



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RANURAR TUBOS  
PROTECTORES EN LA PERFORACIÓN DE POZOS  
PARA EXTRACCIÓN DE AGUA**

**Manuel Alfredo Barrera García**

**Asesorado por Ing. José Ismael Véliz Padilla**

**Guatemala, mayo de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RANURAR TUBOS  
PROTECTORES EN LA PERFORACIÓN DE  
POZOS PARA EXTRACCIÓN DE AGUA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MANUEL ALFREDO BARRERA GARCÍA**

ASESORADO POR ING. ISMAEL VÉLIZ PADILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

Guatemala, mayo de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

Decano:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III:	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV:	Br. Keneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO**

Decano:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Examinador:	Ing. Julio Molina Zaldaña
Examinador:	Ing. Edwin Sarceño Zepeda
Examinador:	Ing. Maurice Bernard Mulet
Secretaria:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RANURAR TUBOS  
PROTECTORES EN LA PERFORACIÓN DE POZOS  
PARA EXTRACCIÓN DE AGUA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 30 de julio de 2002.

Manuel Alfredo Barrera García

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Gracias por permitir que alcance las metas que me he propuesto en la vida.

### **A LA FACULTAD DE INGENIERÍA:**

Por permitirme formarme en sus aulas y ser parte de los profesionales egresados de tan gloriosa Facultad.

### **A MI ESPOSA:**

Ingris Livanova Soto de Barrera, por ser una persona especial, que me ha brindado su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

### **A MIS HIJAS:**

Diana María y Andrea Sofía Barrera Soto que esta meta alcanzada, les sirva de ejemplo, para que ellas puedan lograr todo en la vida.

### **A MIS PADRES:**

José Francisco Barrera y Blanca Dina García de Barrera, por todos los grandes sacrificios y dedicación que me brindaron durante toda mi vida estudiantil.

### **A MIS HERMANOS:**

Con amor fraternal.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	v
<b>GLOSARIO</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	xiii
<b>OBJETIVOS</b>	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xvii
<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	
1.1 ¿Qué es un pozo de agua, mecánico?	1
1.2 Partes principales de un pozo de agua	2
1.2.1 Boca del pozo	3
1.2.2 Sello sanitario	3
1.2.3 Entubado	4
1.2.4 Filtro de grava	4
1.2.5 Nariz de cemento o de punta	4
1.3 Descripción de la tubería protectora del Pozo	5
1.4 Descripción del uso de la tubería ranurada dentro de un pozo de agua	10
1.4.1 Tubería tipo canastilla o puente	11
1.4.2 Rejilla Johnson	13
1.4.3 Tubería ranurada de fábrica	18
1.4.4 Tubería ranurada con corte oxi-acetileno	21

2.	<b>PROCEDIMIENTOS PARA RANURAR TUBERÍA</b>	25
2.1	Ranuras hechas con equipo de oxicorte	25
2.2	Método por cizalladura	30
2.3	Método por sierras circulares	34
3.	<b>DISEÑO DE LA MÁQUINA RANURADORA</b>	39
3.1	Descripción del sistema hidráulico	39
3.1.1	Pérdida de carga	40
3.1.2	Principio de Arquímedes	41
3.1.3	Número de Reynold	43
3.1.4	Flujos	43
3.1.5	Presión hidrostática	46
3.1.6	Ley de Pascal	47
3.1.7	Viscosidad	48
3.1.8	Líquidos hidráulicos	50
	3.8.1.1 Líquidos de base acuosa	52
	3.8.1.2 Líquidos sintéticos	52
	3.8.1.3 Aceites minerales y vegetales	53
3.2	Descripción del sistema eléctrico	55
3.2.1	Redes de distribución eléctrica	56
3.2.2	Interruptores	56
3.2.3	Transformadores	57
3.2.4	Rectificadores	57
3.2.5	Pulsadores	57
3.2.6	Señalización	58
3.2.7	Fusibles	58
3.2.8	Relés térmicos	58

3.2.9	Contactores	59
3.2.10	Arranque de un motor eléctrico	59
3.3	Descripción del método de corte elegido	63
3.3.1	Aceros finos de construcción	66
3.3.2	Aceros aleados de gran resistencia	67
3.3.3	Aceros de gran elasticidad	68
3.3.4	Aceros de cementación	68
3.3.5	Aceros de nitruración	68
3.3.6	Aceros resistentes a la oxidación	68
3.4	Descripción del método de soldadura a utilizar	73
3.4.1	Clasificación de los sistemas de Soldar	74
3.4.2	Soldadura eléctrica por arco	74
3.5	Descripción de los materiales a utilizar	77
3.5.1	Acero	78
3.5.2	Electrodos	78
3.5.3	Sistema hidráulico	79
3.5.4	Cojinetes	81
3.5.5	Sistema eléctrico	84
3.6	Configuración general de la máquina	85
3.6.1	Bastidor	85
3.6.2	Cabezal de corte	85
3.6.3	Sistema hidráulico	86
3.6.4	Sistema eléctrico	86
3.6.5	Panel de control	86
3.7	Cimentación	87
3.7.1	Materiales cementicios	87

3.7.2	Concreto	88
3.7.3	Hierro de construcción	89
3.8	Panel de control e instrumentación	89
3.9	Planos de la máquina	91
3.10	Requerimientos de materiales para la construcción de la máquina	105
3.10.1	Requerimientos eléctricos	105
3.10.2	Requerimientos mecánicos	106
3.10.3	Requerimientos del sistema hidráulico	107
<b>4.</b>	<b>GUÍA PARA MANTENIMIENTO</b>	<b>109</b>
4.1	Tipos de lubricantes	109
4.1.2	Lubricantes líquidos	110
4.1.3	Grasas	112
4.2	Tipos de lubricación	115
4.3	Puntos de lubricación de la máquina ranuradora	116
4.4	Tabla de mantenimiento con sus Intervalos	117
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>119</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>121</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>123</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Partes principales de un pozo de agua	2
2.	Ejemplo de tubería protectora para pozos	7
3.	Vista de una tubería tipo canastilla o puente	12
4.	Ejemplo de una rejilla Johnson	14
5.	Fabricación de la rejilla Johnson	15
6.	Sección de rejilla Johnson con ranuras en forma de v	16
7.	Comparación entre una tubería ranurada de Fábrica y una rejilla Johnson	19
8.	Vista de una tubería ranurada con soplete	23
9.	Vista de una tubería corroída a la intemperie	24
10.	Vista de los procesos de ranurado con soplete	26
11.	Trazado de las líneas de ranurado	28
12.	Vista de las pichachas ya terminadas	29
13.	Esquema de un perforador de cargas huecas	31
14.	Vista de un tubo perforado con cargas	33
15.	Vista de una máquina de disco abrasivo	35
16.	Construcción de los dientes para sierras Circulares	36
17.	Ilustración del Principio de Arquímedes	42
18.	Esquema de un flujo laminar	44
19.	Esquema de un flujo turbulento	45

20.	Esquema de una columna de agua	46
21.	Esquema de la transmisión hidráulica de fuerzas	47
22.	Diagrama de las líneas de distribución	56
23.	Diagrama de corte de una sierra circular	71
24.	Esquema de un cojinete con caja	83
25.	Vista del marco exterior de soporte	92
26.	Cabezal móvil de corte	93
27.	Detalle del eje del cabezal de corte	94
28.	Detalle de los espaciadores de la herramienta de corte	95
29.	Detalle del último separador y poleas utilizadas en cabezal de corte	96
30.	Detalle de los cimientos	97
31.	Detalle del tablero de control e instrumentos	98
32.	Detalle del depósito de aceite y la cubierta para el motor y bomba	99
33.	Diagrama hidráulico para los cilindros de levante del cabezal de corte	100
34.	Diagrama eléctrico para los sistemas hidráulico y de herramienta de corte	101
35.	Detalle general de la máquina ranuradora de tubos	102
36.	Detalle de las piezas de la estructura de soporte	103
37.	Detalle de las piezas del cabezal móvil de corte	104

## TABLAS

I.	Especificaciones de la tubería para pozos	8
II.	Areas abiertas de la rejilla Johnson	17
III.	Datos principales de la tubería ranurada Laguna	20
IV.	Viscosidades de algunos líquidos	49
V.	Símbolos hidráulicos	51
VI.	Símbolos eléctricos	60
VII.	Intensidades absorbidas para motores de corriente alterna	64
VIII.	Valores de potencias, intensidades y fusibles para motores trifásicos	65
IX.	Intensidades de corriente para electrodos de acero dulce	76
X.	Números de grasas y su textura	114
XI.	Intervalos de mantenimiento de la máquina	
XII.	Ranuradora	118



## GLOSARIO

- Abrasivo** Es una sustancia dura capaz de desgastar y pulimentar los materiales, mediante frotamiento.
- Aceite** Producto de origen mineral, animal o vegetal, fluido a temperatura ordinaria, y constituido generalmente por hidrocarburos pesados o bien por una mezcla de glicerina.
- Acero** Aleación de hierro y carbono que contiene menos del 1.8% de este último, susceptible de adquirir, por tratamientos mecánicos y térmicos, diferentes propiedades.
- Amperio** Unidad de medida de la intensidad de la corriente eléctrica equivalente a la intensidad de una corriente constante, que circula por dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, sección despreciable, situados entre sí a la distancia de 1 metro, en el vacío, capaz de producir una fuerza de atracción entre los mismos de  $2 \times 10^{-7}$  newtons por metro de longitud.
- Bomba** Mecanismo que sirve para aspirar, impeler o comprimir flúidos.

<b>Corriente alterna</b>	Corriente eléctrica que circula alternativamente en uno y otro sentido, y cuya intensidad es una función periódica del tiempo, de valor medio nulo.
<b>Electricidad</b>	Es una forma de energía fácil de transportar y transformar en otros tipos, tales como la mecánica en los motores, luminosa en las lámparas, química en la electrólisis, térmica en las resistencias, etc.
<b>Grasa</b>	Sustancia lipídica, untuosa, que funde entre 25 y 50 °C de origen animal, mineral o vegetal y que puede utilizarse para lubricar piezas de metal.
<b>Hidráulica</b>	Ciencia y técnica que tratan las leyes de la estabilidad y circulación de los líquidos y los problemas que plantea la utilización de los mismos.
<b>Presión</b>	Cociente entre la fuerza ejercida por un fluido sobre una superficie entre el valor de dicha área expresada en metros cuadrados.
<b>Pozo mecánico</b>	Agujero que se hace en la tierra, ahondándolo hasta encontrar una vena de agua para su posterior extracción mediante bomba.

- S. A. E.** *Society of Automotive Engineers*, por sus siglas en inglés, que significa Sociedad de Ingenieros Automotrices, la cual da la clasificación de los aceites para motores según su viscosidad.
- Soldadura** Proceso de unión de dos piezas metálicas mediante la acción del calor y el aporte de material.
- Vatio** Unidad de medida de potencia de flujo energético y de flujo térmico equivalente a la potencia de un sistema en el que se transfiere uniformemente una energía de 1 Julio en un segundo, (en inglés se escribe *watt*).
- Viscosidad** Resistencia interna de las moléculas de un fluido a su derrame uniforme y sin turbulencia.
- Voltio** Unidad de fuerza electromotriz y de diferencia de potencial o de tensión equivalente a la entre dos puntos de un hilo conductor, recorrido por una corriente constante de 1 amperio, cuando la potencia perdida entre dos puntos es igual a 1 vatio.



## RESUMEN

Debido a la demanda de agua en las grandes ciudades, el ser humano comenzó a buscar otras fuentes del vital líquido. Fue cuando descubrió que podía extraerla del subsuelo. Con ello, nace la perforación de pozos para extracción de agua. Conforme esta tecnología fue avanzando y los pozos se hicieron más profundos, también se hizo necesaria la invención de bombas, más potentes, para poder extraer el agua y elevarla hacia la superficie. Pero también, esto presentó otro problema, ¿Cómo se protege el pozo de un derrumbe? Esto se solucionó, colocando tubería protectora dentro del agujero hecho en la tierra.

Durante el proceso de perforación se sabe con exactitud, donde se encuentran localizados los diferentes mantos friáticos. Para que el agua pueda fluir dentro del tubo protector, es precisamente en el lugar de los acuíferos, en donde se coloca tubería con ranuras. Estas ranuras, actualmente se hacen con equipo de soldadura autógena, aunque también venden tubería ranurada de fábrica. Esta última, tiene costos muy altos y por ello casi no se usa.

El equipo de soldadura autógena, tiene la desventaja de que, al aplicar calor, daña las propiedades del metal. Así, un tubo, que podría durar un aproximado de quince años, dura solamente cinco y el pozo prácticamente se pierde. Por ello, surgió la idea de diseñar una máquina, que realice las ranuras de una manera limpia, rápida y económica, utilizando sierras circulares para realizar el trabajo. De esta manera no se está dañando el tubo y se estaría prolongando la vida útil del mismo.



## OBJETIVOS

- **General**

Diseñar una máquina que sea capaz de ranurar tubos protectores en la perforación de pozos para extracción de agua, de una manera fácil, rápida y económica, sin dañar las propiedades del metal.

- **Específicos**

1. Diseñar una máquina que realice ranuras a lo largo del tubo protector sin dañar las propiedades del metal.
2. Realizar un equipo que se adapte a los diferentes diámetros, longitudes y espesores en los que viene la tubería protectora.
3. Presentar una alternativa económica, al problema del deterioro del tubo, provocado por el equipo de soldadura autógena.



## INTRODUCCIÓN

Desde que el ser humano se conglomeró para vivir primeramente en aldeas y luego en ciudades, las necesidades de abastecimiento de agua, comida, energía, vías de acceso, etc., se hicieron imperantes y con ello, se comenzó a desarrollar toda la infraestructura y tecnología para satisfacerlas.

Por esa razón, nació la perforación de pozos para extracción de agua, ya que cada día es más difícil el aprovechamiento del agua superficial por motivos de contaminación, o que se encuentra lejos de las ciudades y su traslado sería costoso en términos de energía y de infraestructura.

