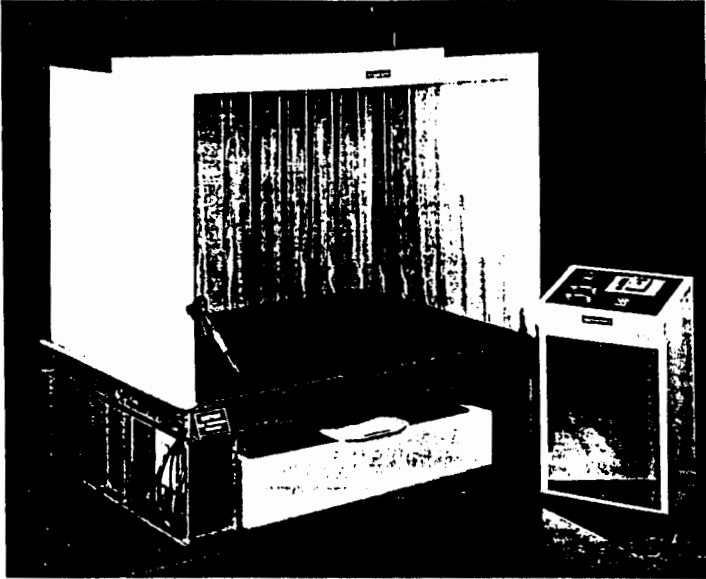
ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS Y FIGURAS COMPLEMENTARIAS

ALL WASHED UP, AND CONVERTED TOO!

Now you can have affordable jet spray washing up to 1,000 P.S.I. with soap injection and an economical 3 GPM water rate. These washers can use hot or cold water, with organic filtration down to 1 micron and a 6,000 pound battery capacity.

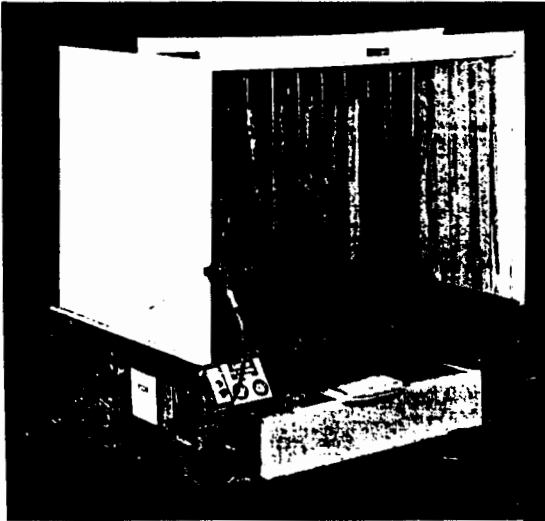


MODEL BW-2 \$9,495 INDUSTRIAL BATTERY WASHER

Eliminate waste treatment of battery wash water (depending on local discharge requirements). This system using interlocking pH control and filtration allows discharge of wash water to drain.

- Jet spray washing up to 1,000 P.S.I.
- Hot water adaptable
- Optional soap injection
- 3 GPM water use
- Organic filtration to 1 micron
- 6,000 lb. battery capacity

CUSTOM WASHERS AVAILABLE



MODEL BW-1 \$7,495 INDUSTRIAL BATTERY WASHER

Reduce waste treatment of battery wash water by up to 90%. This washer, using a three stage filtration system, allows the containment and reuse of wash water.

- Jet spray washing up to 1,000 P.S.I.
- Battery Capacity up to 6,000 lbs.
- Organic filtration down to 1 micron
- Carbon filtration for inorganic

MODEL AC-1 \$3,495 USED BATTERY ACID CONVERSION SYSTEM

Eliminate disposal of used battery acid. Filter used battery acid down to 1 micron. Adjust specific gravity of acid and reuse after battery maintenance or rebuild.

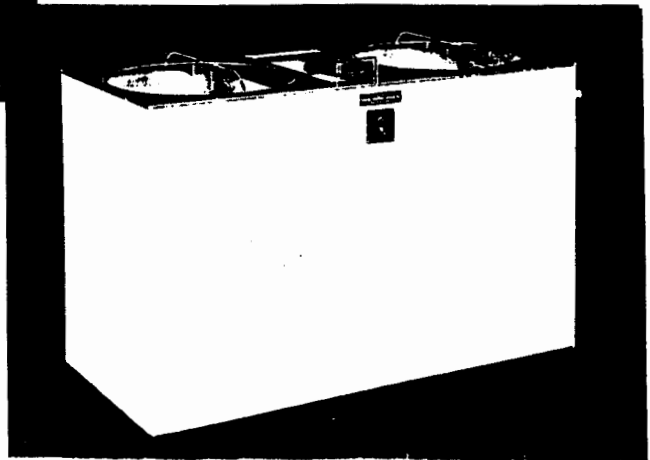
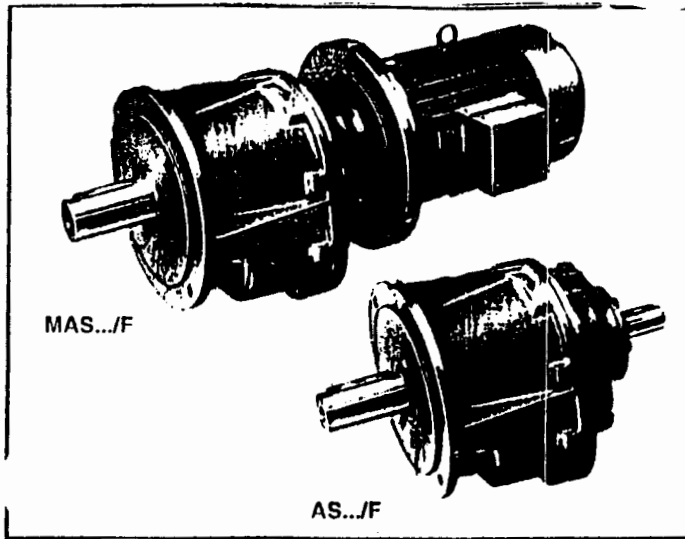


Fig. A1-1: Publicidad de dos máquinas lavadoras de baterías / 1 /



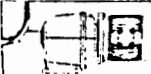
	l	HP ₁	kW ₁	M ₂ daNm	n ₂
MAS 35/P MAS 35/F MAS 35/R	5,11	5,5	4	13,4	274
	6,22	5,5	4	16,3	225
	6,93	5,5	4	18,2	202
	7,51	5,5	4	19,8	186
	7,78	5,5	4	20	180
	9,14	5,5	4	24	153
	10,18	5,5	4	27	138
	11,43	5,5	4	30	122
	12,62	5,5	4	33	111
	15,37	5,5	4	40	91
	17,11	4	3	33	82
	19,21	4	3	37	73
	24,19	4	3	46	58
	29,45	3	2,2	42	48
32,8	3	2,2	47	43	
36,82	2,5	1,8	44	38	
MAS 35/DP MAS 35/DF MAS 35/DR	41,2	2,5	1,8	47	34
	46,2	2	1,5	42	30
	54	2	1,5	49	26
	65,8	1,5	1,1	45	21
	73,6	1,5	1,1	50	19,1
	82,2	1	0,75	37	17
	99,3	1	0,75	45	14,1
	120,9	0,75	0,55	41	11,6
	134,7	0,75	0,55	46	10,4
	151,1	0,75	0,55	51	9,3