Dicha situación en Guatemala no es la excepción y si hablamos de perforación de pozos, éstos se tienen que entubar, para protegerlos de derrumbes y de contaminaciones que puedan venir de la superficie. En el proceso de perforación, se conoce en qué puntos exactos se encuentran los acuíferos, y en el entubado del pozo, se tiene que colocar tubería ranurada con el objeto de recolectar el agua proveniente de dichos acuíferos. Actualmente, en nuestro país, la ranuración de tubería se hace manualmente, utilizando para ello equipo de oxicorte (acetileno y oxígeno). Este sistema no deja un acabado fino, ni las ranuras son iguales y simétricas a lo largo del tubo. Además, al calentar la tubería, se está alterando su tratamiento térmico y propiedades, lo cual provoca oxidación y con ello la vida útil del pozo, se acorta.

Surge pues, la necesidad de diseñar un equipo que sea capaz de realizar las ranuras de una forma limpia y uniforme y que se adapte a los distintos diámetros y longitudes de tubería, es lo que se pretende, este trabajo de graduación

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

## 1.1 ¿Qué es un pozo de agua, mecánico?

No es de extrañar pues, que con el desarrollo de los asentamientos humanos, se tuvo que abastecer de agua para su consumo. Dado que las fuentes superficiales quedan lejos de las ciudades y su suministro resulta antieconómico en la mayoría de casos, surgió entonces, la necesidad de utilizar el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Con ello el ser humano inventó la perforación de pozos para extraer el agua del subsuelo.

Se puede decir, que un pozo de agua es: Una perforación hecha en la tierra, hasta llegar a las capas freáticas, para su explotación.

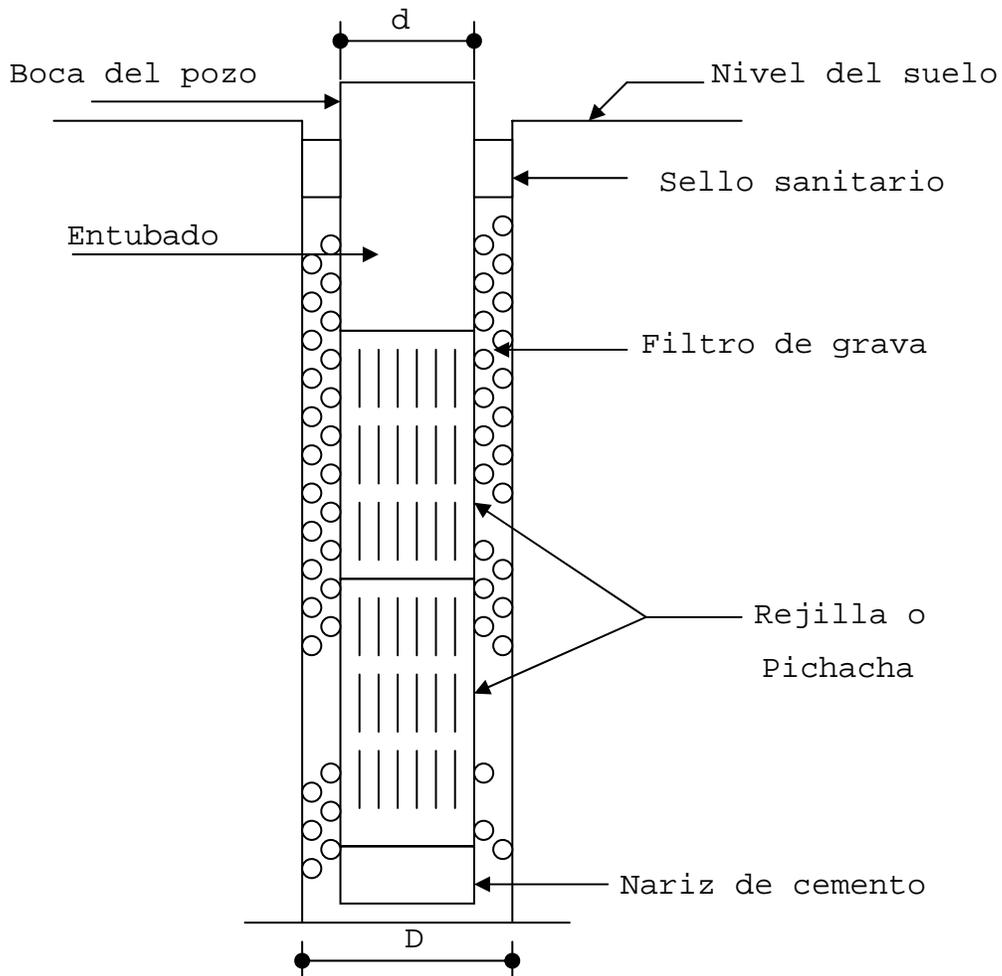
Por otro lado, tenemos que pueden haber dos condiciones en un pozo para explotación de agua: la primera es que el pozo sea surgente, es decir, que tenga condiciones de artesianismo. Se entiende que un pozo es artesiano cuando el agua brota del mismo debido a su presión interna, los que se denominan sistemas confinados, sin necesidad de utilizar bomba para su extracción. La segunda condición se da cuando el pozo no es capaz de expulsar el agua de manera natural. Entonces se hace necesario el uso de cualquier equipo de bombeo para su explotación.

Finalmente, se puede definir un pozo de agua mecánico como: Una perforación hecha en la tierra, con máquina y no artesanal, hasta llegar a los mantos freáticos, y que para su explotación se requiere de un equipo de bombeo cualquiera.

## 1.2 Partes principales de un pozo de agua

Un pozo para extracción de agua, no es un simple agujero hecho en la tierra. Consta de varias partes principales, las cuales podemos apreciar en la figura No. 1.

**Figura 1. Partes principales de un pozo de agua**



Fuente: Empresa Servicios Hidráulicos Daho, S. A.

En donde:

D = Diámetro de la perforación

d = Diámetro del ademe o entubado del pozo

### **1.2.1 Boca del pozo**

La boca del pozo no es más que el diámetro exterior de la tubería y su porción sobresaliente del nivel del suelo. Es por donde se instala la bomba seleccionada para cada caso y la tubería de succión con sus accesorios.

### **1.2.2 Sello sanitario**

Debido a que las perforaciones no son simétricas, es decir, tienen irregularidades inevitables en toda su longitud y necesariamente tiene que ser mayor que el diámetro del tubo, es de suponer que existen aberturas alrededor del mismo. En esta forma, un pozo se contaminaría con corrientes provenientes de filtraciones superficiales. Es por ello que se funde con pasta de cemento alrededor del espacio anular (diferencia  $D - d$  de la figura 1), a cierta profundidad, para proteger el pozo. Además, sirve de soporte a la tubería al fijarla con el terreno. Fundiéndose aproximadamente una longitud de 6 a 8 pies contados a partir de la boca del pozo.

### **1.2.3 Entubado**

Generalmente, el entubado es en sí, el cuerpo del pozo. Es por donde se va a instalar la bomba seleccionada con su tubería de descarga con suficiente holgura. Además, constituye el estabilizador del pozo, ya que no permite que las paredes del agujero se derrumben.

Por otra parte, es por medio del entubado en donde se va a captar el agua proveniente de los acuíferos subterráneos. Esto, a través de la rejilla o pichacha, la cual se coloca en los puntos exactos detectados en la perforación, para la captación de agua.

### **1.2.4 Filtro de grava**

Como su nombre lo indica, es grava o piedrín, generalmente de 0.635 a 1.905 cm. (1/4 a 3/4 de pulgada), que se deposita entre el espacio anular del pozo (diferencia entre  $D - d$  de la figura 1). El objeto es formar un filtro para evitar que entre arena u otros materiales finos que puedan contaminar el agua. Se procura que el filtro quede desde el fondo del pozo hasta unos pocos metros de la superficie del terreno.

### **1.2.5 Nariz de cemento o de punta**

Siempre que se va a entubar un pozo, en el primer tubo, se coloca la nariz de cemento o punta. Esta constituye la zapata sobre la cual va a descansar el peso de la columna de la tubería y de la columna de agua. Si en un futuro se desea seguir perforando, para mejorar el caudal de bombeo, se escoge la nariz de cemento ya que es más fácil de romper, si no se tiene previsto reperfurar, se escoge por la nariz de punta.

### **1.3 Descripción de la tubería protectora del pozo**

Como se ha definido con anterioridad, la tubería protectora de un pozo sirve para dos situaciones: la de proteger el pozo de derrumbes y permitir que exista un nivel de bombeo aceptable.

Si se perfora un pozo y este no se entuba, es muy probable que se genere un derrumbe y se pueda perder. Por otra parte, tampoco se tendría un nivel estático de agua, que nos permita determinar un caudal de bombeo ya que el agua podría escurrirse entre las diversas formaciones del pozo. También, al no tener tubería, el pozo no quedaría protegido de la superficie y toda el agua de lluvia u otras fuentes de contaminación penetrarían al mismo.

Para entubar un pozo se deben de tomar en cuenta los siguientes factores:

1. El peso total de la tubería, ya que se le suspende de su parte superior antes de unirla al terreno.
2. Las presiones externas que pueden ser obligado a soportar, debidas a los diferentes estratos y fluidos que puedan contener.
3. Las presiones internas en el caso de cementación.
4. El peso cuando está apoyado sobre su nariz, ya sea de punta o de cemento.
5. Esfuerzos de flexión producidos por lo largo de la tubería o desviación del agujero.
6. Variaciones de temperatura.
7. Calidad del agua. Es decir de acuerdo a los materiales que contenga en forma de sales, puesto que provocan corrosión.

Por lo anterior, la tubería se fabrica en espesores de pared que van desde 0.3175 hasta 0.9525 cm. (1/8 hasta 3/8 de pulgada). Puede venir hecha en acero negro cédula 10, 20, 30 y 40, acero inoxidable, acero galvanizado y P.V.C. para aplicaciones especiales. Los diámetros oscilan entre 10.16 hasta 60.96 cm. (4 hasta 24 pulgadas) dependiendo del diámetro del agujero perforado. Normalmente, es tubería fabricada por extrusión, aunque en algunos casos puede utilizarse tubería rolada con cordón de soldadura. Con respecto a la longitud, ésta puede venir de 6 hasta 12 Mts. (20 hasta 40 pies). Se tiene que tomar en cuenta que las especificaciones varían respecto al fabricante.

En la figura 2 se puede apreciar este tipo de tubería en un diámetro de 20.32 cms. (8 pulgs.) y una longitud de 6 Mts. (20 pies).

**Figura 2. Ejemplo de tubería protectora para pozos**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

A continuación, encontrará la tabla I con las especificaciones de la tubería fabricada por la empresa Tubería Laguna, S.A. de C.V. de México. Estos datos se tienen que tomar en cuenta para el entubado del pozo.

**Tabla I. Especificaciones de la tubería para pozos**

Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro Exterior (pulgs.)	Espesor de pared		Cédula No.	Peso Lb/pie	Presión de prueba PSI
		Pulg.	Pulg.			
6	6 5/8	1/4	0.250	0	17.02	1580
		9/32	0.280	40	18.97	1780
8	8 5/8	1/4	0.250	20	22.36	1220
		9/32	0.280	30	24.70	1350
			0.322	40	28.55	1570
10	10 3/4	1/4	0.250	20	28.04	980
		9/32	0.280	30	31.20	1090
			0.365	40	40.48	1430
12	12 3/4	1/4	0.250	20	33.38	820
		3/8	0.375	40	49.56	1240
14	14	1/4	0.250	10	36.71	750
		5/16	0.312	20	45.61	940
		3/8	0.375	30	54.57	1120
16	16	1/4	0.250	10	42.05	660
		5/16	0.312	20	52.27	820
		3/8	0.375	30	62.58	980
18	18	1/4	0.250	10	47.39	580
		3/8	0.375	30	70.59	880
20	20	1/4	0.250	10	52.73	520
		3/8	0.375	20	78.60	790
24	24	1/4	0.250	10	63.41	440
		3/8	0.375	20	94.62	660

**Fuente: Catálogo de tuberías de la empresa Tubería Laguna S.A. De C.V. Pag. No. 5**

Se puede observar que, en cuanto más ancho es el tubo, su resistencia al estiramiento disminuye, pero su peso aumenta. Esto constituye una desventaja ya que para pozos muy profundos, en el rango de los 300.30 mts. (1000 pies) a más de 450.45 mts. (1500 pies), el peso de la propia tubería haría que esta colapsara dentro del pozo. Por lo que, para estas profundidades se recomienda hacer un entubado con el mayor diámetro y continuar dentro de éste, con otro menor. A este procedimiento se le conoce como telescopiado. En nuestro país es común llegar a estas profundidades, debido a nuestra geología y topografía que es muy peculiar, por ser nuestra tierra de origen volcánico.

Durante el proceso de entubado, hay que recordar que va tubería ranurada intercalada entre la tubería lisa, dependiendo su composición litológica del lugar donde se ubiquen las distintas capas freáticas. Esto también repercute en nuestro diseño del pozo, ya que el ranurado ya sea de fábrica o bien, hecho con equipo de oxicorte, debilita el tubo. Por tal motivo, las ranuras siempre son un poco más gruesas que el resto de la tubería. Esto no afecta su diámetro exterior, pero si su diámetro interior, aunque en general, el diseño del pozo no se ve afectado por ningún motivo, y el equipo de bombeo cabe en el.

#### **1.4 Descripción del uso de la tubería ranurada dentro de un pozo de agua**

Como se ha descrito con anterioridad, el objeto de la tubería ranurada, es la de proveer un espacio, por medio del cual pueda ingresar el agua proveniente de los acuíferos subterráneos. Existen ya tuberías ranuradas de fábrica, así como también tuberías hechas con equipo de oxicorte, que es el tema de esta discusión. En muchas ocasiones el importar tubería ranurada, puede afectar grandemente el costo del pozo.

Si se hacen con nuestros medios los costos obviamente se reducen, pero se sacrifica las propiedades de los materiales al someterlos a calentamiento. Con ello, se producen oxidaciones que corroen las pichachas, y es precisamente en ese punto donde comienza el imparable deterioro de la tubería del pozo. Se llega a los extremos de que su vida útil se acorta grandemente. Si se puede diseñar una máquina que pueda cortar la tubería sin alterar sus propiedades y a un menor costo, tanto la vida útil del pozo se prolongaría y sus costos finales bajarían. También el tubo ranurado con sistema oxi-acetileno baja la eficiencia de captación de agua.

Existen en el mercado varios tipos de tubería ranurada, los cuales detallo a continuación:

### **1.4.1 Tubería tipo canastilla o puente**

Tal como se aprecia en la figura 3, este tipo de tubería presenta una gran filtración. Contiene 1630 ranuras con abertura de 0.635 cms. de ancho por 2.54 cms. de largo (1/4 x 1 pulg.). Esto nos da una filtración de 438.17 cm<sup>2</sup>/mt. Lineal. Esto es para tuberías de 20.32 cms. de diámetro (8 pulg.) por 6 mts. de largo (20 pies). Este es el único tipo que viene a Guatemala. Esta tubería presenta una excelente eficiencia de captación.

Entre su mayor desventaja, está, que por el tipo de abertura que asemeja una canastilla, aumenta su diámetro exterior. Para pozos en los cuales se ha dejado un espacio anular no mayor de 5.08 cms. (2 pulgs.), entra muy ajustada o se corre el riesgo de que no entre dentro del agujero. Por otra parte, se debe de manejar con mucho cuidado, ya los puentes se pueden aplastar con un golpe fuerte.

**Figura 3. Vista de una tubería tipo canastilla o puente**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

#### **1.4.2. Rejilla Johnson**

Esta es, sin lugar a dudas, el mejor tipo de rejilla de filtración que existe. Se puede ver un ejemplo de ello en la figura 4. Por la forma en que está construida, se tiene una penetración total de agua a lo largo de su longitud. No tiene restricciones como la tipo canastilla y viene en distintos diámetros. Su mayor desventaja es que no puede soportar una gran columna de tubos y presión interna debido a la columna de agua. Además, su costo resulta muy por encima de cualquier tipo de rejilla. Su manejo tiene que hacerse con mucho cuidado ya que un golpe fuerte podría aplastarla. Entre sus ventajas podemos mencionar las siguientes:

1. Aberturas en forma de ranuras, que sean continuas e ininterrumpidas, alrededor de la circunferencia de la rejilla.
2. Poca separación de las ranuras, para proveer el máximo porcentaje de área de entrada de agua.
3. Aberturas ranuradas en forma de V, que se ensanchan hacia adentro, para evitar su atascamiento.
4. Construcción a base de un solo metal, para evitar corrosión galvánica.
5. Máxima área abierta en correspondencia de una adecuada resistencia.
6. Adaptabilidad a distintas condiciones, mediante el uso de diversos metales.
7. Amplia resistencia para soportar las fuerzas a que la rejilla deberá estar sometida durante y después de su instalación.
8. Una serie de completa de accesorios y aditamentos para el extremo, que facilite su instalación y las labores de acabado del pozo.

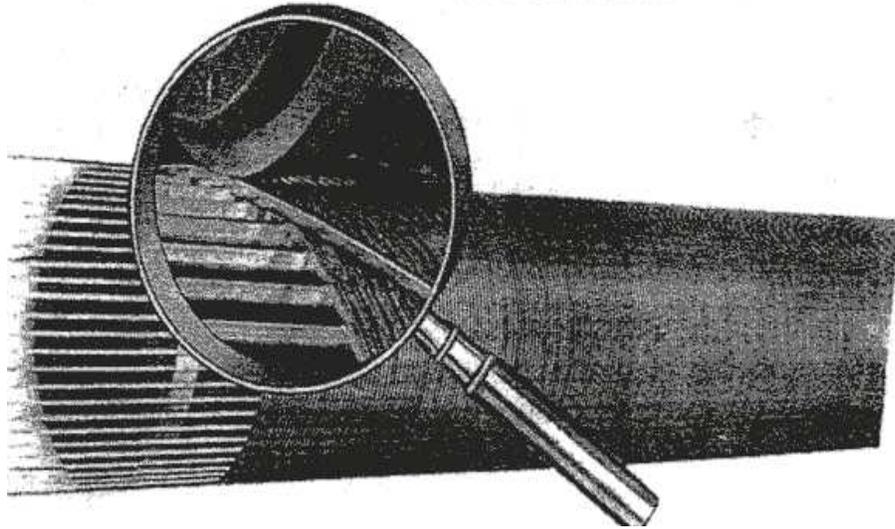
**Figura 4. Ejemplo de una rejilla Johnson**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

La rejilla del tipo de ranura continua se fabrica mediante el arrollado de alambre estirado en frío, de sección transversal triangular, colocado espiralmente alrededor de un sistema circular de barras longitudinales. Para ejemplificar lo dicho con anterioridad, ver la figura 5.

**Figura 5. Fabricación de la rejilla Johnson**



**Fuente: Gibson Ulric, Manual de pozos pequeños, pag. 185**

En cada punto donde el alambre cruza las barras, ambos elementos se aseguran firmemente mediante el uso de soldadura. Así se convierte en una unidad rígida de una sola pieza.

Las rejillas se fabrican de bronce rojo al silicio, acero inoxidable tipo 304 ó 316, acero Monel, hierro galvanizado y acero galvanizado de bajo contenido de carbono. También pueden utilizarse otros materiales altamente especializados cuando se trata de aguas altamente corrosivas.

En la figura 6 se puede apreciar una sección de la rejilla de ranuras continuas, en forma de V, soldadas entre sí. La forma V es para evitar que al ingresar materiales finos, sea obstruida.

**Figura 6. Sección de rejilla Johnson, con ranuras en forma de V**



**Fuente: Gibson Ulric, Manual de pozos pequeños, pag. 186**

A continuación, encontrará la tabla II con algunos datos importantes de la rejilla Johnson. Se puede observar los diámetros en que viene fabricada y las áreas abiertas de la rejilla por pie lineal.

**Tabla II. Areas abiertas de la rejilla Johnson**

Diam. De la Rejilla (pulg.)	Area de captación en pulgadas cuadas / pié lineal de rejilla						
	Abertura No. 10	Abertura No. 20	Abertura No. 40	Abertura No. 60	Abertura No. 80	Abertura No. 100	Abertura No. 150
3"	10	19	32	42	43	55	65
4"	14	26	44	57	58	74	88
5"	18	33	55	72	73	94	112
6"	21	39	65	85	87	111	132
8"	28	51	87	113	116	131	160
10"	36	65	110	143	147	166	203
12"	42	77	130	170	174	180	223
14"	38	71	123	163	177	198	251
15"	39	76	132	175	190	217	268
16"	35	69	123	164	171	198	250
18"	39	78	139	186	193	224	283
20"	47	88	156	209	218	252	318
24"	46	87	158	217	266	307	389
26"	49	91	166	227	278	321	406
30"	57	108	192	268	239	379	480
36"	65	124	224	307	376	434	550

**Fuente: El agua subterránea y los pozos. (Manual de la Rejilla Johnson). Pag. No. 256.**

### **1.4.3. Tubería ranurada de fábrica**

La tubería ranurada de fábrica, es quizá una alternativa más viable al entubado del pozo. Su costo es mucho más bajo que el de la rejilla Johnson.

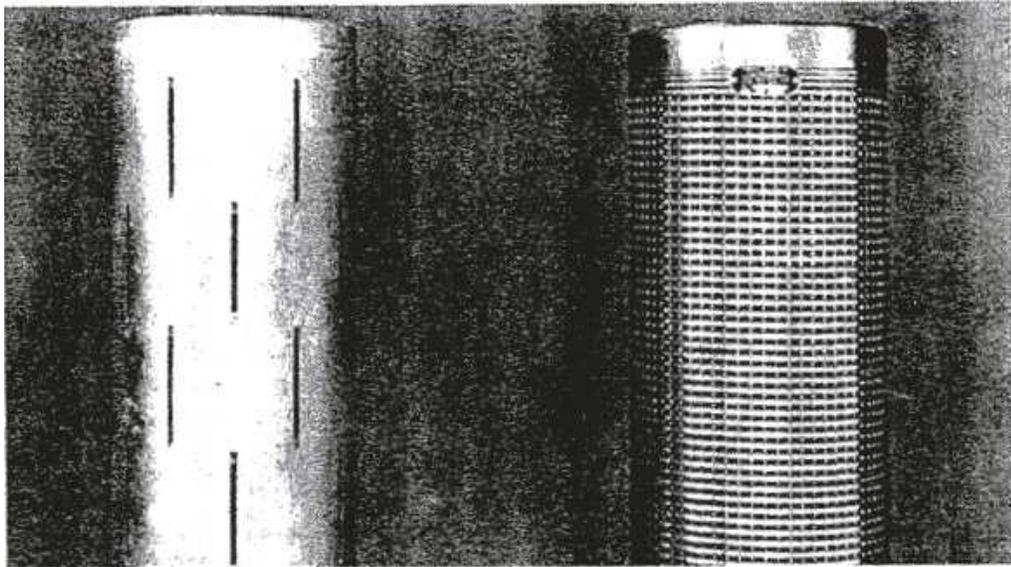
Posee una buena capacidad de filtración y no requiere de cuidados especiales en su manejo. Su resistencia es un poco menor que un tubo del mismo calibre (grosor), y además tiene propiedades contra la corrosión. Viene en una amplia variedad de ranuras y diámetros de tubería. Sobre todo, está que las ranuras son producidas por medio de sierras, lo que las hace limpias y no alteran las propiedades del tubo.

Entre sus mayores limitaciones tenemos las siguientes:

1. Las aberturas no son lo suficientemente próximas, por lo que hay desperdicio de tubo.
2. El porcentaje de área es bajo en comparación de la rejilla Johnson.
3. En algunos casos las aberturas no son tan pequeñas, y esto es deseable cuando se necesita controlar el paso de arena fina.

En la figura 7 se puede apreciar este tipo de tubería y a la vez compararla con la rejilla. Se puede observar que en la rejilla, casi se puede ver a través de ella.

**Figura 7. Comparación entre una tubería ranurada de fábrica y una rejilla Johnson**



Fuente: Gibson Ulric, Manual de pozos pequeños, pag. 190

A continuación, encontrará la tabla III, en la cual encontrará los datos de la tubería ranurada Laguna, con su área de infiltración.

**Tabla III. Datos principales de la tubería ranurada Laguna**

Diámetro Nominal Cms.	Ranuras por metro	Area de infiltración cm <sup>2</sup> /mts. lineales		Espesores disponibles				
		0.48 cm (3/16")	0.64 cm (1/4")	1/4"	9/32"	0.322	5/16"	3/8"
15.24 (6")	39	127	169	x	x			
	52	169	225	x	x			
	104	338	451	x	x			
20.32 (8")	78	253	338	x	x	x		
	91	296	394	x	x	x		
	143	465	620	x	x	x		
25.4 (10")	91	296	394	x	x			x
	104	338	451	x	x			x
	169	549	732	x	x			x
30.48 (12")	91	296	394	x				x
	117	380	507	x				x
	195	634	845	x				x
35.56 (14")	117	380	507	x			x	x
	143	465	620	x			x	x
	234	760	1014	x			x	x
40.64 (16")	130	422	563	x			x	x
	156	507	676	x			x	x
	260	845	1127	x			x	x
45.72 (18")	143	465	620	x				x
	182	591	799	x				x
	299	972	1296	x				x

Fuente: Catálogo de Tubería. Tubería Laguna S.A. de C.V. Pag. No. 8

#### 1.4.4. Tubería ranurada con corte oxi-acetileno

Esta es la alternativa más barata, a la hora de entubar el pozo. Entre sus mayores desventajas se pueden mencionar:

1. Las ranuras no son simétricas, es decir no tienen el mismo grosor ni largo. Esto aunque se haga con el mismo número de boquilla de corte oxi-acetileno.
2. Existe calentamiento local en la tubería, lo cual cambia sus propiedades en ese punto, debilitando el tubo.
3. Al sufrir calentamiento en la zona de la ranura, también se hace más propensa a la oxidación.
4. Se desperdicia mucha área de tubo.
5. No se tiene un control del área de infiltración. Es decir no se conoce ya que éste es un procedimiento muy empírico.
6. La eficiencia de captación es muy baja en comparación con los casos anteriores.

Este procedimiento es el que utilizan las empresas perforadoras de pozos para extracción de agua en Guatemala. Como ya se dijo, es un procedimiento empírico, pero a la vez, baja los costos de entubado, ya que se utiliza la misma tubería lisa para fabricar las rejillas. Sin embargo, para contrarrestar los efectos nocivos del calentamiento, se utiliza tubería con grosores de 0.635 a 0.9525 cms. (1/4" a 3/8"). Esto hace que la tubería sea más resistente a la presión sometida por la columna de tubos y la presión interna de la columna de agua.

En la figura 8 se puede observar la tubería ranurada con soplete. En ella se ve claramente el área de calentamiento alrededor de las ranuras y se aprecia que las mismas no son simétricas.

En la figura 9 se puede ver el grado de oxidación de la tubería ranurada. Esta tubería ha estado a la intemperie y presenta un alto grado de oxidación. Si ya estuviera instalada dentro de un pozo para extracción de agua, estaría mucho más corroída.

En los capítulos siguientes de este trabajo, se expondrá la alternativa más efectiva para ranurar tubería, en todo caso si no se desea instalar tubos de fábrica. Se diseñará una máquina que sea capaz de hacer ranuras aprovechando el máximo de tubería y sobre todo sin alterar las propiedades del metal.

**Figura 8. Vista de la tubería ranurada con soplete**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

**Figura 9. Vista de una tubería corroída a la intemperie**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

## **2. PROCEDIMIENTOS PARA RANURAR TUBERÍA**

Como ya se anotó en el capítulo uno, la función de la tubería ranurada, es la de permitir el ingreso del agua hacia el interior del pozo. Probablemente existan muchos procedimientos para producir dichas ranuras o para perforar la tubería. Algunos de los más utilizados son: el de desbastado del metal por medio de sierras, esmeriles y otro, es utilizando soplete (gas con oxígeno) y un tercer método es punzonando el tubo (cizalladura). Estos son los más confiables y económicos y no requieren de grandes equipos. A continuación se describirá cada uno de ellos.