Fig. A1-2: Motorreductor utilizado para el sistema transportado / 5 /

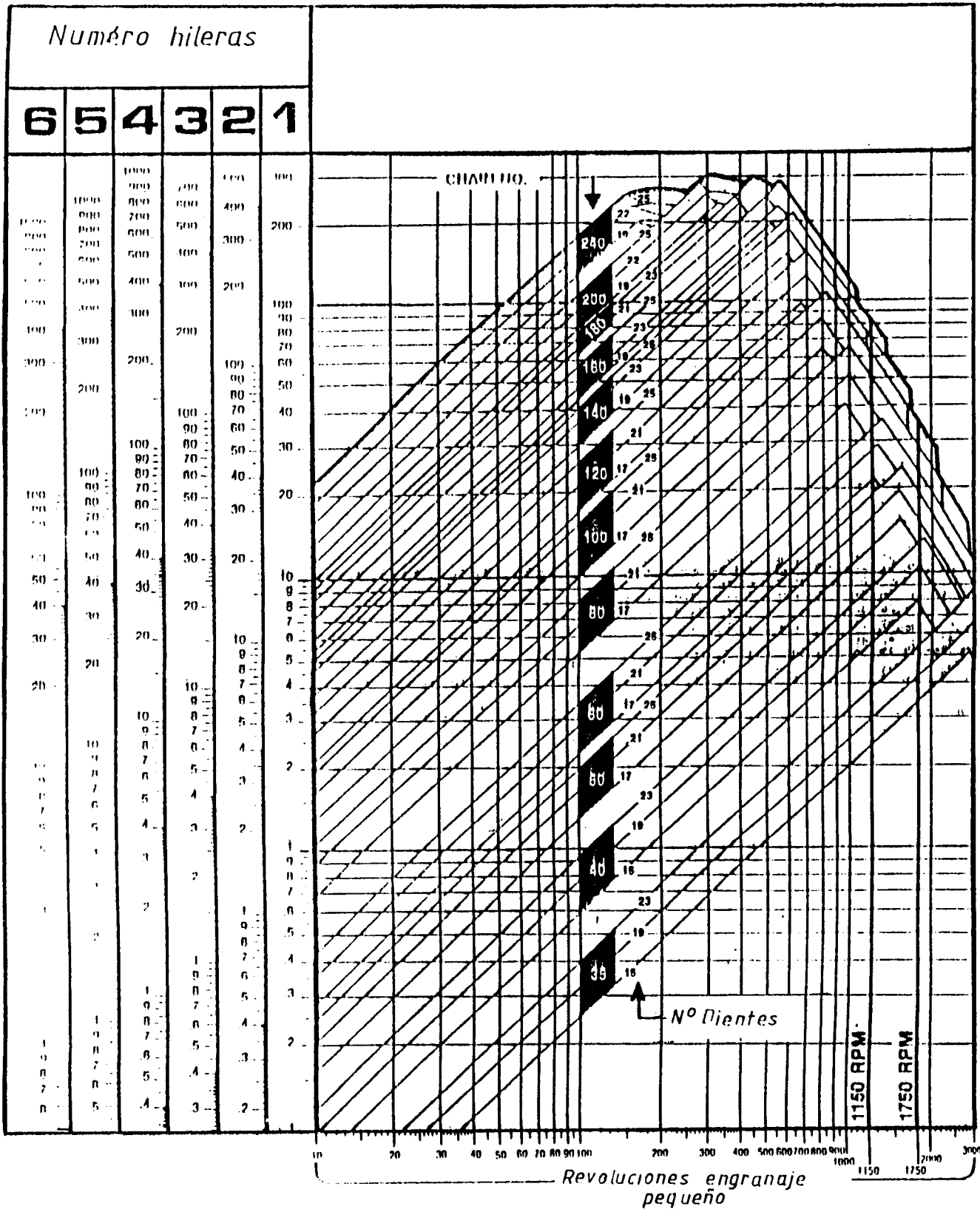


Fig. A1-3: Tabla de selección rápida de cadenas / 6 /

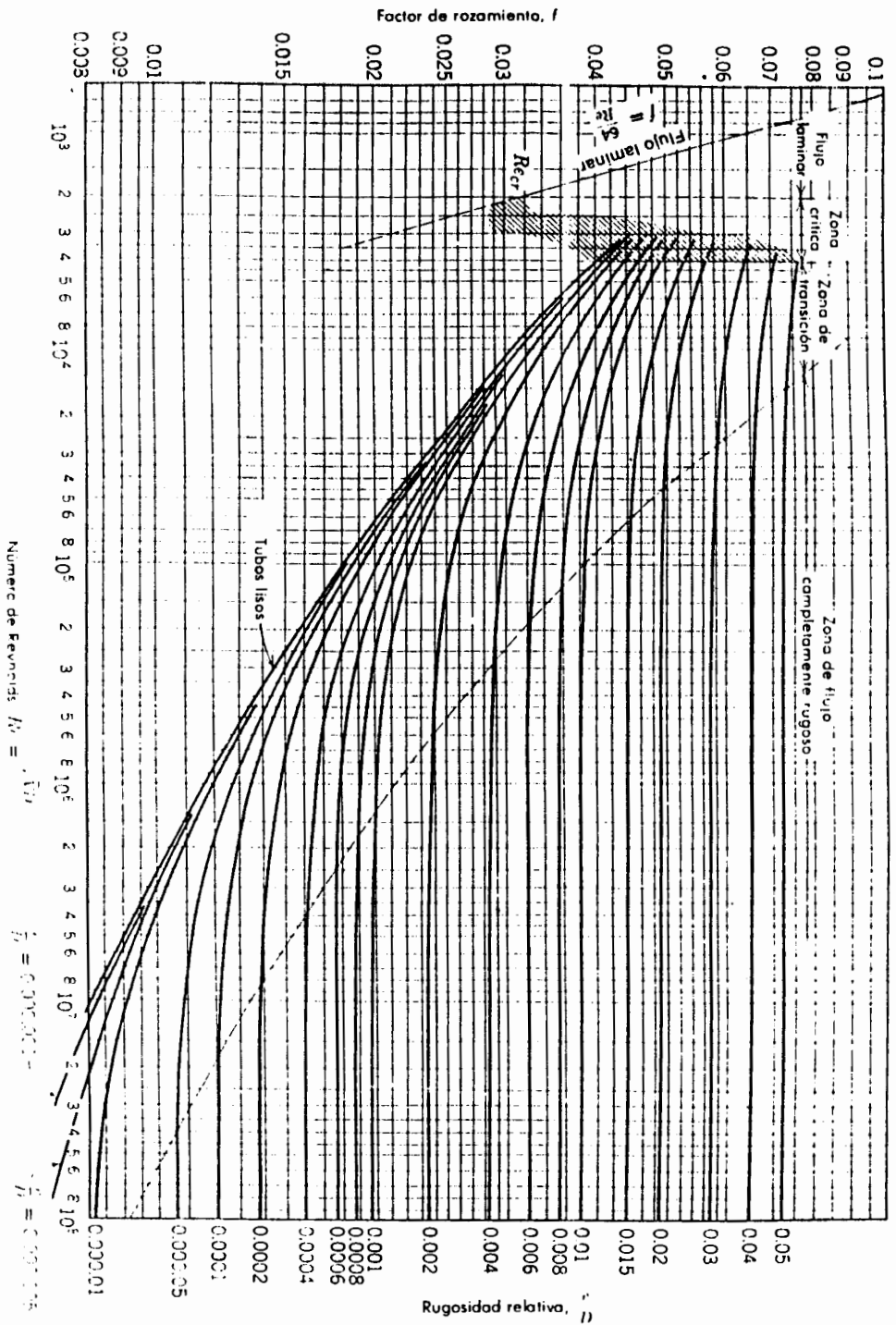


Fig. 6-12. Diagrama de Moody para el factor de rozamiento.

Fig. A1-4: Diagrama de Moody / 8 /

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS DE TUBERIA


ELEMENTO		Conducto, en milímetros												
		75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
	$r = d$	1.3	1.7	2.5	3.4	4.3	5.1	6	6.8	7.6	8.5	10	12	13.5
	$r = 1,5d$	0.9	11.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8	5.4	6	7.2	8.4	9.6
	$r = 2d$	0.7	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5	7	8

Fig. A1-5: Longitud equivalente para accesorios de tubería / 9 /

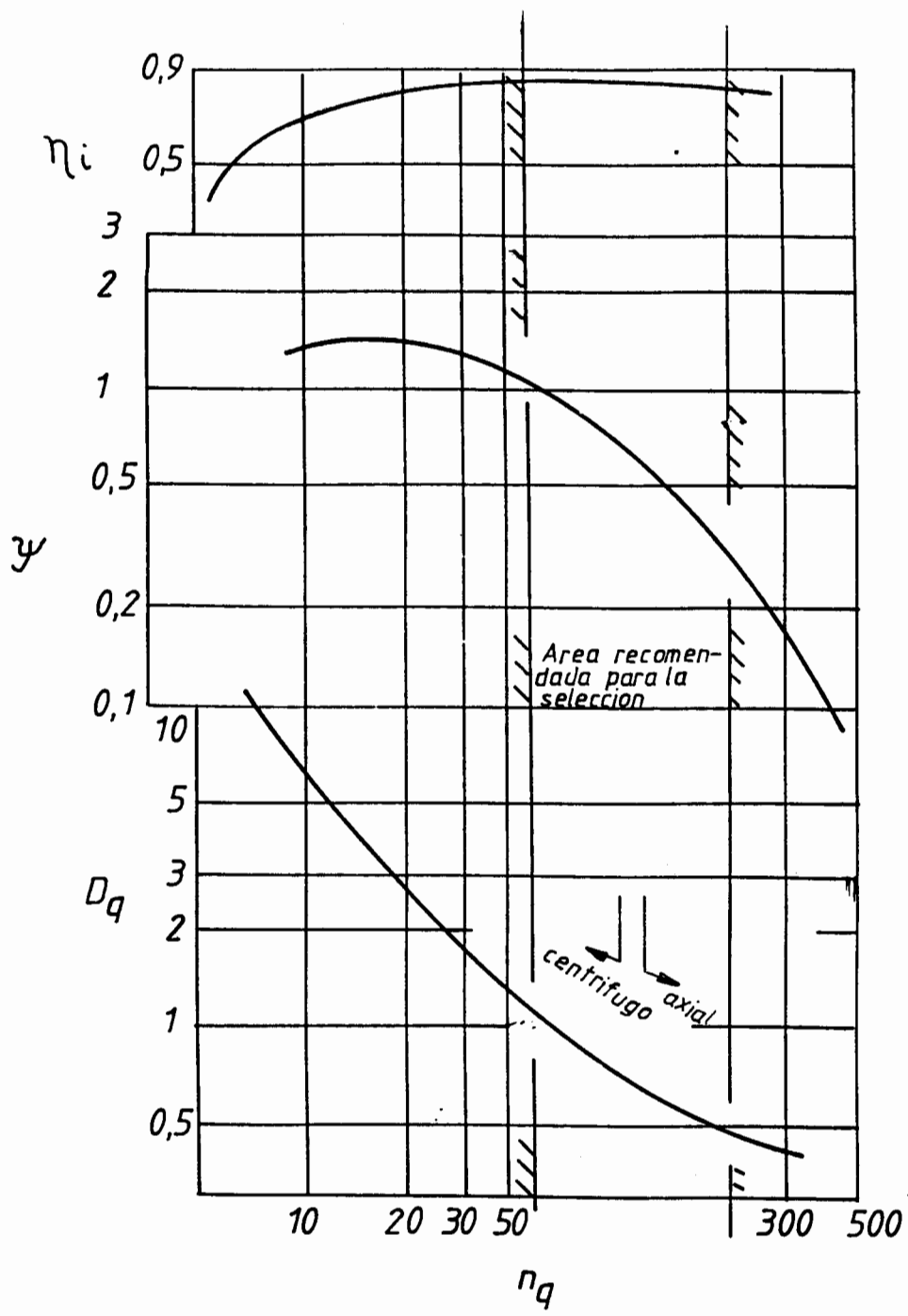


Fig. A1-6: Diagrama para selección de ventiladores / 10 /

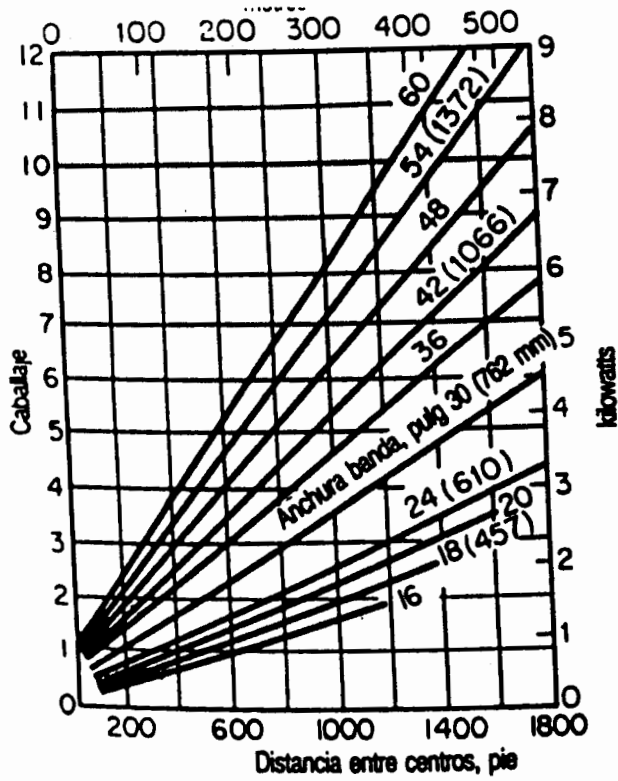


Fig. A1-7: Potencia requerida para mover un transportador de acuerdo a la distancia entre centros y al ancho de la banda /11/

Envoltura de la banda, grados	180	200	210	215	220	240
Polea desnuda	1,85	1,72	1,67	1,664	1,62	1,54
Polea forrada con caucho	1,50	1,42	1,38	1,36	1,35	1,30

Fig. A1-8: Factor que relaciona la fuerza tangencial real con la carga de la banda según el ángulo de envolvente y el tipo de superficie de contacto /11/