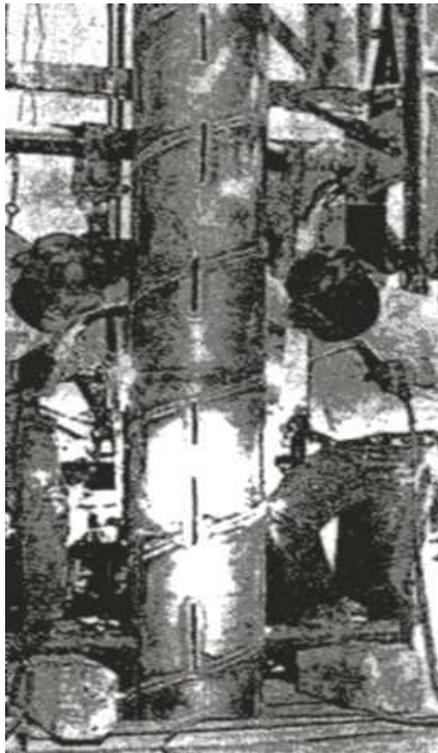
### **2.1 Ranuras hechas con equipo de oxicorte**

El equipo de oxicorte, utiliza dos gases: un combustible y oxígeno. El combustible puede ser acetileno o gas propano. Este sirve para producir la flama y elevar la temperatura del metal hasta su punto de fusión. El oxígeno es el que produce la oxidación del combustible y mantiene la flama encendida, además precipita la oxidación del metal en el punto a cortar y lo limpia.

Es el procedimiento más común y utilizado, no solo en nuestro país, sino, alrededor del mundo. Es uno de los métodos más simples y baratos de producir pichachas. Su mayor desventaja, como ya se dijo, es que el porcentaje de área abierto es muy bajo y cambia las propiedades del metal, propiciando la corrosión y debilitando el mismo.

En la figura 10, se puede apreciar a dos operarios uniendo la tubería con ranuras hechas con llama de soplete. Se observa además, que las ranuras no son idénticas a lo largo del tubo. Se puede ver también que existe gran porcentaje de área de tubo sin utilizar, por lo que la medida de infiltración ( $\text{cm}^2/\text{mt}$  lineal de tubo) de la pichacha es muy baja, lo que la hace sumamente deficiente.

**Figura 10. Vista de los procesos de ranurado con soplete**



**Fuente: Gibson Ulric, Manual de los pozos pequeños, pag. 195**

En Guatemala, las rejillas se hacen de la siguiente manera: Primero se hace un trazado con tiza, en el cual se dibujan las líneas sobre las cuales se harán las ranuras. En segundo lugar, se procede a la ranuración con el equipo de acetileno. En la figura 11, se aprecia este trazado. Para este caso, se hicieron 72 ranuras de 20 cms. de largo en un tubo de 6 mts de largo (20 pies) por 20.32 cm de diámetro (8 pulgadas), con boquilla No. 1, esto da una abertura de 3 mm. El área de infiltración es de  $72 \text{ cm}^2/\text{mt}$  lineal de tubería. Si se observa de nuevo la tabla III se puede comparar este dato con la tubería ranurada de fábrica, el cual como se ve es muy bajo.

Finalmente, en la figura 12 se puede ver las pichachas ya terminadas con acabados. Es de hacer notar que los acabados no protegen contra la corrosión, es más bien por razones de presentación.

**Figura 11. Trazado de las líneas de ranurado**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

**Figura 12. Vista de las pichachas ya terminadas**



**Fuente: Fotografía tomada en la empresa Servicios Hidráulicos DAHO, S.A.**

## **2.2 Método por cizalladura**

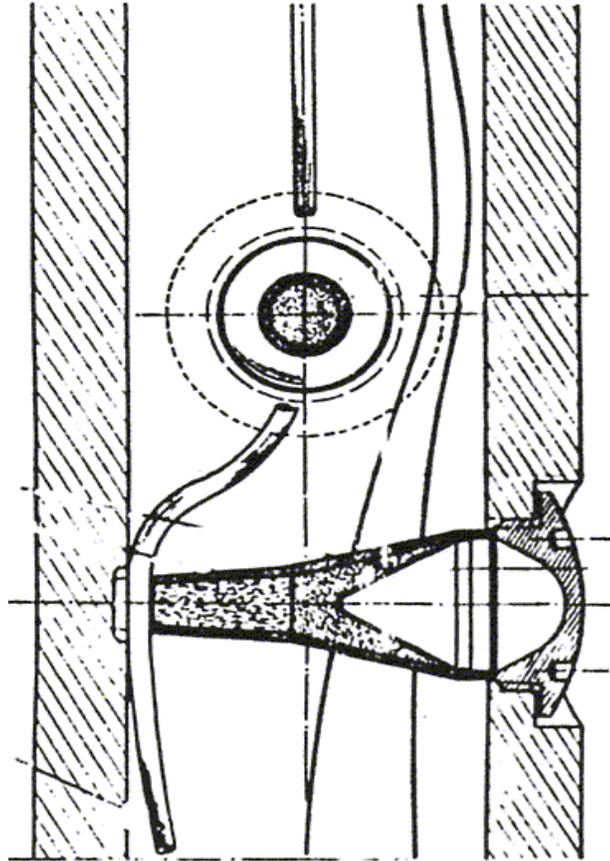
Este es un procedimiento poco convencional. La cizalla no es más que romper el metal por medio de un golpe a un punzón. Claro está que la fuerza del golpe debe de calcularse dependiendo del grado de dureza del material y de su grosor. Esto provoca esfuerzos de corte que rompen el metal en el punto donde ésta se aplica.

Este método no sirve para producir rejillas en serie. Se utiliza cuando, en un pozo ya entubado, se requiere de aumentar el área de infiltración. Claro está que depende si se quiere aprovechar ciertos acuíferos que están cerca de la superficie, para aumentar la productividad del pozo si los mantos que están más abajo, no llenan las demandas del consumo de agua.

Existen dos clases de perforadores: los perforadores de balas y los perforadores de cargas huecas. En nuestro medio no se utilizan los primeros. Las empresas cuentan con el segundo equipo y cabe mencionar que por nuestras condiciones geográficas, casi no se utiliza.

Los perforadores de cargas huecas (ver figura 13), llevan 24 cargas unidas por medio de un cordón detonante. El disparo se hace de una sola vez. Si se desea se pueden superponer varios perforadores para aumentar el rendimiento de la operación. Sin embargo, el método está limitado por el aumento del peso total de cargas empleadas y por la energía difusa de la explosión que en un momento dado podría hacer que se rompa el entubado. La experiencia ha fijado un peso de explosivo por metro de revestimiento. La densidad de tiro es de 12 disparos por metro.

**Figura 13. Esquema de un perforador de cargas huecas**



**Fuente: Gibson Ulric, Manual de los pozos pequeños, pag. 197**

Se emplean dos clases de cargas:

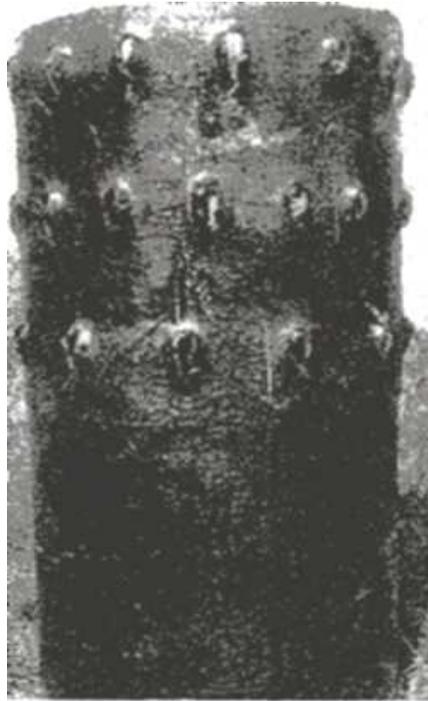
Calibre de 32.6 mm, con 15 gr de explosivo con base de oxígeno, la perforación media en acero dulce es de 115 mm.

Calibre de 19 mm, con 3 gr de explosivo, la perforación es de 55 mm en acero dulce.

Los aparatos que se emplean para perforar, algunos de ellos se destruyen en el momento de la explosión. Otros están diseñados para permitir la amortiguación de la energía difusa.

Tal como se ve en la figura 14, las perforaciones no son uniformes. Los agujeros presentan melladuras, son anchos y de tamaño variable. Es por ello que este método solo se utiliza en casos muy extremos, para mejorar la productividad del pozo. Para asuntos didácticos se tomó en consideración a manera de ilustrar otro sistema de ranuración.

**Figura 14. Vista de un tubo perforado con cargas**



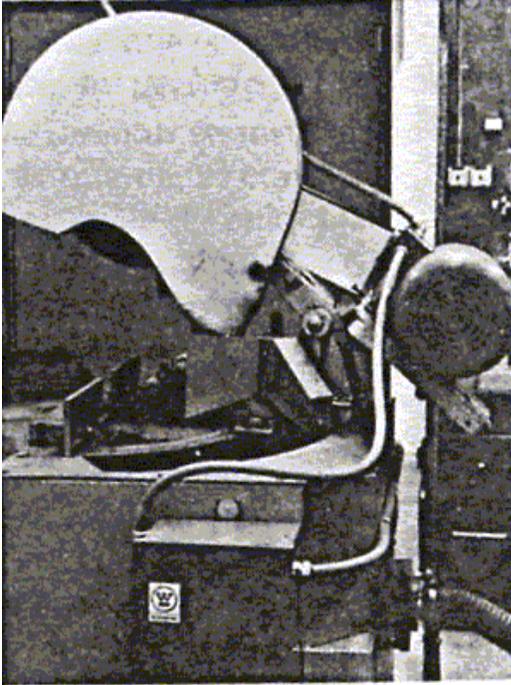
**Fuente: Gibson Ulric, Manual de los pozos pequeños, pag. 201**

### **2.3 Método por sierras circulares**

Las sierras y seguetas mecánicas son algunas de las máquinas herramientas que más se utilizan en cualquier procedimiento de maquinado de metales. Estas máquinas pueden dividirse en general en dos clases. A la primera clase corresponden las máquinas para cortar metales, entre cuyos tipos comunes están las sierras reciprocantes o de vaivén, las sierras de cinta, sierras frías, etc. A la segunda clase pertenece la sierra de cinta vertical, que puede usarse como tal o con otras herramientas de cinta.<sup>1</sup> Una característica importante de estas máquinas es que trabajan a altas velocidades. Su viruta es fina, y se puede decir que algunas de ellas desgastan el metal. Las sierras mecánicas pueden funcionar bien en madera como en metales. Para funcionar con éstos últimos, se requieren de otros metales más duros que aquellos que han de cortar y de ciertos ángulos en sus dientes. Una desventaja de las seguetas de vaivén radica en que solamente hacen un corte por pasada en el metal. Es decir solo arrancan viruta en la pasada hacia delante, pero no cuando vienen de regreso. Esta desventaja fue eliminada con la sierra de cinta y con las sierras frías que comprenden máquinas de corte abrasivo y las sierras circulares.

La máquina de corte abrasivo, utiliza un disco circular delgado de material abrasivo para el corte. Estas se pueden utilizar para cortar diversos materiales como el vidrio, ladrillo, concreto, etc. Una de sus principales ventajas es la de su rapidez de corte y su capacidad para el corte en materiales no metálicos. Cada partícula del abrasivo actúa como un pequeño diente que realmente arranca una partícula del metal. Las sierras abrasivas funcionan a velocidades muy altas del orden de las 3600 a 5000 revoluciones por minuto. En la figura 15 se puede ver una máquina de este tipo.

**Figura 15. Vista de una máquina de disco abrasivo**

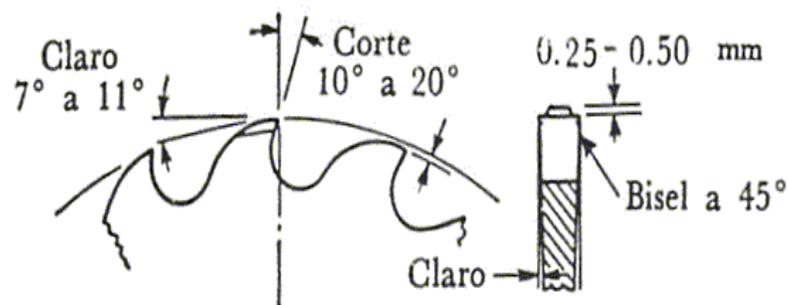


Fuente: Richard Kibbe, Prácticas de taller de máquinas herramienta, pag. 78

Las sierras para máquinas rotatorias de cortes, son similares a las sierras de las máquinas fresadoras. Estas máquinas pueden producir cortes sumamente exactos. Son útiles cuando la tolerancia del corte tiene que respetarse con exactitud. Estas sierras también son de corte muy rápido.

Estas sierras vienen en diámetros pequeños que van desde los 20 hasta los 40 cms para sierras con dientes fijos. Para diámetros mayores los cortadores tienen dientes sustituibles o bien hojas del tipo segmentado. En la figura 16 se muestra un esquema de los dientes que vienen en la mayoría de este tipo de sierras.

**Figura 16. Construcción de los dientes para sierras circulares**



Fuente: Richard Kibbe, Prácticas de taller de máquinas herramienta, pag. 82

Los dientes de las sierras circulares se afilan alternadamente, de manera que la mitad de ellos se encuentran de 0.25 a 0.50 mm más altos que el resto. Los dientes más altos se emplean para el desbaste y tienen un bisel de 45° en cada lado. Los otros dientes están afilados en ángulo recto y son los dientes de acabado para ambas esquinas. Tanto las sierras circulares como los discos abrasivos pueden utilizarse para el corte en seco como para el húmedo. Es decir, se pueden utilizar con líquido refrigerante. Ambas máquinas son similares y en algunos casos se puede intercambiar los discos abrasivos por las sierras circulares.

Se ha hecho especial énfasis en este método de corte, ya que es el que se utilizará en el diseño de la máquina ranuradora de tubería. No solo por su simplicidad, sino que consume menos energía. También su corte es limpio, es decir no deja rebaba y sobre todo no altera las propiedades del metal. Básicamente se diseñará la máquina uniendo varios discos espaciados en un mismo eje. Esto con el objeto de provocar las ranuras en el tubo, sin llegar a cortarlo en todo su diámetro. A mi criterio esto puede ser la solución al problema de las pichachas.