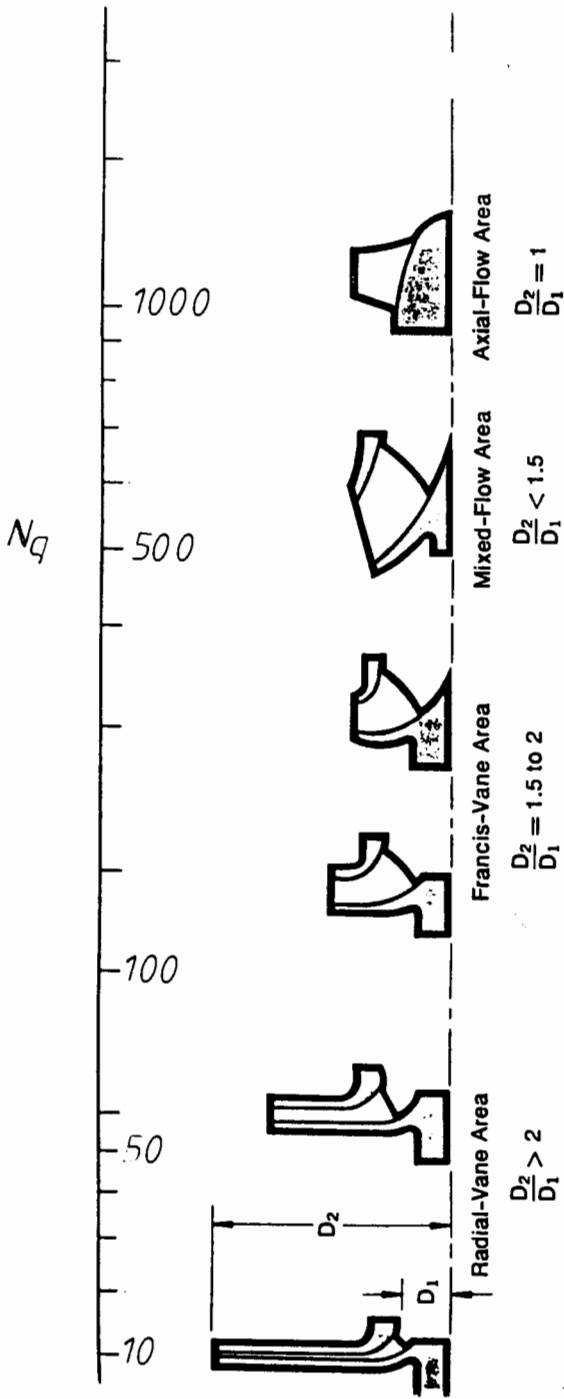


Fig. A1-9: Diagrama para seleccionar el tipo de bomba requerida de acuerdo al número de revoluciones específico $/12/$.

CALCULO DE PLANILLA ELECTRICA EMELEC

Jul-97

Lectura actual	
Lectura anterior	
Constante del medidor	80
Consumo (KWH)	560
Demanda (KW)	3.5
Factor de Potencia (FP)	0.9

Energia Eléctrica (para los primeros 200demanda KWH de consumo)x165\$/KWH	\$165,900
Energia Eléctrica (diferencia KWH de consumo)x 150\$/KWH	\$0
Demanda (demanda x 5000\$/KW)	\$59,500
Factor de potencia (energia electrica + demanda)x(0.90/FP-1)	\$0

Subtotal Emelec SE	\$225,400
---------------------------	------------------

FERUM (10% SE)	\$22,540
Bomberos (constante) \$3000	\$5,741
Alumbrado Publico (2% SE)	\$4,508
Capitalizacion (valor de 1US c, en sucres x consumo)	\$22,400
Recoleccion de basura (12% SE)	\$27,048

Subtotal Imp/Otros	\$82,237
---------------------------	-----------------

Otros Conceptos	\$0
------------------------	------------

Total Ajustes	\$8
----------------------	------------

TOTAL PLANILLA a pagar	\$307,645
-------------------------------	------------------

Fig. A1-10: Costos de energía eléctrica debido a la operación de la máquina lavadora de baterías /13/

RENTABILIDAD LAVADORA DE BATERIAS

DESCRIPCION DE GASTOS (US\$)	ANOS	ANOS
TERRENO	0	0%
TERRENO CONT. NO COMPET.	0	20%
OBRA CIVIL	0	0%
EQUIPO ARB, MUEBLES & AUTOMATION	0	10%
EQUIPOS	2.5	10%
GASTOS NOTARIALES	0	0%
GASTOS DE TRAMITACION	0	0%
AUTOMATION	0	0%
OTROS GASTOS	0	0%
TOTAL INVERSION	2.5	

DESCRIPCION DE GASTOS	ANOS
Direct and Allocated cost	1,100
Mantenimiento de Equipo	0
Lease Rent US \$ (base)	0
Transporta (28 Sucres/GL)	0
TOTAL	1,100

	USO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
AHORRO ANUAL		18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478
CUADRO DE RESULTADOS											
AHORRO ANUAL		18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478
MARGEN BRUTO		(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)	(1,100)
GASTOS OPERATIVOS		(850)	(850)	(850)	(850)	(850)	(850)	(850)	(850)	(850)	(850)
DEPRECIACION AMORTIZATION		14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528
INGRESOS NETOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS ADICIONALES		14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528	14,528
INGRESOS ANTES IMPUESTOS		(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)	(4,648)
IMPUESTOS	32%	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878	9,878
INGRESOS DESPUES IMPUESTOS		18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478
FLUJO DE FONDOS NETO		18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478	18,478
Flujo de Fondos Acumulada		2,228	12,958	23,693	34,411	45,138	55,868	66,594	77,321	88,048	98,777

VALOR PRESENTE NETO AL 10% (US\$ 000)	52,197
TASA INTERNA DE RETORNO (%)	128.2%
RECUPERACION INVERSION (AÑOS)	0.6

Fig. A1-11: Cuadro de resultados del análisis de rentabilidad de la máquina lavadora de baterias

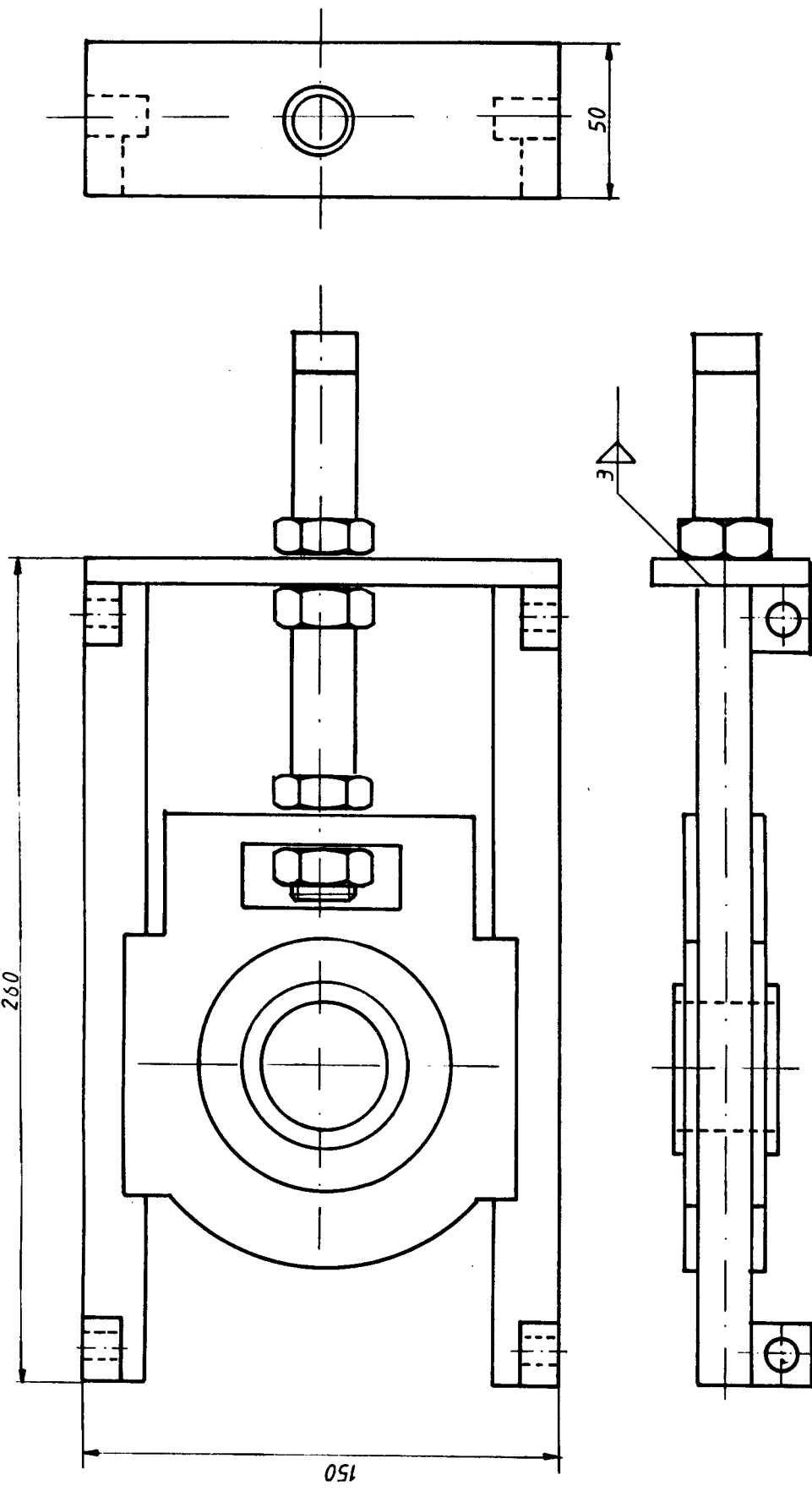
ANEXO 2

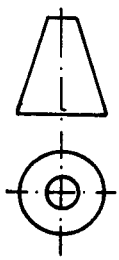
PLANOS DE LA MAQUINA LAVADORA DE BATERIAS

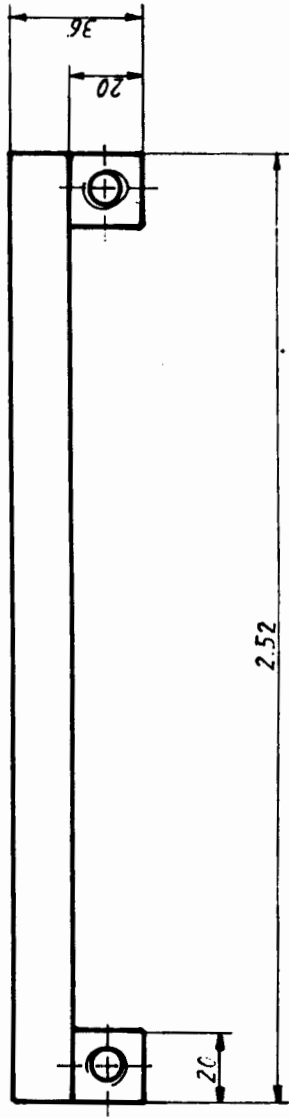
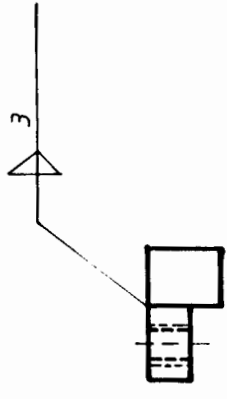
Lista de partes de la maquina lavadora de baterias