### 3. DISEÑO DE LA MÁQUINA RANURADORA

En los capítulos anteriores, se ha escrito sobre los aspectos relacionados con el pozo y su entubado. En esta sección, se hará el diseño de la máquina ranuradora de tubos protectores. Hay que tener en cuenta que para ello, se necesita definir los subsistemas que harán que la máquina funcione. Estos comprenden el sistema hidráulico para el levante del cabezal de corte, el sistema eléctrico, los cimientos incluyendo el anclaje de la máquina, el panel de control y los materiales necesarios para su construcción. A continuación se detalla cada uno de ellos.

#### 3.1 Descripción del sistema hidráulico

Se puede definir a la hidráulica “como una parte de la física que estudia las leyes del movimiento y equilibrio de los líquidos y su aplicación práctica”<sup>2</sup> Se aprovechará la capacidad que poseen los fluidos para realizar trabajo. Estos tienen la capacidad de levantar grandes pesos con una mínima cantidad de fuerza y energía aplicada. Para ello, se definirán a continuación, las propiedades físicas de los fluidos que hacen posible que esto suceda<sup>3</sup>.

- a) **Fluidez:** Se define como la mayor o menor facilidad de un líquido a convertirse en una corriente continua.
- b) **Viscosidad:** La viscosidad viene dada por la mayor o menor resistencia de las moléculas de los fluidos a desplazarse unas sobre otras.

- c) **Compresibilidad:** Se puede definir como la capacidad de un fluido a cambiar su volumen con un aumento o disminución de la presión. Sin embargo esta compresibilidad es muy reducida en los líquidos, no así en los gases. Los fluidos en general adoptan la forma del recipiente donde encuentran recluidos.
- d) **Régimen de flujo:** El fluido puede circular por un conducto con régimen laminar o turbulento.

Para entender mejor los fluidos, en especial los líquidos, se hace necesario explicar algunos de los teoremas más importantes. A continuación se definirán estas leyes que servirán para el desarrollo del sistema hidráulico de la ranuradora de tubos.

### 3.1.1 Pérdida de carga

Todo fluido al circular por un conducto encuentra dos tipos de dificultad o resistencia que originan pérdidas de energía o de carga. Estas resistencias son:

- Resistencias localizadas, tales como curvas, codos, la tubería en sí, válvulas, uniones, etc.
- Resistencias distribuidas que tienen su origen en el frotamiento del fluido con las paredes del tubo.

Estas pérdidas se deben principalmente al caudal que circula por el circuito, a la longitud del circuito, al diámetro de la tubería, al régimen de flujo y a la viscosidad del fluido.

Estas se calculan mediante la fórmula:

$$\Delta p = \frac{0.02295 \cdot \delta \cdot L \cdot Q \cdot f}{d^5}$$

$$\Delta p = \frac{0.51 \cdot \delta \cdot L \cdot v^2 \cdot f}{d}$$

En donde:

$\Delta p$  = pérdida de carga en Kg/cm<sup>2</sup>

$\delta$  = peso específico del fluido en Kg/cm<sup>3</sup>

$L$  = longitud de la tubería en metros

$Q$  = caudal que circula en cm<sup>3</sup>/minuto

$f$  = coeficiente de fricción del material

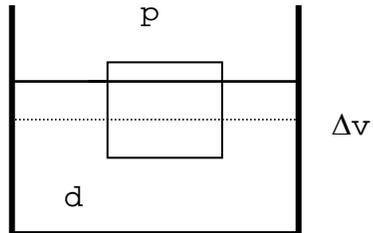
$d$  = diámetro de la tubería en cm

$v$  = velocidad del fluido en m/s

### 3.1.2 Principio de Arquímedes

Todos los cuerpos sumergidos en un líquido en reposo, experimentan un empuje hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado.

**Figura 17. Ilustración del Principio de Arquímedes**



**Fuente: José Roldán, Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 46**

Su cálculo se efectúa mediante la fórmula:

$$E = V \cdot \rho \cdot p$$

En donde:

$E$  = empuje

$V$  = volumen del cuerpo en el líquido en  $\text{cm}^3$

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

$p$  = peso del cuerpo en Kg.

### 3.1.3 Número de Reynold

El número de Reynold nos da el punto en donde un flujo laminar se convierte en turbulento. Esto afecta, ya que las pérdidas aumentan con la turbulencia. El punto crítico es cuando el  $Re = 2,300$  y es válido para tubos redondos, rectos y lisos. Este se calcula mediante la fórmula:

$$Re = \frac{v \cdot d_h}{\mu}$$

En donde:

$Re$  = número de Reynold

$v$  = velocidad del flujo en m/s

$d_h$  = diámetro hidráulico

$\mu$  = viscosidad cinemática en  $m^2/s$

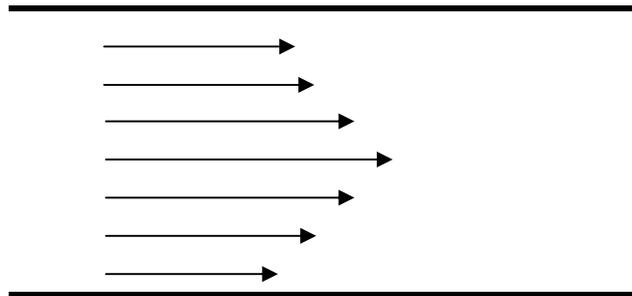
Para un  $Re < 2,300$  el flujo es laminar.

Para un  $Re > 2,300$  el flujo es turbulento.

### 3.1.4 Flujos.

Se describe a un flujo laminar, cuando el líquido fluye de manera uniforme. Es decir que sus moléculas van alineadas en capas. Esta es una condición ideal, pues en la realidad siempre existen microturbulencias que afectan los sistemas. En la figura 18 se presenta el esquema para un flujo de este tipo.

**Figura 18. Esquema de un flujo laminar**



**Fuente: José Roldán, Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 47**

La velocidad media del flujo laminar se calcula

$$v_m = \frac{\Delta p \cdot d^2}{32 \cdot \mu \cdot l}$$

En donde:

$v_m$  = velocidad media en m/s

$\Delta p$  = diferencia de presión en Kg/cm<sup>2</sup>

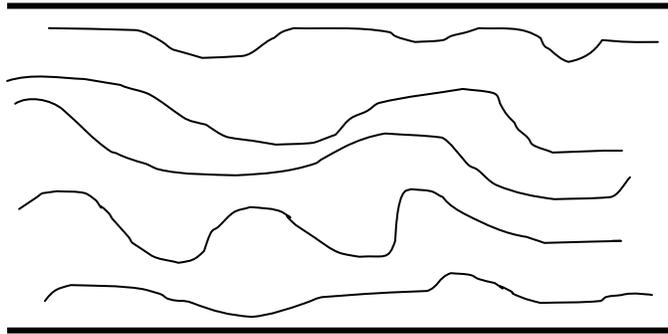
$\mu$  = viscosidad del fluido en m<sup>2</sup>/s

$l$  = longitud de la tubería en metros

$d$  = diámetro de la tubería en cm

Para flujos turbulentos, las moléculas del fluido, se mueven erráticamente, con lo que aumenta su carga de fricción. En la figura 19 se aprecia el esquema de este tipo de flujo.

**Figura 19. Esquema de un flujo turbulento**



**Fuente: José Roldán, Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 47**

La fórmula para calcular la velocidad media es la siguiente:

$$Q = S \cdot V_m = \frac{p \cdot d^4}{40.7 \cdot \mu \cdot l}$$

En donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg

S = sección de la tubería en cm<sup>2</sup>

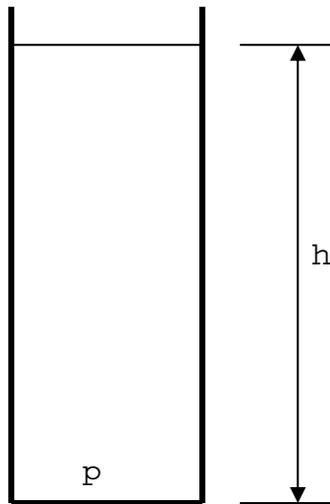
p = presión puntual en Kg/cm<sup>2</sup>

### 3.1.5 Presión hidrostática

Una columna de líquido ejerce como consecuencia de su propio peso, una presión sobre la superficie en que actúa. La presión está en función de la altura de la columna, de la densidad del líquido y de la gravedad  $g$ . Se calcula mediante la fórmula:

$$p = h \cdot \delta \cdot g$$

**Figura 20. Esquema de una columna de agua**



**Fuente: José Roldán, Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 48**

En donde:

$p$  = presión de la columna de líquido en  $\text{Kg/cm}^2$

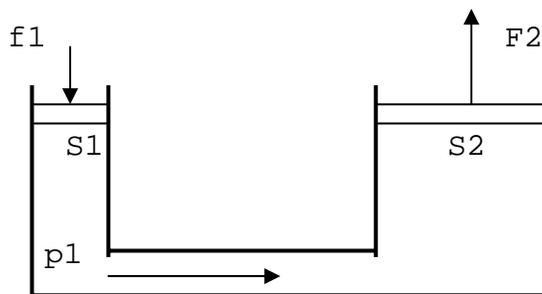
$\delta$  = densidad del líquido en  $\text{Kg/cm}^3$

$g$  = gravedad en  $\text{cm/s}^2$

### 3.1.6 Ley de Pascal

Esta ley, es la que se aplica al mecanismo de la prensa hidráulica. Este principio dice que la presión de un líquido se transmite por igual en todas direcciones. Básicamente esta ley es la que utilizan los cilindros hidráulicos que servirán para mover el cabezal de corte. En la figura 21 se aprecia un esquema del principio antes citado.

**Figura 21. Esquema de la transmisión hidráulica de fuerzas**



**Fuente: José Roldán, Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 49**

Se calcula de la siguiente manera:

$$p1 = f1/S1$$

En donde:

p1 = presión en el punto 1

f1 = fuerza ejercida en el émbolo del punto 1

S1 = sección del punto 1

De la figura 21 se deduce entonces que la fuerza ejercida en el punto 2 queda:

$$F_2 = p_1 \cdot S_2$$

El mejor ejemplo de este mecanismo es el *tricket* hidráulico para levantar automóviles. Se aplica una pequeña fuerza en la palanca de mano para levantar un auto pequeño que puede pesar unas 6 toneladas (o bien sea un camión).

### **3.1.7 Viscosidad**

Se ha definido a la viscosidad como la capacidad que tienen las moléculas de un líquido o gas para deslizarse unas sobre otras. Para los líquidos, a más temperatura menos viscosidad. Esto se comprueba con los aceites lubricantes, entre más temperatura alcance el motor o la máquina el aceite se vuelve más líquido hasta el punto de romper la película de lubricante. Esto causa que roce metal con metal y se dañen las piezas. Por ello, se crearon los aceites multigrados, que mantienen su viscosidad a pesar de la temperatura (alta o baja). Por otro lado, si se tienen temperaturas extremadamente bajas, el aceite no fluye, lo cual también puede darnos el problema anterior. En los gases en especial el aire (oxígeno + nitrógeno), a más temperatura más viscosidad.

En el laboratorio la viscosidad se mide en un recipiente que tiene un agujero calibrado en el fondo. Se hace pasar líquido a través de él y se mide la cantidad que pasa en un tiempo dado y a una temperatura determinada.

La viscosidad se mide en:

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dina} \cdot \text{s/cm}^2 = 0.01019 \text{ Kg} \cdot \text{s/m}^2$$

$$1 \text{ stoke} = 1 \text{ dina/ poise} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 0.0001 \text{ m}^2/\text{s}$$

El submúltiplo es el *centistoke* (cSt) que equivale a la viscosidad del agua a 20° C, exactamente 1.0038 cSt.

Otras unidades utilizadas para medir la viscosidad son:

°E grado *Engler* es utilizado en Europa.

'S segundo *Saybolt* utilizado en U.S.A.

'R segundo *Redwood* utilizado en Gran Bretaña.

A continuación, encontrará la tabla IV, con los valores de viscosidad para algunos líquidos importantes en *centipoises* a 21° C.

**Tabla IV. Viscosidades de algunos líquidos**

Líquido	Viscosidad
Agua	0.018
Octano	0.540
Petróleo	0.550
Aceite de Oliva	1.000
Alcohol	1.200
Trementina	1.450
Mercurio	1.500
Parafina	2.000
Aceite SAE 5	32.000
Aceite SAE 10	70.000
Aceite SAE 30	300.000
Aceite SAE 50	800.000

Fuente Neumática, hidráulica y electricidad aplicada, pag. 65

Se habló ya de las propiedades que tienen los fluidos, éstas se puede aplicar para utilizarlas en el diseño de la máquina ranuradora. Se necesita levantar y bajar un cabezal con la herramienta de corte. Para ello se acudirá a los sistemas hidráulicos, colocando cilindros de alta presión, en un sistema cerrado, que cumpla con el trabajo.

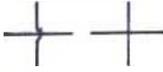
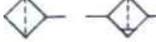
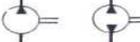
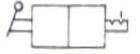
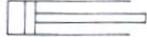
En el mercado, existen muchas aplicaciones y dispositivos que aprovechan la energía de los fluidos. Para ello se ha creado una nomenclatura, con normas ASTM y SAE, para representar en planos los diseños de ingeniería. En la siguiente página, se encuentra la tabla V, la cual contiene la simbología necesaria para hacer cualquier diseño de un mecanismo que trabaje por medio de líquido hidráulico.

### **3.1.8 Líquidos hidráulicos**

Hay una variedad de líquidos que se pueden utilizar en un dispositivo hidráulico. Cada uno tiene una aplicación distinta. Los hay para transmisión de fuerza, para altas presiones, para aplicaciones en industria alimenticia, para aviación, para refrigeración, etc. También los líquidos hidráulicos pueden ser de tres clases:

- Líquidos de base acuosa
- Líquidos sintéticos
- Aceites minerales y vegetales.