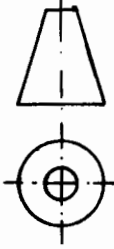
Num	Denominación	Cant.	Material	Observaciones
1	Riel	4	Acero inoxidable AISI 304	
2	Tornillo	2	Acero inoxidable AISI 304	
3	Tope	2	Acero inoxidable AISI 304	
4	Chumacera de pretensión	2		Chumacera serie TU-FJ 38mm(1 1/2")
5	Cubierta	1	Acero inoxidable AISI 316	
6	Sistema de distribución de agua	2	Tuberia de PVC de 38mm(1 1/2") roscable	48 rodamientos PVC de 38mm (1 1/2")
7	Ducto de aire	2	Acero A36 galvanizado de 1mm	
8	Codo	2	Acero A36 galvanizado de 1mm	
9	Rodillo de apoyo	24	Tuberia de PVC de 38mm(1 1/2") roscable	
10	Reservorio de agua 3	1	Acero inoxidable AISI 316 de 1mm	
11	Engranaje del tambor	1		Engranaje de 70 dientes, doble hilera, m=1
12	Cadena	1		Cadena doble hilera de dientes ASA # 50
13	Tapa de seguridad	1	Acero A36 galvanizado	
14	Soporte	8	Acero inoxidable AISI 304 de 3mm	
15	Engranaje del motor	1		Engranaje de 20 dientes, doble hilera,
16	Motorreductor	1		Motorreductor 1.5kW 30 RPM
17	Base del motor	1	Acero A36	
18	Pernos de fijación del ventilador	6		Pernos de acero inoxidable 1/4" x 1"
19	Ventilador	2		Ventilador centrifugo 0.375 kW D=350mm
20	Rejilla de seguridad	2	Acero A36	
21	Bomba etapa de limpieza	1		Bomba de PVC 0.375 kW
22	Reservorio de agua 2	1	Acero inoxidable AISI 304	
23	Bomba etapa de enjuague	1		Bomba de PVC 0.125 kW
24	Apoyo longitudinal	6	Acero inoxidable AISI 304 de 1" x 1/4"	
25	Reservorio de agua 1	1	Acero inoxidable AISI 316 de 1mm	
26	Viga principal	2	Acero inoxidable AISI 304 de 3mm	
27	Pernos de sujeción bandeja	32		Pernos de acero inoxidable de 1/4" x 1"
28	Rodillo de tensión	2	Tubo de acero inoxidable AISI 304 de 50 mm	
29	Chumacera de rodillo de tensión	2		Chumacera SY-FJ de 15 mm

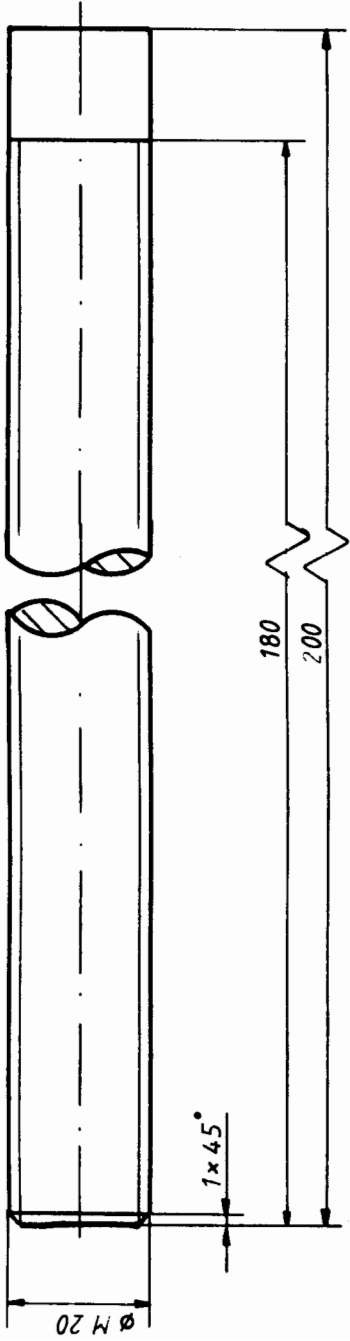
Num	Denominación	Cant.	Material	Observaciones
30	Base chumacera	4	Acero inoxidable 304 de 3mm	
31	Banda	1		Banda de caucho y nylon de 500 mm x 7500
32	Árbol del tambor	1	Tubo de acero inoxidable AISI 304	
33	Bisagra	1	Acero inoxidable AISI 304	
34	Bincha	1	Acero inoxidable AISI 304	
35	Manija	4	Acero inoxidable AISI 304	
36	Tapa	4	Acero inoxidable AISI 304	
37	Tambor	2	Acero inoxidable AISI 304	
38	Chumacera de pared	2		Chumacera serie FY_FJ de 38 mm(1 1/2")
39	Difusor	2	Acero A36 galvanizado	
40	Árbol de transmisión	1	Acero inoxidable AISI 304	
41	Manzana	4	Acero inoxidable AISI 304	
42	Reservorio de agua 4	1	Acero inoxidable AISI 316 de 1mm	
43	Apoyo transversal	4	Acero inoxidable AISI 304	

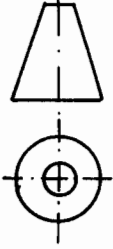


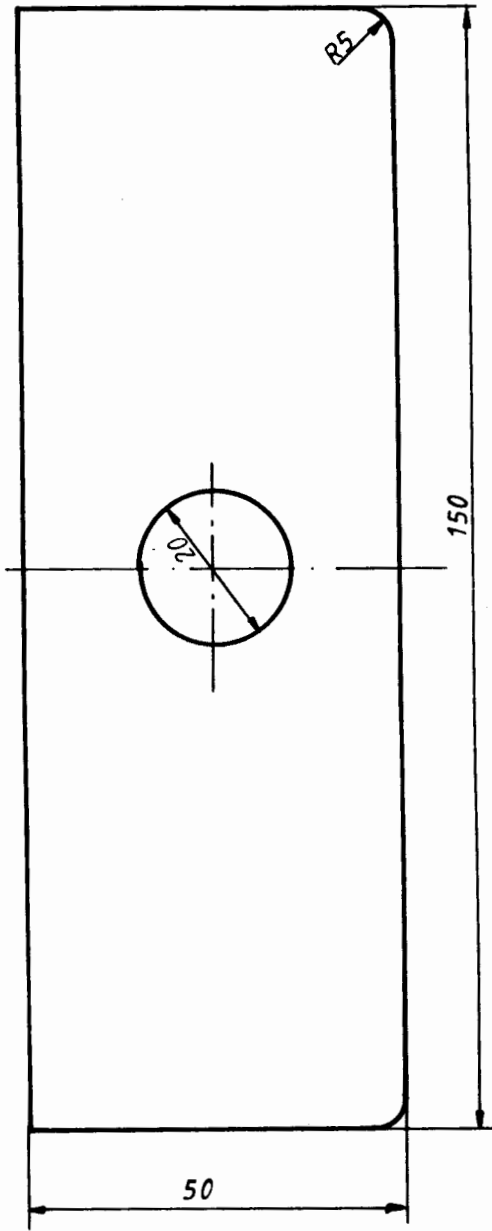
Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL		MLB-110
Dibujo		A. Frías					
Revisó							
Aprobó				Sistema de pretensión	1:2		



Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobado				Riel	 MLB-111
1:2					
1					

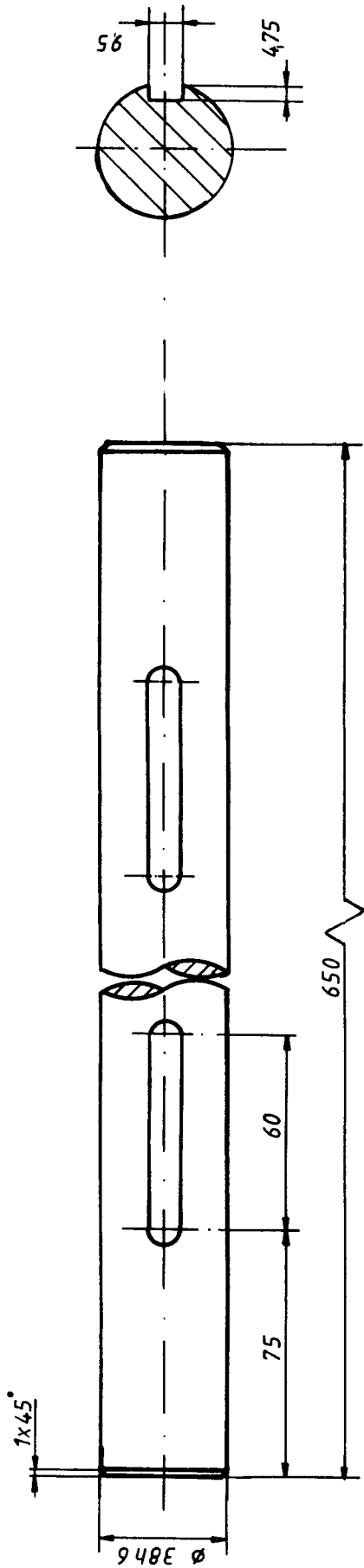


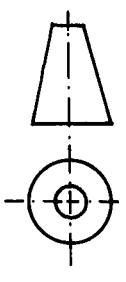
Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Tornillo	
1:1					
2					



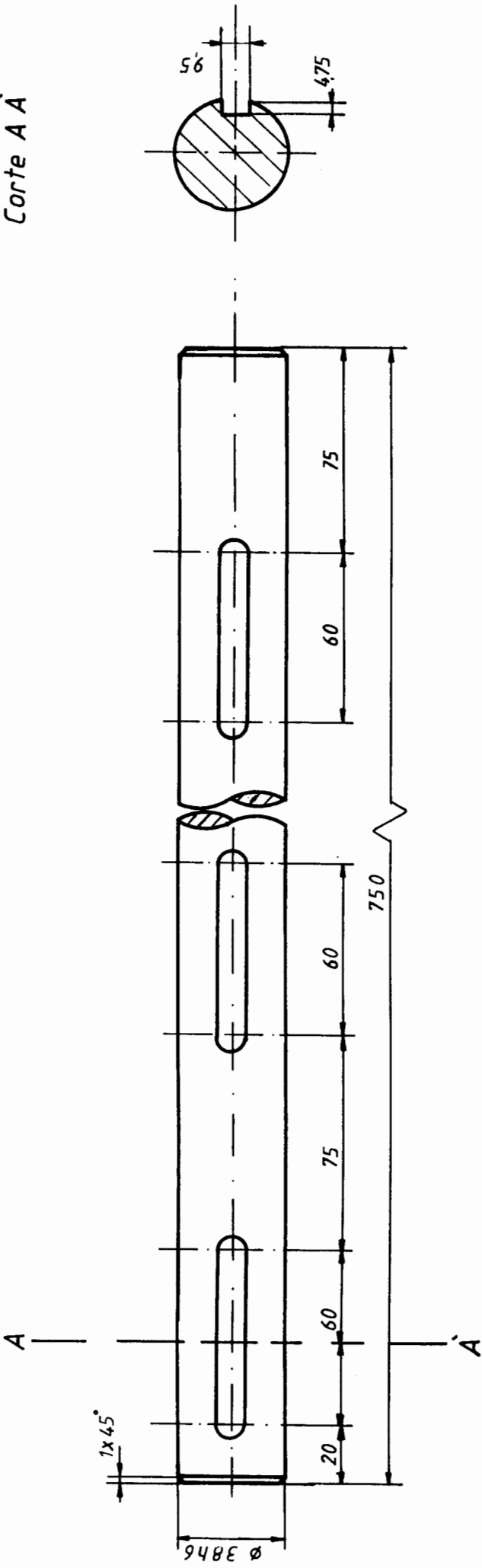
$e = 0$

Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Tope	
1:1					
3					



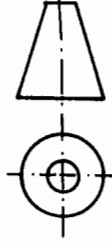
Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Arbol del tambor	
1:2					
32					

Corte A-A

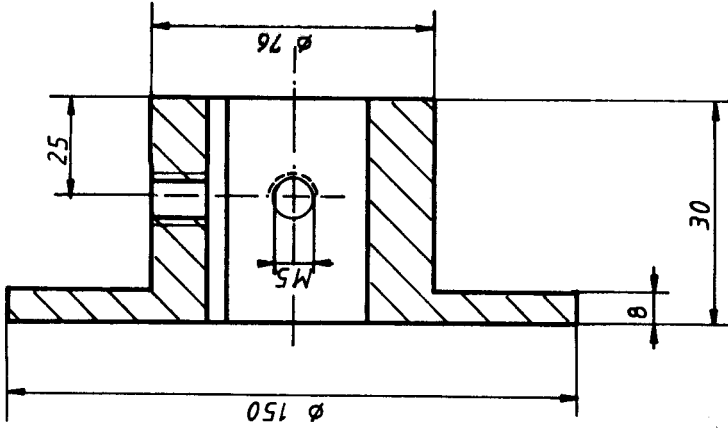
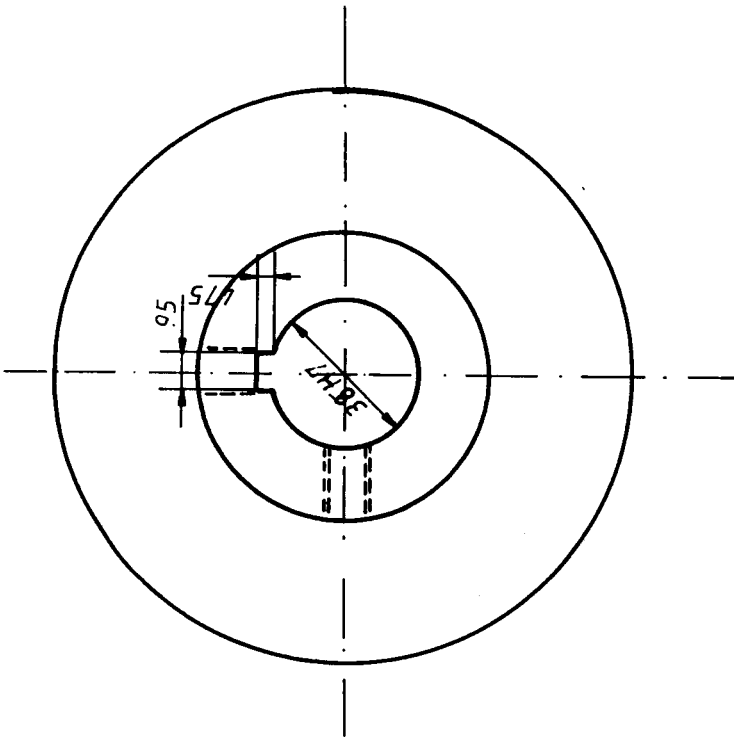


Fecha		Nombre	
Dibujo		A. Frias	
Reviso			
Aprobado			
Facultad de Ingeniería Mecánica			
Arbol de transmisión			
1:2			
41			

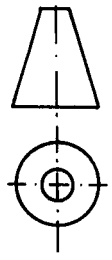
ESPOL

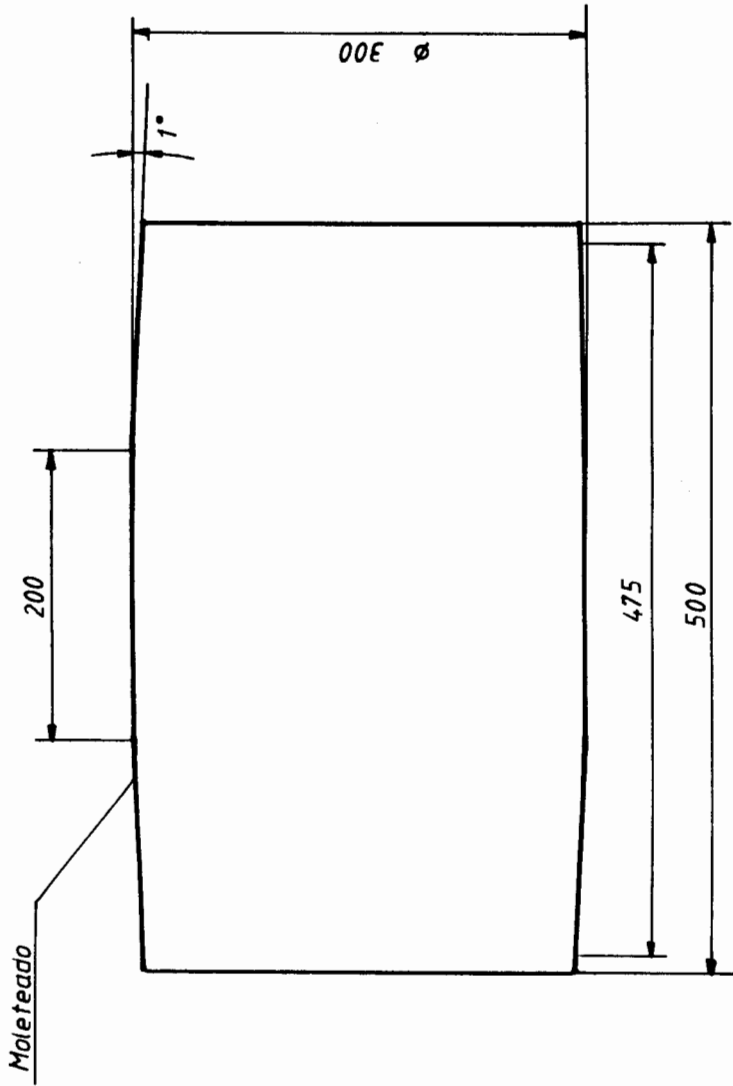


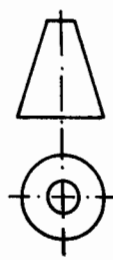
MLB-122

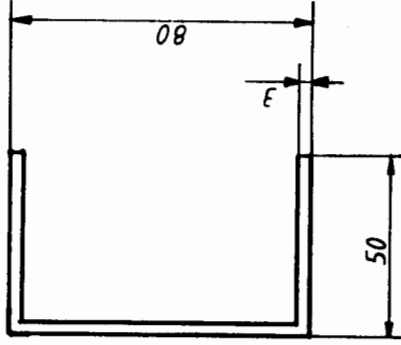
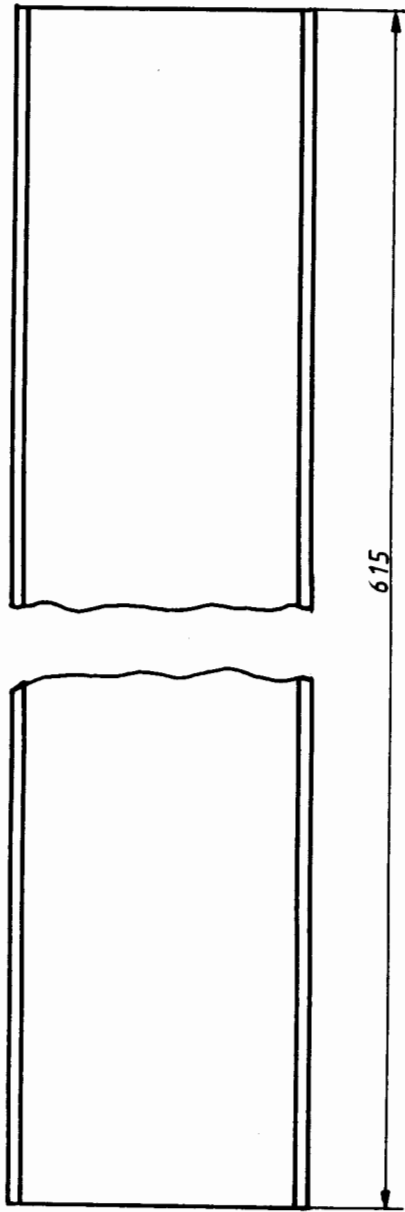


Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Manzana	MLB-123
1:2					
42					





Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Tambor	
1:1					



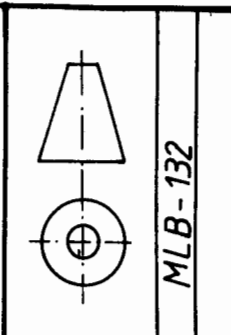
Fecha	Nombre
Dibujo	A. Frias
Reviso	
Aprobado	