**Tabla V. Símbolos hidráulicos**

	Tubería de carga rígida
	Tubería flexible
	Cruce de tubería
	Cruce de tubería sin unión
	Tubería de maniobra
	Derivación tapada
	Recipiente para fluido hidráulico
	Recipiente para fluido hidráulico a presión
	Escape al aire
	Acumulador hidráulico
	Filtro
	Manómetro
	Presostato
	Motor trifásico
	Bomba de caudal constante
	Accionamiento por palanca
	Cilindro de doble efecto

**Fuente: Manual de Mecánica Industrial, pag. 77**

### **3.1.8.1 Líquidos de base acuosa**

Estos pueden ser:

Aceite mineral en agua, se mezcla hasta un 15% de aceite y el resto es agua. Soportan temperaturas de trabajo entre 10° y 70° C.

Agua en aceite mineral, se mezcla de 50% a 60% de aceite mineral y el resto es agua. Soportan temperaturas de trabajo entre 10° y 70° C.

Agua con glicerina, puede tener 50% de glicerina y 50% de agua. Puede soportar temperaturas de -45° hasta 65° C.

Glicol agua, se mezcla un 35% a 60% de agua el resto es alcohol. Soporta temperaturas entre -15° hasta 60° C.

### **3.1.8.2 Líquidos sintéticos**

Esteres fosfatados, tienen temperaturas de trabajo que oscilan entre los – 55° a 150° C.

Siliconas, soportan temperaturas entre los –70° hasta 300° C.

### 3.1.8.3 Aceites minerales y vegetales

Estos aceites tienen el inconveniente que se degradan con la temperatura. Pueden soportar temperaturas de trabajo que van desde los 10° hasta los 100° C.

Además para mejorar, conservar y dar propiedades especiales a los líquidos hidráulicos se les añaden aditivos. Tales como:

**Viscosos:** aumentan la viscosidad del líquido hidráulico.

**Anticongelantes:** aumentan la fluidez a bajas temperaturas.

**Adherentes:** mejoran la adherencia a las paredes de los elementos metálicos del circuito.

**Antiespumantes:** reducen la formación de espumas. Las siliconas con las más utilizadas.

**Antioxidantes:** evitan la oxidación o degradación del aceite.

Para trabajar con los aceites hidráulicos se tiene que tomar en cuenta los siguientes puntos importantes:

**Viscosidad,** esta varía entre los 15 y 20 centiestokes, equivalentes a 2.5° E y 16° E. El índice de viscosidad señala la variación de la misma con respecto a la temperatura.

**Untuosidad**, esta es la capacidad del fluido de adherirse a las paredes metálicas.

**Poder antiespuma**, esta es la capacidad el fluido para dispersar el aire contenido en el aceite.

**Filmoresistencia**, se refiere a la resistencia límite a la rotura de la película de aceite que cubre las partes en presión y movimiento del circuito.

**Índice de acidez**, todo líquido hidráulico no debe de ser ácido para que no resulte corrosivo para las partes metálicas del circuito.

**Estabilidad química**, con la temperatura, el oxígeno y otras sustancias que recoge el líquido resultan agentes perjudiciales que tienden al envejecimiento del aceite.

**Detergencia**, esta propiedad es la que permite al aceite, tener diluidos los diferentes productos tales como los lodos, barnices, lacas, agentes limpiadores, etc. Un buen aceite no es aquel que se mantiene limpio por un largo período de tiempo. Puede ser que no tenga una buena calidad de detergencia.

**Punto de destello**, esto se refiere a la temperatura mediante la cual, los gases emanados se inflaman en presencia de una llama en condiciones normales.

**Punto de coagulación**, se refiere a la temperatura en la cual el aceite se hace viscoso y deja de fluir. Esto es básico en los aceites de base parafínica.

**Punto de inflamación**, es la temperatura a la cual se obtiene una combustión permanente si se aproxima una llama. Esta es aproximadamente a 20° C sobre el punto de destello.

**Punto de autoinflamación**, no es mas que la temperatura a la cual los vapores emanados del aceite, se inflaman espontáneamente.

Tomando en cuenta la exposición sobre los aceites hidráulicos, en la sección configuración del presente trabajo, se hará el cálculo y el diseño del sistema que se necesita para la máquina ranuradora de tubos.

### **3.2 Descripción del sistema eléctrico**

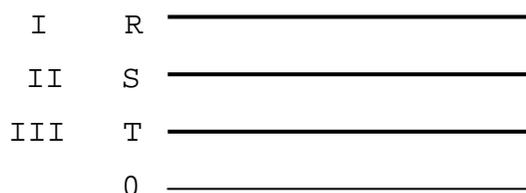
Toda máquina necesita una fuente de energía. Esta puede provenir de la combustión o bien de la electricidad. En toda industria la mayoría de maquinaria se mueve con electricidad proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala. Esta puede ser monofásica con dos conductores o trifásica con tres conductores.

Por esta razón, se hace necesario dedicar un espacio al estudio de los aparatos eléctricos. Estos pues se emplean en el mando y control de los dispositivos hidráulicos y neumáticos.

### 3.2.1 Redes de distribución eléctrica

Las redes o líneas de distribución son trifásicas, de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz o ciclos por segundo. A las fases se les denomina R, S, T ó I, II, III y al neutro 0. Si la red es de 220 voltios entre cada una de las fases, la tensión entre fase y neutro viene dada por la relación  $220/1.73205 = 127$  voltios. Si la red es de 440 voltios, la tensión entre fase y neutro esta dada por  $440/1.73205 = 220$  voltios. Para comprender la simbología, ver la figura 22.

**Figura 22. Diagrama de las líneas de distribución.**



**Fuente: Manual de mecánica industrial, pag. 47**

### 3.2.2 Interruptores

Los interruptores son aparatos eléctricos con los que se abre o se cierra un circuito. Es decir se corta el paso de corriente.

Los interruptores son accionados manualmente. Cuando se accionan por medio de un electroimán se llaman relés o contactores.

### **3.2.3 Transformadores**

En muchos circuitos de maniobra con elementos eléctricos, se da la circunstancia de que se alimentan con tensiones no habituales de las redes de distribución. El transformador es pues el dispositivo que se encarga de bajar la tensión de la red hacia los valores de diseño. Un ejemplo de este aparato es el cargador del teléfono celular, baja la corriente de 110 Volts. domiciliar a 9 Volts. de corriente directa. En el apéndice se encontrará el símbolo para este elemento.

### **3.2.4 Rectificadores**

Los rectificadores son elementos eléctricos que convierten una corriente alterna de dos sentidos, en corriente continua de un solo sentido.

Estos se pueden utilizar en corrientes monofásicas y trifásicas. El equivalente hidráulico de este dispositivo, sería la válvula de cheque. Esta deja pasar el fluido en una sola dirección.

### **3.2.5 Pulsadores**

Los pulsadores son elementos auxiliares utilizados en maniobras de marcha y parada de circuitos eléctricos. Existe una gran variedad de pulsadores, en los cuales su configuración puede venir simple o de varios unidos en un solo elemento.

### **3.2.6 Señalización.**

Estos dispositivos son importantes en toda instalación eléctrica, ya que indican cuando hay paso de corriente por un circuito. Las hay luminosas y de audibles. Entre las primeras tenemos las luces piloto o testigo, *leds* y a todo tipo de lámpara. Entre las segundas tenemos al claxon, sirenas o cualquier dispositivo que emita un sonido.

### **3.2.7 Fusibles**

El fusible es un elemento muy importante ya que su misión es la de proteger al circuito eléctrico, de sobrecargas eléctricas producidas por cortocircuito. Estos simples elementos cortan la corriente al haber un sobre voltaje en la red. Los fusibles siempre se colocan en el inicio de toda instalación eléctrica y se instala uno por fase. Además, se escogen dependiendo de la capacidad del circuito. No es correcto instalar el fusible sobre dimensionado ya que estos actúan mediante el calor producido por el cortocircuito. Si se sobrepasa mucho, podría ocurrir un incendio o la destrucción total del equipo.

### **3.2.8 Relés térmicos**

Estos, también son dispositivos de seguridad en un circuito eléctrico. Los *relés* térmicos protegen a la instalación de sobre intensidades originadas por el consumo excesivo que se prolonga un tiempo. Esto puede resultar perjudicial para todos los elementos que conforman el circuito. La temperatura excesiva puede dañar el aislante y provocar un cortocircuito en la instalación. Además, puede producir daño en los componentes electrónicos si es que los hubiese. Los hay para una amplia gama de temperaturas, así como para tensiones.

### **3.2.9 Contactores**

Se define como contactor a un interruptor de uno o más contactos mandados por un electroimán. Este dispositivo se utiliza en circuitos de potencia como para alimentar motores, resistencias, lámparas, etc.

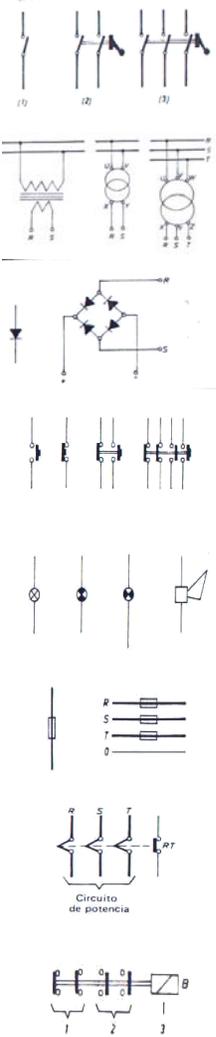
Su funcionamiento básico consiste en que al dar corriente a la bobina del electroimán, éste empuja los contactos y los cambia de posición. El contactor permanecerá en esta nueva posición mientras no se accione nuevamente el pulsador. Al dejar de tener tensión la bobina, los contactos vuelven a su posición de reposo.

En la siguiente página, se presenta la tabla VI, donde encontrará la simbología necesaria para todos estos dispositivos eléctricos.

### **3.2.10 Arranque de un motor eléctrico**

Debido a la importancia para el diseño de la máquina ranuradora, se hablará sobre el arranque del motor eléctrico. Se ha pensado en instalar dos motores. Uno moverá los elementos de corte y el otro activará el mecanismo hidráulico. La instalación es igual para ambos.

**Tabla VI. Símbolos eléctricos**



Interruptor manual

Transformador

Rectificador

Pulsador

Señales

Fusibles

Relé térmico

Contactor

**Fuente: Manual de Mecánica Industrial, pag. 48**

**Sección del conductor:** La sección del conductor dependerá de la potencia del motor y se calcula mediante la fórmula:

$$S = \frac{1.73205 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{V_c}$$

En donde:

- S = sección del conductor en mm<sup>2</sup>
- $\rho$  = coeficiente de resistividad del material
- L = longitud de la línea en metros
- I = intensidad por fase en amperios
- $\cos \varphi$  = factor de potencia, aproximadamente 0.8
- $V_c$  = caída de tensión en voltios (aprox. 2%)

**Fusibles:** Estos se seleccionan de acuerdo a la intensidad nominal del motor. Pudiendo ser de efecto lento, medio o rápido. Normalmente se escogen un poco más del 5% al 10% sobre la tensión nominal del motor.

**Contactador:** El dimensionado del contactor también será de acorde a la intensidad absorbida por el motor. El contactor como ya se dijo es un interruptor que puede ser accionado desde varios puntos por medio de un pulsador.

**Motor:** Para la conexión del motor se ha de tomar en cuenta su placa de características. Por medio de ella se deducirá el tipo de conexión. Esta puede ser en delta o en estrella.

Como ejemplo: si en la placa de un motor se lee 220/440 Voltios, entonces:

220 volts. conexión en delta (símbolo  $\Delta$ ). El voltaje entre fases viene dado por:

$$V_{\text{fases}} = \text{Volt.} = 220 \text{ Volt.}$$

440 volts. conexión en estrella (símbolo  $Y$ ). El voltaje entre fases viene dado por:

$$V_{\text{fases}} = \frac{\underline{V}}{1.73205} = \frac{\underline{440}}{1.73205} = 220 \text{ volts.}$$

Para el cálculo de la potencia de un motor, este viene dado por la fórmula:

$$P = \frac{1.73205 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi}{736 \cdot \eta} \quad (P \text{ en Cv})$$

En donde  $\eta$  = al rendimiento mecánico.

Algunas equivalencias útiles:

$$1 \text{ Cv} = 736 \text{ watts}$$

$$1 \text{ Kw} = 1000 \text{ watts}$$

En las siguiente página, encontrará la tabla VII con algunos datos de intensidades absorbidas por motores de corriente alterna y continua. Y, posteriormente, la tabla VIII, en donde, se anotan los valores de potencias, intensidades y fusibles para motores trifásicos. Es de hacer notar que esta tabla es para motores con corriente de 220 Volts. y 1,500 RPM.

En la sección 3.9 de este capítulo, encontrará el plano eléctrico para la instalación de los motores.

### **3.3 Descripción del método de corte elegido**

Se ha hablado ya sobre el corte de metal por medio de sierras circulares y discos abrasivos. Estos, son los dos métodos que se podrían utilizar para hacer las ranuras en la tubería. Estos métodos tienen las siguientes ventajas:

- Las ranuras son maquinadas con cortadores circulares.
- Evitan cambios en la estructura molecular del acero.
- Evitan daños en la tubería.
- Son de bajo costo y reemplazables en cualquier momento.
- Se obtiene una alta precisión.
- Las aperturas son uniformes.
- Se puede disponer de varios anchos de ranura.
- Se puede obtener diferentes cantidades de ranuras por metro lineal.
- Se puede obtener variados patrones de ranurado.
- Se pueden utilizar los mismos diámetros y longitudes de la tubería lisa.
- Se obtiene una disminución del taponeo por ranuras anchas y uniformes.