Facultad de
Ingeniería Mecánica

ESPOL

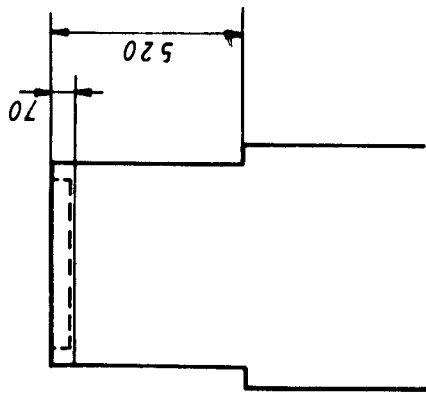
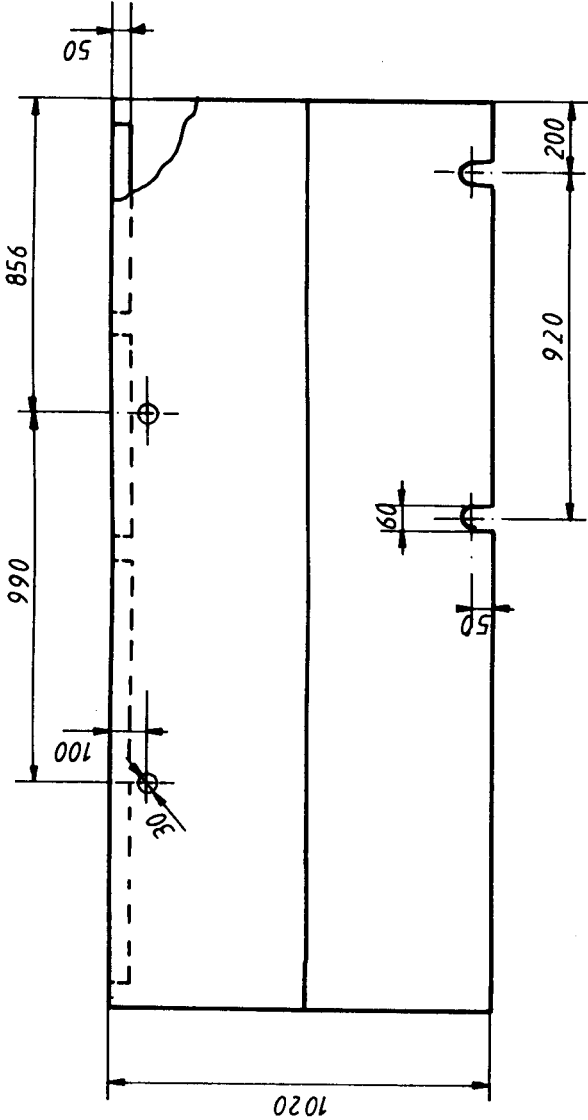
1:2

SopORTE

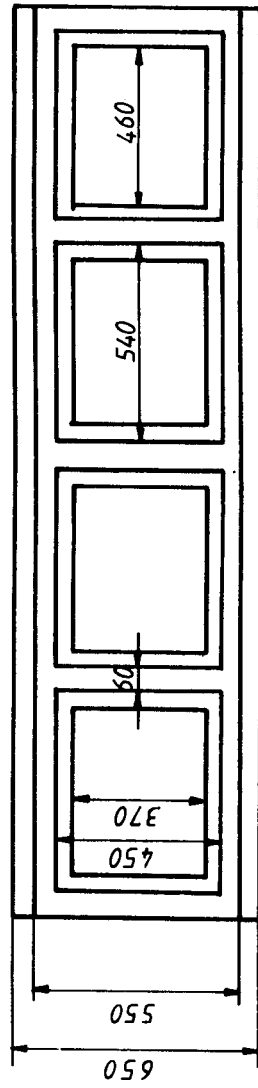


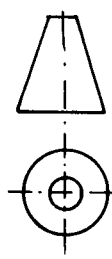
MLB - 132

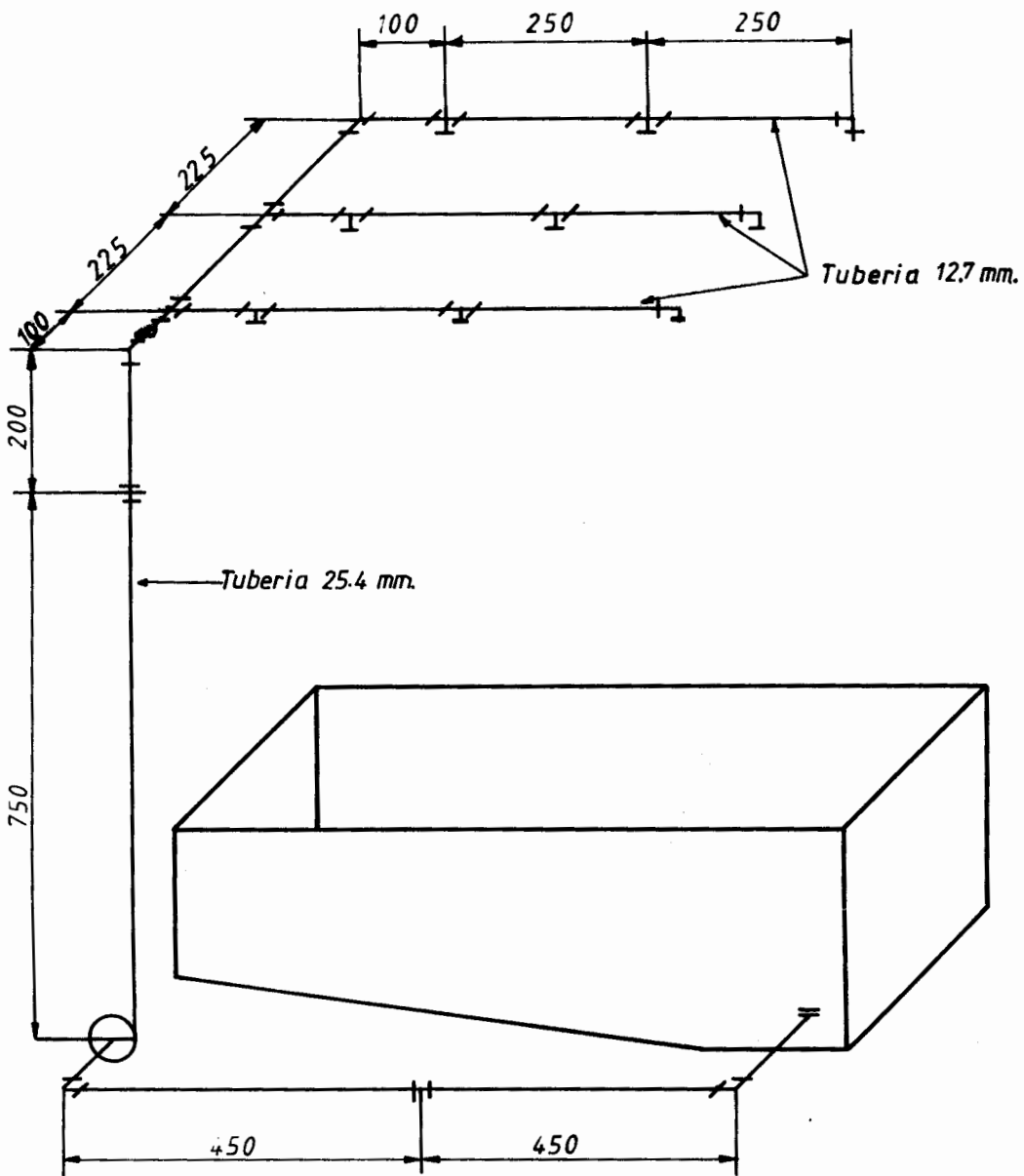
14



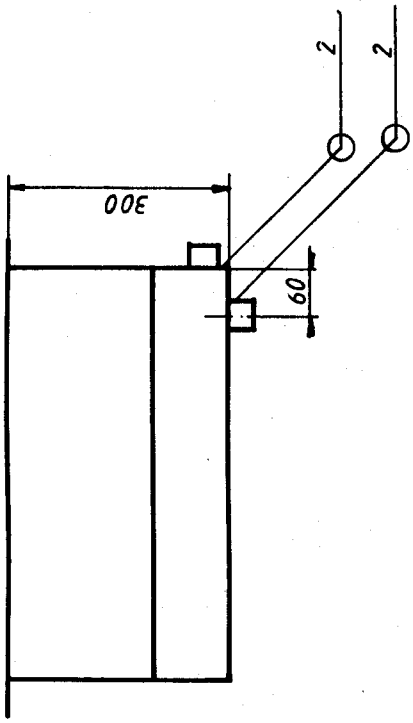
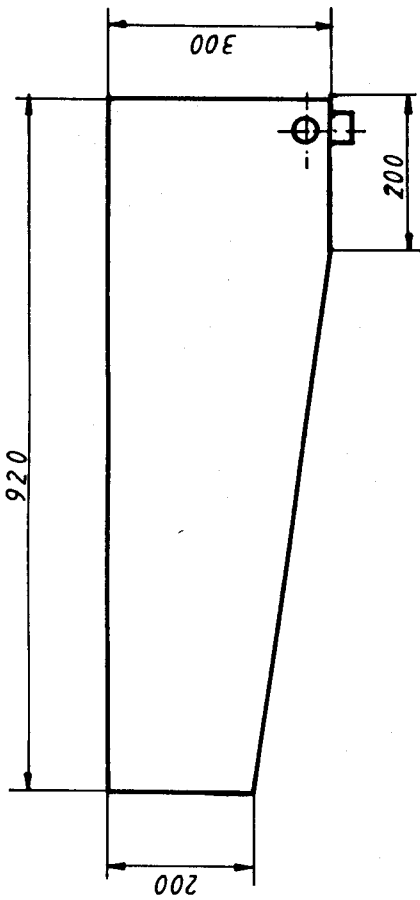
espesor 1 mm.