**Tabla VII. Intensidades absorbidas por motores de corriente alterna**

POTENCIA ÚTIL		RENDIMIENTO $\eta$	COS $\phi$	C. A. TRIFÁSICA 60 HZ (AMPS.)		
CV	KW			220 V	380 V	440 V
0.50	0.37	0.74	0.75	1.74	1.10	0.77
0.75	0.55	0.76	0.77	2.48	1.44	1.09
1.00	0.74	0.78	0.80	3.10	1.79	1.37
1.50	1.10	0.79	0.82	4.47	2.59	1.97
2.00	1.47	0.81	0.83	5.74	3.32	2.53
2.50	1.84	0.81	0.83	7.17	4.15	3.16
3.00	2.21	0.82	0.84	8.52	4.93	3.75
4.00	2.95	0.83	0.85	11.10	6.40	4.89
5.00	3.68	0.85	0.87	13.40	7.80	5.90
6.00	4.42	0.86	0.87	15.50	9.00	6.90
7.00	5.15	0.86	0.87	18.20	10.50	8.00
8.00	5.89	0.87	0.87	20.40	11.80	9.00
9.00	6.62	0.87	0.87	23.00	13.30	10.10
10.00	7.40	0.87	0.88	25.30	14.60	11.10
11.00	8.10	0.87	0.88	27.80	16.10	12.30
12.00	8.83	0.87	0.88	30.30	17.50	13.30
13.00	9.57	0.87	0.88	32.80	19.50	14.50
14.00	10.30	0.87	0.88	35.40	20.50	15.60
15.00	11.00	0.88	0.88	37.40	21.70	16.50
16.00	11.80	0.88	0.88	40.00	23.20	17.80
17.00	12.50	0.88	0.88	42.50	24.60	18.70

Fuente: Manual de ingeniería mecánica industrial, pag. 51

**Tabla VIII. Valores de potencias, intensidades y fusibles para motores trifásicos**

POTENCIA ÚTIL		RENDIMIENTO $\eta$	COS $\phi$	FUSIBLE	
CV	KW			RAPIDO	LENTO
0.17	0.13	67.5	0.70	4	4
0.27	0.20	72.5	0.73	4	4
0.47	0.33	74.5	0.76	4	4
0.7	0.50	76.5	0.79	6	4
1.1	0.80	79.5	0.80	10	6
1.5	1.10	79.5	0.80	10	6
2.0	1.50	80.5	0.82	15	10
3.0	2.20	81.5	0.82	20	15
4.0	3.00	82.0	0.83	25	20
5.5	4.00	83.5	0.84	35	25
6.5	4.80	84.0	0.84	35	35
7.5	5.50	84.5	0.84	50	35
8.5	6.25	85.0	0.84	50	35
10.0	7.50	85.0	0.84	60	35
15.0	11.00	87.0	0.84	60	60
20.0	15.00	88.0	0.84	80	80
25.0	18.50	88.0	0.85	100	100
30.0	22.00	88.5	0.85	125	100
35.0	25.80	88.5	0.85	125	100
41.0	30.00	88.5	0.85	160	100
46.0	34.00	89.0	0.85	160	100

Fuente: Manual de ingeniería mecánica industrial, pag. 52

- El costo de maquinado es relativamente bajo comparado con el gasto de acetileno y oxígeno.
- La rapidez de maquinado es alta, ya que se pueden hacer varias ranuras al mismo tiempo.

Para escoger la herramienta adecuada a nuestras necesidades, se hablará sobre los materiales que componen los tubos para pozos de agua.

### **3.3.1 Aceros finos de construcción**

Se define como aceros al carbono a la aleación hierro-carbono que carecen de otros elementos químicos, o los tienen en pequeña proporción. El porcentaje de carbono está comprendido en:

- De 0.1% al 0.80% de carbono.
- De 0.15% al 0.30% de silicio.
- De 0.30% al 0.70% de manganeso.
- Fósforo y azufre menos del 0.04%.

Se les suele clasificar, según sus características mecánicas en siete grupos en general<sup>4</sup>, los cuales son:

- Aceros extra dulces con un porcentaje de carbono entre 0.05% al 0.15%.
- Aceros dulces con un porcentaje de carbono entre 0.15% al 0.25%.
- Aceros semi dulces con un porcentaje de carbono entre 0.25% al 0.40%.

- Aceros semi duros con un porcentaje de carbono entre 0.40% al 0.60%.
- Aceros duros con un porcentaje de carbono entre 0.60% al 0.70%.
- Aceros muy duros con un porcentaje de carbono entre 0.70% al 0.80%.
- Aceros extra duros con un porcentaje del 0.80%.

A estos aceros, solo se les aplican los tratamientos de recocido, normalizado o la cementación. Se emplean para piezas que exijan una resistencia entre 35 y 50 Kg/mm<sup>2</sup>. A los aceros de mayor contenido de carbono (hasta 0.55%), además de los tratamientos citados, en ocasiones se les aplica un temple a la llama o por inducción. Su templabilidad es muy baja y no se recomienda para piezas muy especializadas.

### **3.3.2 Aceros aleados de gran resistencia**

Se caracterizan por el aumento de templabilidad conseguido por la adición de elementos aleados, lo cual da la posibilidad de templar el núcleo de piezas de grandes dimensiones. Con esto se consigue resistencias más elevadas además de la disminución de las velocidades críticas de temple. Limitación sobre el crecimiento del grano de austenita, lo que mejora las propiedades mecánicas del material. Se utilizan en cigüeñales, ejes de transmisiones, tornillos, bulones, pasadores, piñones y, en general a todas las piezas sometidas a grandes esfuerzos.

### **3.3.3 Aceros de gran elasticidad**

Destinados a la fabricación de muelles, resortes, ballestas, barras de torsión, etc. En general piezas sometidas a esfuerzos repetidos y alternados pero inferiores a su límite elástico. Por lo anterior es imprescindible que sus aceros tengan una gran resistencia a la fatiga.

### **3.3.4 Aceros de cementación**

Tienen su principal aplicación una vez cementados, con posterior temple y revenido, en piezas para ser sometidas a gran desgaste. Tienen una buena resistencia al desgaste por frotamiento y una elevada tenacidad en su núcleo.

### **3.3.5 Aceros de nitruración**

Son aptos para ser nitrurados y tienen un contenido de carbono entre el 0.20% y 0.50%, según las características requeridas en su núcleo. Entre sus propiedades sobresalientes esta la capacidad a la resistencia a la fatiga, que es mayor que la de otros aceros.

### **3.3.6 Aceros resistentes a la oxidación**

Se sabe que uno de los medios para evitar la oxidación y la corrosión, es utilizar metales y aleaciones inoxidables. En los aceros inoxidables la acción ejercida por los elementos aleados da en particular mayor o menor intensidad las propiedades contra la corrosión del metal. Para que esto suceda la proporción del elemento o elementos de la aleación tiene que ser elevado.

Entre los elementos más utilizados está el cromo, que es el que más influye en la resistencia a la oxidación. Esta propiedad es la que se necesita para la tubería que se instala dentro de los pozos para extracción de agua.

Según los datos de la fábrica, el acero utilizado en tuberías es grado B. Este acero contiene 0.30% de carbono, 1.20% de manganeso, 0.05% de fósforo, 0.045% de azufre, 0.40% de cobre, 0.40% de cromo, 0.40% de níquel, 0.15% de molibdeno y 0.08% de vanadio. Esta aleación nos da un límite elástico de 35,000 PSI (240 Mpa) y una resistencia a la última tensión de 60,000 PSI (415 Mpa). Esto clasifica al material de la tubería como un acero medio.

Los datos anteriores son necesarios para, escoger la velocidad de corte y, además, la potencia necesaria que consume el elemento de corte.

En cualquier trabajo de corte con sierras circulares se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Comenzar el trabajo con una velocidad de avance pequeña y aumentarla progresivamente. La capa superficial en algunas ocasiones es más dura que el resto del metal.
- b) Procurar trabajar con velocidad de corte elevada y modificar el avance durante el trabajo. El avance puede afectar el funcionamiento de la máquina más que la velocidad de corte.
- c) En los trabajos de desbastado se debe adoptar una velocidad de corte media. Para lograr un mejor acabado, se reduce el avance y se aumenta la velocidad de corte.

- d) Refrigerar con líquidos de corte la herramienta, para lograr el máximo enfriamiento y que no se dañe la misma.
- e) Emplear sierras de acero rápido en aquellos trabajos en que se tenga un calentamiento excesivo de la herramienta.

La velocidad de corte como ya se dijo depende del material a cortar, del tipo de sierra, de su material y del ángulo de afilado de los dientes. Sin embargo las velocidades de corte son mayores que cualquier otra máquina. Estas solo están limitadas al calentamiento de la herramienta. Para calcular la velocidad de la herramienta de corte en revoluciones por minuto (r.p.m.), partiendo de la velocidad tangencial, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{1000 V}{\pi D}$$

En donde:

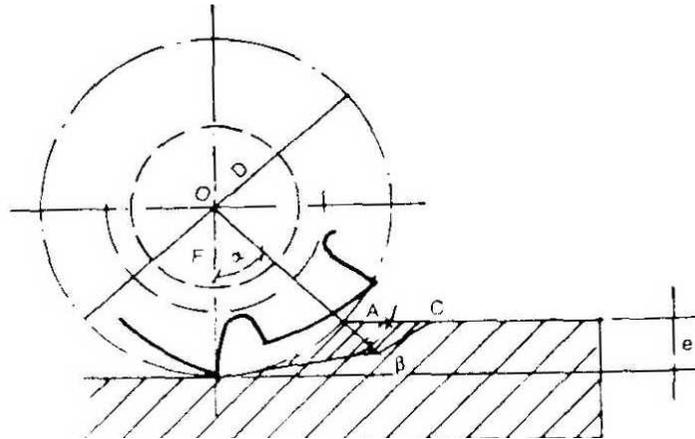
n = R.P.M. de la herramienta de corte

V = Velocidad tangencial en el punto de contacto mts/min.

D = Diámetro de la herramienta en mts.

Para los cálculos siguientes, ver la figura 23, en ella se destacan los datos necesarios para definir las fuerzas y momentos de torsión.

**Figura 23. Diagrama de corte de una sierra circular**



**Fuente: Richard Kibbe, Prácticas de taller de máquinas herramienta, pag. 90**

Para calcular la fuerza de corte, se utiliza la fórmula:

$$F = \frac{2 K a b \pi [e (D - e)]^{1/2}}{1,000 V Z}$$

En donde,

F = Fuerza de corte en Kg.

K = Fuerza específica de corte en Kg/mm<sup>2</sup>.

a = Avance de la sierra en mm/min.

b = Ancho de la sierra en mm.

e = Profundidad de pasada en mm.

D = Diámetro de la sierra en mm.

V = Velocidad de corte en m/min.

Z= Número de dientes de la sierra.

El momento torsor será:

$$M_t = F R = F D/2$$

M<sub>t</sub> está dado en Kg . mm

La potencia absorbida está dada por la fórmula:

$$P = \frac{F V}{60 \varepsilon}$$

En donde  $\varepsilon$  es la eficiencia de la máquina.

Si se desea calcular la potencia en HP:

$$P = \frac{F V}{4,500 \varepsilon}$$

También, utilizando el momento torsor se puede calcular:

$$P = \frac{M_t n}{716.2}$$

La fuerza específica de corte K, para el tipo de material de la tubería es de 200 Kg/mm.<sup>5</sup>

### **3.4 Descripción del método de soldadura a utilizar**

En esta sección, se tratará el tema de la soldadura. Esta, es de mucha importancia ya que con ella se unirán las diferentes piezas que conforman la máquina ranuradora de tubos. Se entiende por soldadura a la unión de dos piezas de composición semejante. De tal forma que el punto de unión, constituye un todo homogéneo con el resto de las dos zonas adyacentes más próximas. En esencia existen dos métodos de soldar: soldadura a presión y soldadura por fusión. El primer método las dos piezas se unen entre sí, en estado pastoso por medio de cierta presión. En el segundo método, la unión se realiza pasando al estado líquido los lugares a soldar.

### **3.4.1 Clasificación de los sistemas de soldar**

De lo antes expuesto, los sistemas se clasifican en:

a) Soldadura a presión:

- Soldadura por martillado (fragua).
- Soldadura por resistencia eléctrica.
- Soldadura aluminotérmica a presión.

b) Soldadura por fusión:

- Soldaduras por fusión con gas (soldadura autógena).
- Soldadura por fusión eléctrica (arco eléctrico).
- Soldadura eléctrica con gas (sistemas Arcatom y Arcogen).
- Soldadura eléctrica con termita (aluminotérmica).
- Soldadura de hierro fundido por colada.

Para nuestro propósito, se utilizará el método de soldadura eléctrica por arco. Este es un sistema muy utilizado y común en cualquier lugar. Además tiene la ventaja de que es barato y fácil de utilizar.

### **3.4.2 Soldadura eléctrica por arco**

Este tipo de soldadura, se basa en el principio de que si dos conductores bajo tensión se tocan, se produce un cortocircuito. Si estos se separan una cierta distancia, entonces ocurre una chispa continua, a esto es lo que se le llama arco eléctrico.

La soldadura eléctrica se realiza pues, haciendo saltar un arco entre las piezas a unir, por medio de una varilla llamada electrodo. Este electrodo no es más que el material de aporte con el cual se hará dicha unión.

Al ocurrir un cortocircuito en la red, ésta se dañaría, con el resto del equipo. Para evitar esto, el equipo de soldadura cuenta con un transformador, consiguiendo así separar el circuito de la red con el circuito de manipulación. Los transformadores eléctricos reducen la tensión de la red que puede ser de 220 volts. ó 440 volts., al valor adecuado de utilización que puede variar entre los 40 volts. a los 100 volts. Esta tensión es la que produce el arco necesario para fundir la gama de electrodos que se usan en la actualidad.

Este arco eléctrico, desarrolla tal cantidad de calor y alcanza la temperatura de fusión del acero. Esta es la propiedad que se aprovecha para realizar la unión. Para lograr esto se utilizan dos pinzas: una colocada en el polo negativo de la máquina y otro en el polo positivo. Es en el polo negativo es donde se coloca el electrodo a fundir. La temperatura total alcanzada es de unos 2,000° C. que es un poco mayor que la temperatura de fusión del acero.

Por otra parte, existen, una amplia gama de electrodos, con distintos diámetros. Para ello se hace necesario que la máquina sea capaz de regular la tensión adecuada a cada tipo de electrodo. Esta intensidad, si bien es cierto depende del tipo de electrodo, también depende del espesor del material, de la preparación de las piezas a soldar y de la posición de la soldadura. A continuación se encuentra la tabla IX, la cual contiene los diámetros de los electrodos y sus intensidades en amperios adecuadas. Cada electrodo, tiene estampado, su nomenclatura que lo clasifica, según sus características y uso. Como ejemplo, esta nomenclatura puede ser: **E-7018**.