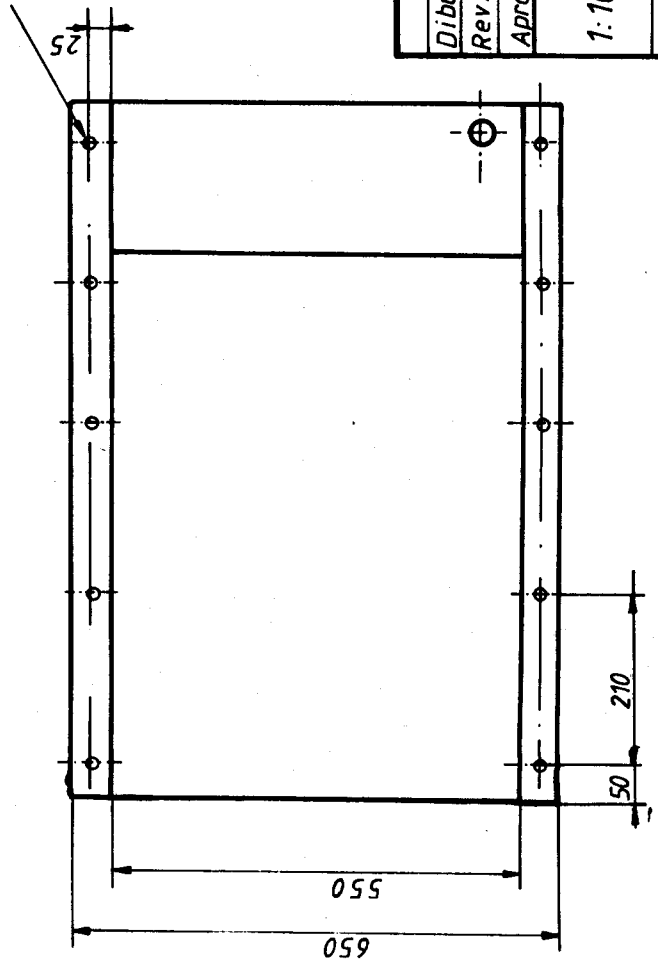
Fecha		Nombre	
Dibujo	Reviso	A. Frias	
Aprabo			
1:20			
5			
Facultad de Ingeniería Mecánica		Cubierta	
ESPOL			
		MLB-140	

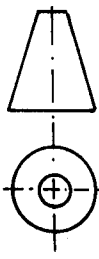


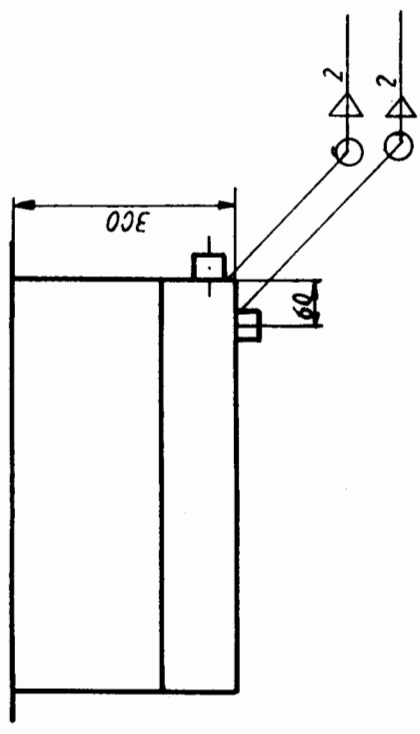
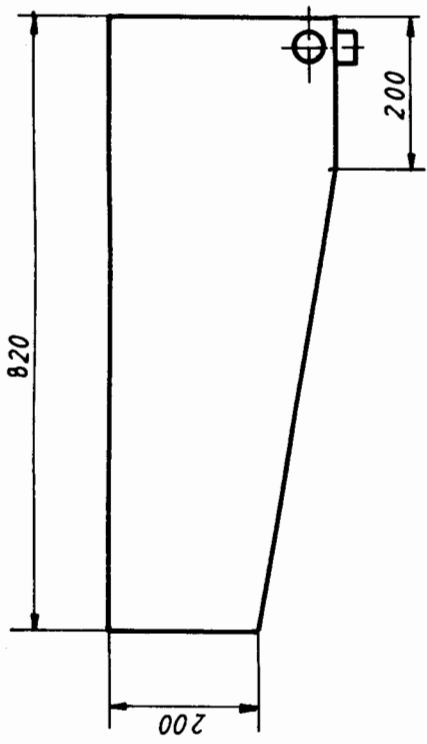
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Facultad de Ingeniería Mecánica</i>	<i>ESPOL</i>
<i>Dibujo</i>		<i>A. Frias</i>		
<i>Reviso</i>				
<i>Aprob</i>				
<i>1:10</i>	<i>Sistema de distribución de agua</i>			
				<i>MLB - 150</i>



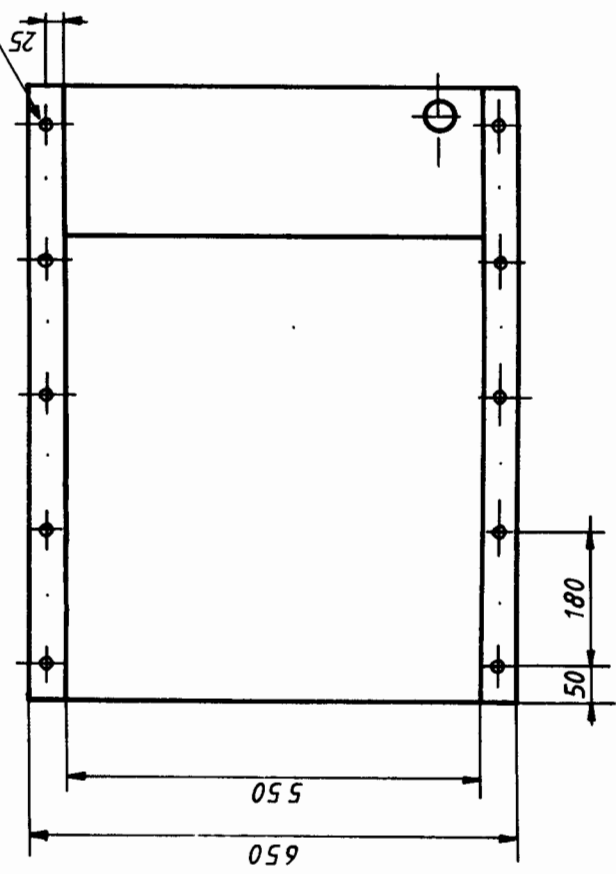
10x∅6



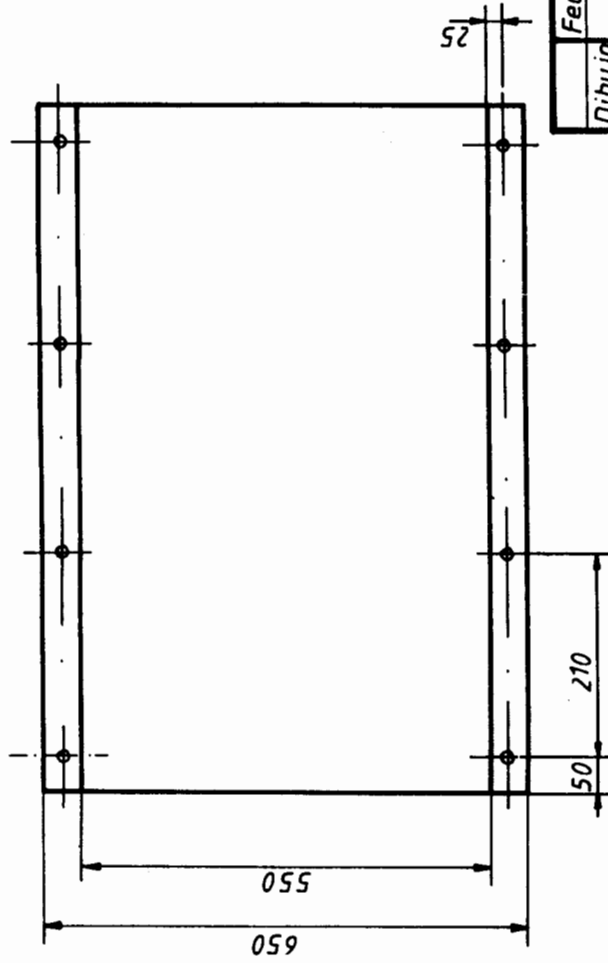
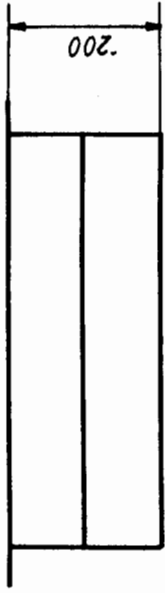
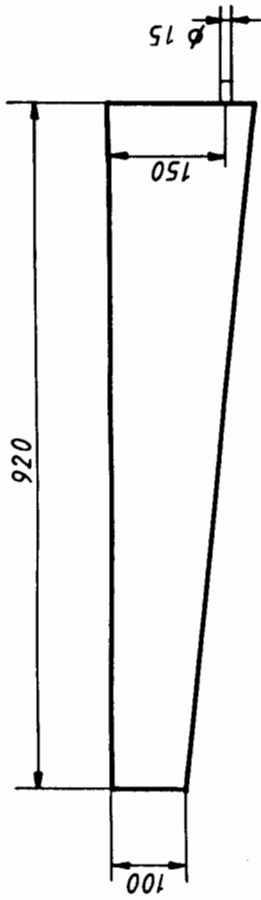
Nombre		A. Frias	
Dibujo			
Reviso			
Aproba			
1:10		26	
Facultad de Ingeniería Mecánica		Reservorio de agua 1	
ESPOL			
		MLB - 151	



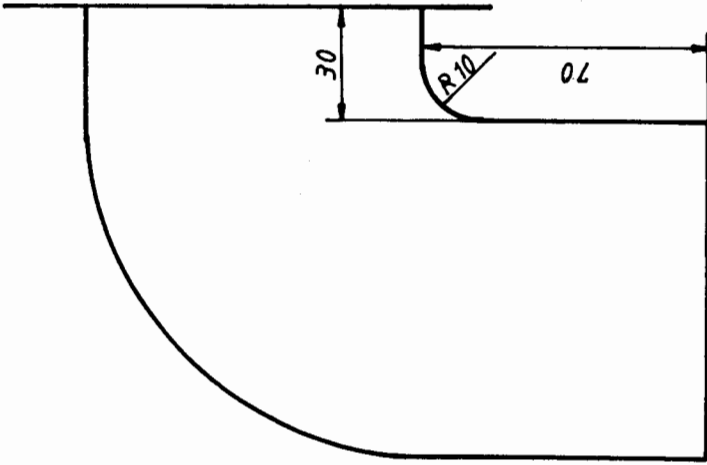
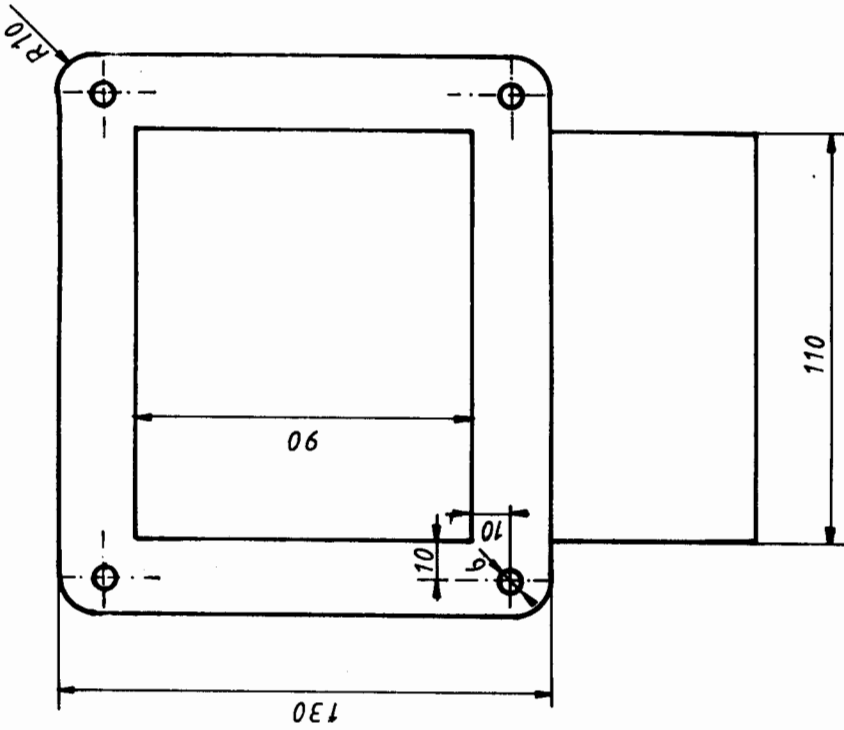
10 x φ 6



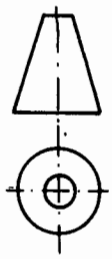
Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL		MLB-152
Dibujo		A. Frias					
Reviso							
Aprobo				Reservorio de agua 2			
1:10				23			

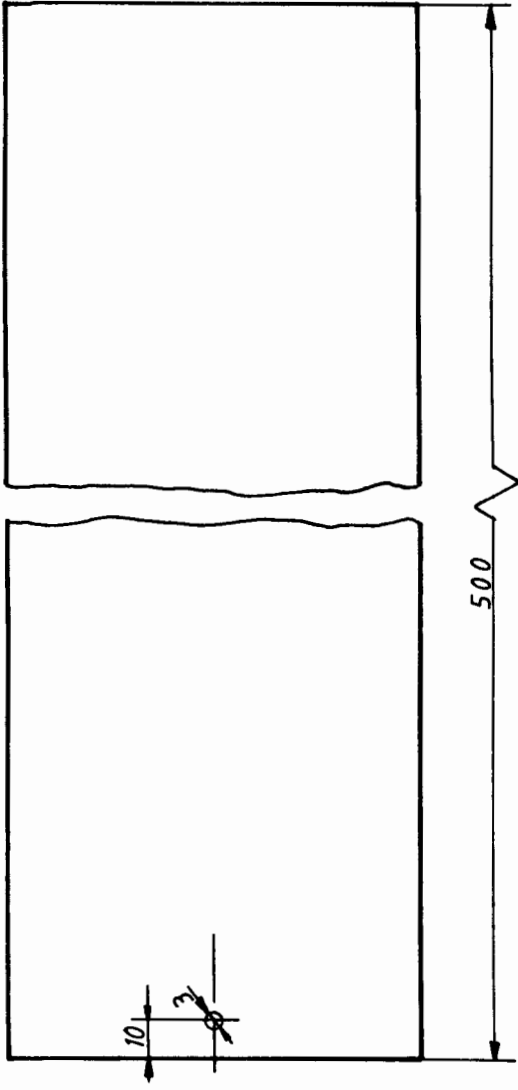
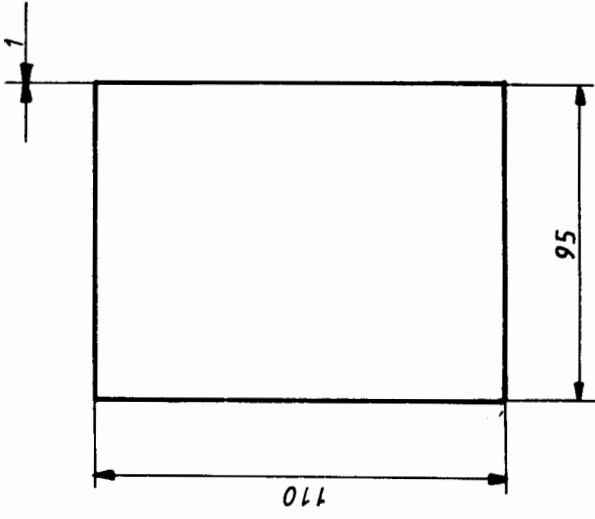


ESPOL		Facultad de Ingeniería Mecánica		Reservorio de agua 3	
		MLB - 153			
Fecha	Nombre				
Dibujo	A. Frias				
Revisa					
Aproba					
1:10		10			

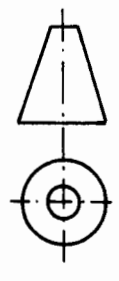


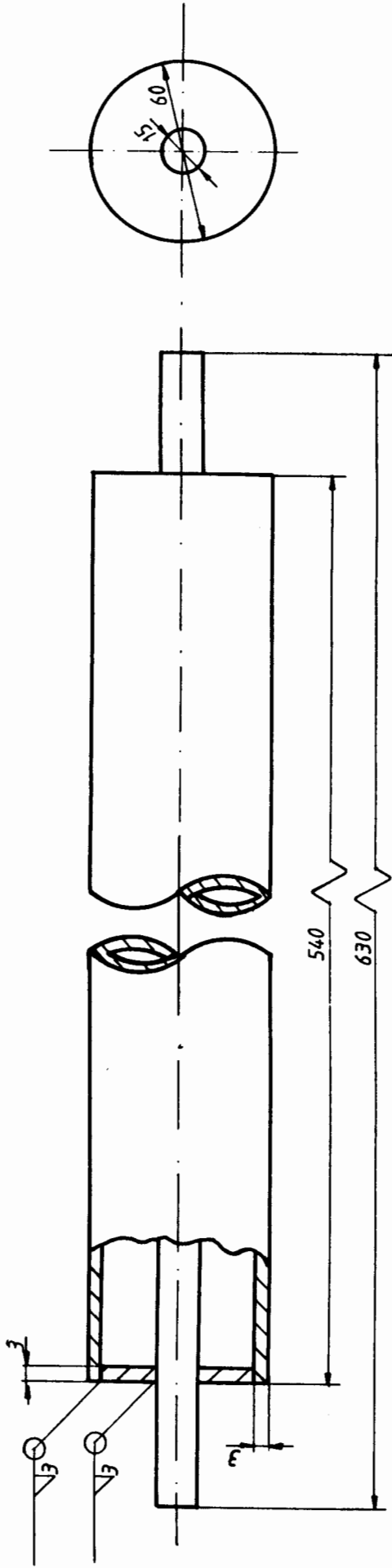
Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso					
Aprobo				Codo	MLB-161
1:2					
8					

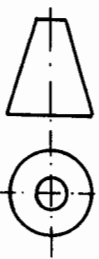


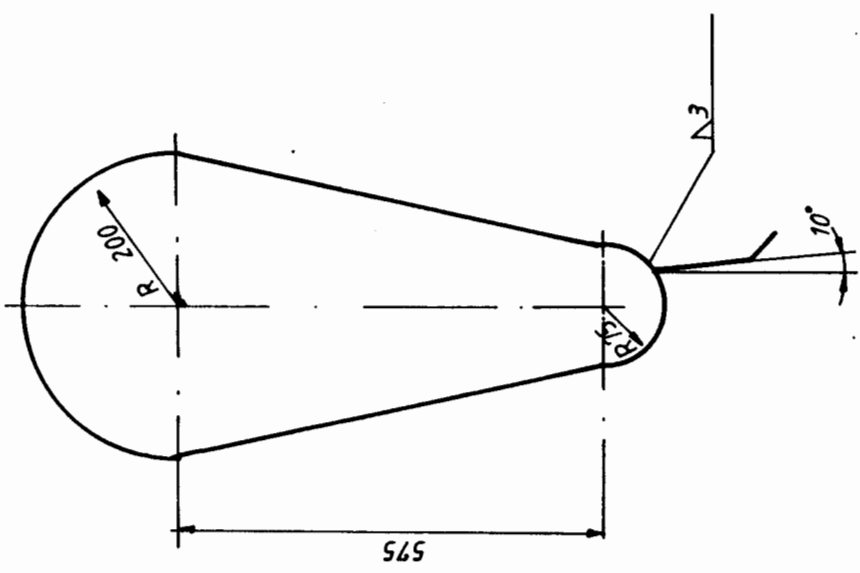
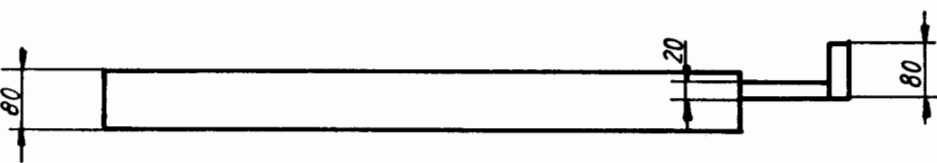


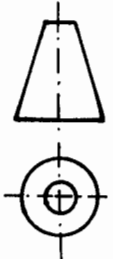
Dibujo		Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Reviso			A. Frias		
Aprobo					
1: 2		Conducto de aire			
7					
MLB-160					





Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería Mecánica	ESPOL
Dibujo		A. Frias			
Reviso				Rodillo de tensión	
Aprobo					
1:2					



Fecha		Nombre	
Dibujo		A. Frias	
Reviso			
Aprobo			
Tapa de seguridad			
1:10			
Facultad de Ingeniería Mecánica		ESPOL	
Tapa de seguridad			
MLB - 180			

BIBLIOGRAFIA

- /1/ INDEPENDENT BATTERY MANUFACTURERS ASSOCIATION INC, The Battery Man, (Largo, Florida Volumen 37 Nr. 2 Febrero 1995) 52 p.
- /2/ IVAN BOHMAN S.A, Aceros especiales, 47 p.
- /3/ SINGER/ PYTEL, Resistencia de Materiales, Editorial Harla, Mexico, 1986, 560 p.
- /4/ AGA, Catálogo de electrodos y soldadura, 64p.
- /5/ BONFIGLIOLI, Catálogo para la seleccion de motorreductores, 250 p.
- /6/ JOE MARTIN, Catalogo 1090, Arlington 1987
- /7/ SERFILCO, Pumps, filters and fluid handling equipment, Glenview, Illinois, 1991, 240 p.
- /8/ LEE KENDRICK, Specifications manual for heating, ventilation, air conditioning and plumbing, Technical Standards Publications, Arlington, pag. Irre.
- /9/ FOX/Mc. DONALD, Introducción a la mecánica de fluidos, Mc Graw Hill, México DF, México, 750 p.
- /10/ WETZEL, KURT, Material del seminario de bombas y ventiladores, Guayaquil Febrero 1997
- /11/ E. AVALLONE/T.BAUMEISTER III, Marks Manual del Ingeniero Mecánico, Mc. Graw Hill, Mexico, pag. Irre.
- /12/ GOULDS PUMPS, INC., Goulds Pump Manual, Fifth Edition, 1988, 671 p.
- /13/ Hoja de cálculo de la planilla de la Empresa Eléctrica del Ecuador.