**Tabla IX. Intensidades de corriente para electrodos de acero dulce**

Diametro del electrodo en Pulgadas	Corriente en Amperios							
	E-6010 y E-6011	E-6012	E-6013	E-6020	E-6027	E-7014	E-7015 y E-7016	E-7018
1/16		20 a 40	20 a 40					
5/64		25 a 60	25 a 60					
3/32	40 a 80	35 a 85	35 a 85			80 a 125	65 a 110	70 a 100
1/8	75 a 125	80 a 140	80 a 140	100 a 150	125 a 185	110 a 160	100 a 150	115 a 165
5/32	110 a 170	110 a 190	110 a 190	130 a 190	160 a 240	150 a 210	140 a 200	150 a 220
3/16	140 a 215	140 a 240	140 a 240	175 a 250	210 a 300	200 a 275	180 a 255	200 a 275
7/32	170 a 250	200 a 320	200 a 320	225 a 310	250 a 350	260 a 340	240 a 320	260 a 340
1/4	210 a 320	250 a 400	250 a 400	275 a 375	300 a 420	330 a 415	300 a 390	315 a 400
5/16	275 a 425	300 a 500	300 a 500	340 a 450	375 a 475	390 a 500	375 a 475	375 a 470

**Fuente: Theodore Baumeister, Manual del Ingeniero Mecánico, pag. 750**

En donde la **E** significa electrodo. Los dos primeros dígitos, el 70, significa 70,000 PSI, es decir su resistencia a la tracción. El tercer dígito, el 1, significa el tipo de corriente, en este caso alterna. Y el último dígito, el 8, significa todas las posiciones para soldar.

Los electrodos traen una cubierta protectora. Ésta se levanta en forma de escoria al finalizar el cordón de soldadura. El fin de esta capa protectora es, por un lado, el de proveer una atmósfera gaseosa al electrodo, para que tenga una penetración adecuada y protegerlo del aire que contiene oxígeno y que pueda resultar en una soldadura pobre y que las propiedades del metal no sufran deterioro. Por otra parte, cuando se solidifica la soldadura, provee una cubierta protectora para que el cordón no se enfríe rápidamente y evita que el cordón se oxide cuando está caliente. Además purifica el metal, eliminando elementos no deseables, tales como el azufre y fósforo. También el revestimiento sirve para ejecutar soldaduras en posición, ya que al formar escoria, hace que el metal fundido permanezca en su sitio y no gotee o caiga por efecto de la gravedad.

### **3.5 Descripción de los materiales a utilizar**

Se ha descrito, sobre los distintos tipos de aceros, electrodos, sistemas hidráulicos, sistemas eléctricos, que serán útiles para el diseño de la máquina ranuradora de tubos. En esta sección se tratará de describir los materiales que hay en nuestro medio.

### **3.5.1 Acero**

Los aceros pueden venir en muchas medidas y tamaños. Para el propósito de este trabajo, se utilizarán planchas que vienen en 4'x 8'x ¼", grado 60 (60,000 P.S.I. de resistencia a la tracción). Estas servirán para conformar el bastidor sobre el cual se colocarán los tubos a ranurar y además, sobre el cual se construirá el resto del equipo. También con este material se hará el tanque para el suministro del aceite hidráulico.

Para instalar el cabezal de corte, se utilizarán hierro con perfil en "U", con medidas de 4"x 2"x ¼", en acero grado 60.

Para la construcción del eje de rotación se hará en barra cool roler (roladas en frío). Estas vienen en grado 60 ó 70, y proporcionan una gran resistencia a la flexión. Vienen en diámetros que van desde 1" hasta 4". Para este proyecto se tiene contemplado un eje de 1 ½" x 24".

### **3.5.2 Electrodo**

Para soldar aceros grado 60, que son aceros medios de construcción, se puede utilizar el electrodo E-6013. Estos vienen en diámetros de 3/32" hasta 5/16". Para esta aplicación en particular se utilizará el de 1/8". Estos consumen una corriente entre 75 a 125 amperios. No es necesario utilizar grandes equipos de soldadura para quemar estos electrodos.

### 3.5.3 Sistema hidráulico

Al hablar del sistema hidráulico, se ha contemplado cuatro cilindros para levantar el cabezal de corte, con su respectiva bomba y su reserva de aceite. La bomba más común, es la de engranajes. Esta puede trabajar de 0 a 140 PSI y a bajas revoluciones que van desde las 500 a las 3000 r.p.m. Este es un dato importante, ya que los motores que existen en el mercado trabajan a revoluciones de 1750 a 3450 r.p.m. con su caballaje máximo.

Partiendo de estos datos, se investigó que hay un tipo de bomba que ofrece un caudal de 100 cm<sup>3</sup>/rev, trabajando a 1800 r.p.m. y con una diferencia de presiones a la entrada y salida de 15 bares. Haciendo cálculos mediante la fórmula:

$$\text{Pot} = \frac{[(Q \cdot n)/1000] \cdot \text{dif de pres.}}{600}$$

$$\text{Pot} = \frac{[(100 \cdot 1800)/1000]15}{600}$$

$$\text{Pot} = 4.5 \text{ Kw} = 6 \text{ Hp}$$

Q = Caudal cm<sup>3</sup>/rev

n = revoluciones por minuto

1 hp = 746 W

Con estos datos se calculó que la potencia que se necesita para mover el sistema es de 6 HP y en el mercado hay motores que funcionan con 220 volt. trifásicos y que giran a 1800 r.p.m.

Los cilindros que se moverán con la bomba descrita anteriormente, tienen un diámetro de 4" y su vástago sobresale 36" más.

El aceite, para el equipo anterior es el que cumple con las siguientes normas para sistemas de transmisión de fuerza hidráulica:

1. El peso específico para un aceite de sistemas hidráulicos se toma a 20° C sobre 1 dm<sup>3</sup> (un litro) del aceite considerado, estos valores van de 0.87 a 0.90 kg/dm<sup>3</sup>. Esto según la ASTM para productos derivados del petróleo.
2. El punto mínimo de congelación o fluidez para un aceite hidráulico tiene un rango de temperaturas que van desde los -15° C a los -20° C.
3. El punto de inflamación, para los aceites hidráulicos suele estar alrededor de los 170° C.
4. La viscosidad es la característica más importante para los aceites hidráulicos. La viscosidad adecuada a un sistema se da cuando no hay fugas, lubrica bien y circula dentro del mismo muy fácilmente. A los aceites minerales se les mezclan aditivos para elevar su índice de viscosidad. Para este tipo de aceites los índices de viscosidad van en el rango de 80 a 120.
5. Los aceites hidráulicos tienen que tener muy buena protección contra la corrosión y oxidación. Esta se produce por la influencia de la temperatura, la presión dentro del sistema y el agua. Se adopta la medida de que por cada 10° C de aumento de la temperatura se duplica la velocidad de oxidación, formándose ácidos, lacas, barros y barnices dentro del depósito.

6. Para los aceites hidráulicos, se hace necesario que tengan un aditivo contra la formación de espuma. Esto se da cuando las burbujas de aire se desprenden con facilidad al disminuir la presión.
7. Los aceites hidráulicos deben de tener un poder separador de agua. Tienen un aditivo que les proporciona la desemulsificación con el agua.

La experiencia ha demostrado en infinidad de ocasiones, que los aceites multiservicios de cárter de motor de viscosidad SAE 10W, 20W y 30, según la API son muy buenos para aplicaciones hidráulicas medianas y severas. En este diseño se utilizará el aceite SAE 30, que es el recomendado por el fabricante del sistema a emplear en la máquina.

Además de lo anterior, hay que incluir mangueras de alta presión para este tipo de sistemas, tuberías, accesorios para las mismas. Estas serán de tubería de cobre clasificada para 3,500 PSI y de un diámetro de ½ pulgada.

#### **3.5.4 Cojinetes**

Estos, son elementos importantes dentro del sistema. Son los encargados de soportar el eje que va a rotar con los elementos de corte. Existen básicamente dos tipos los llamados antifricción o comúnmente chumaceras y los de elementos rodantes (bolas y rodillos). Los primeros constan de un material de rápido desgaste y de muy bajo coeficiente de fricción. Estos están lubricados mediante una película de aceite o grasa. Si se rompe este lubricante, tienen la desventaja de que el elemento se desgasta o dependiendo de la temperatura alcanzada, este se queda pegado. Los segundos son los que mejores propiedades presentan, y se utilizarán para el diseño de la máquina ranuradora.

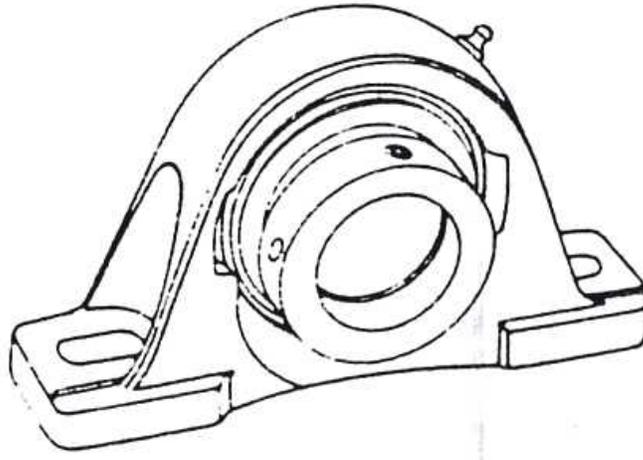
Los cojinetes de contacto rodante se proyectan para soportar y ubicar los ejes o partes que giran en la máquinas. Transfieren las cargas entre los miembros rotatorios y estacionarios y permiten la rotación relativamente libre con un mínimo de fricción. Estos, constan de los elementos rodantes (bolas o rodillos) entre un anillo exterior y un anillo interior.

Los anillos de contacto rodante están hechos de acero SAE 52100, endurecido. El canal rodadura del elemento, está rectificado exactamente dentro de los anillos con un acabado muy fino. Normalmente, son de acero inoxidable con el propósito de darles propiedades anticorrosión.

Los elementos rodantes son en sí, bolas o rodillos, dependiendo de la aplicación que se le quiera dar al cojinete. Pueden venir en distintas configuraciones de hileras de elementos rodantes. También existen en el mercado una infinidad de cojinetes para distintos usos.

Para éste trabajo, se utilizarán 2 cojinetes con un diámetro interior de 1 ½” montados en una caja para cojinetes. En la figura 24 se aprecia este tipo de cojinete.

**Figura 24. Esquema de un cojinete con caja**



**Fuente: Myrón Begeman, Procesos de manufacturas, pag. 155**

Para el diseño de la máquina ranuradora, se ha propuesto el utilizar dos motores accionados con corriente de 220 voltios, trifásica. Estos tendrán que mover la herramienta de corte y la bomba para accionar el sistema hidráulico.

Al hablar de motores de corriente alterna, se utilizará el denominado motor polifásico de inducción, por ser el tipo más común. Este consta de un estator devanado, igual al de un generador. Si se suministra corriente trifásica se produce un campo magnético rotatorio en el entrehierro. Estos motores pueden traer dos tipos diferentes de rotores. Uno de ellos es el rotor tipo jaula de ardilla. Este elemento, consiste en barras gruesas de cobre puestas en corto circuito por anillos de extremo. Por otra parte, están los rotores de devanado. Estos tienen un devanado polifásico del mismo número de polos del estator y las terminales se sacan hasta anillos deslizantes en el otro extremo. Los conductores de ambos rotores tienen que cortar el campo magnético creado por el estator y es en ese instante donde se produce la rotación. Este tipo de motor se arranca de manera directa a través de la línea, por medio de un contactor.

Para mover el sistema hidráulico se ha calculado un motor de 6 HP, de 220 voltios trifásicos, que gira a 1800 r.p.m.

Para mover la herramienta de corte, se necesitará un motor también de 6 Hp, de 220 voltios trifásicos pero con una rotación de 2500 r.p.m.

Para ambos casos, los motores vienen en paquetes que incluyen su contactor, su pulsador de botón para marcha y parada, y se puede incluir una luz testigo para visualizar cuando los motores ya estén en funcionamiento.

### **3.6 Configuración general de la máquina**

Se ha descrito en las secciones anteriores, algunos elementos de la máquina ranuradora de tubos. En este apartado, se describirán brevemente las partes de la misma con sus componentes.

### **3.6.1 Bastidor**

Este es el cuerpo de la máquina. Alrededor de él, se colocará el resto de los mecanismos. Este elemento, será construido a base de las planchas de ¼” de pulgada. Y sobre de él, se colocará la tubería a ranurar.

### **3.6.2 Cabezal de corte**

Este mecanismo, contiene las sierras circulares que harán posible la ranuración de la tubería. Consta de un eje, sostenido con sus cojinetes y el motor eléctrico que servirá para mover todo el mecanismo. Además, contiene los cilindros hidráulicos que servirán para subir y bajar el mismo. Esto es importante ya que es a través del sistema hidráulico que se controlará la profundidad de la ranura y el levante, para proveer de espacio para insertar o retirar la tubería.

### **3.6.3 Sistema hidráulico**

Este sistema, como ya se describió, servirá para controlar el levante de todo el cabezal de corte y la profundidad de las ranuras. Tendrá el otro motor que moverá la bomba que hará que el sistema funcione a través de los cilindros colocados en el cabezal de corte. Todo este sistema tiene su tanque que contendrá el aceite hidráulico y sus mangueras y accesorios para el transporte del fluido.

#### **3.6.4 Sistema eléctrico**

La máquina se está proyectando para funcionar con corriente de 220 voltios. Este sistema incluye los motores, contactores, pulsadores, luces testigo y los conductores de la corriente.

#### **3.6.5 Panel de control**

El panel de control, tal como su nombre lo indica, tiene los mecanismos que harán las funciones de arranque y parada de los motores. Además, tendrá las palancas para gobernar los cilindros hidráulicos. Llevará medidores de presión y luces testigo para verificar el funcionamiento de los motores. Este se detallará en otra sección de este capítulo.

### **3.7 Cimentación**

El término de cimentación, se utiliza para designar todas aquellas partes de una obra que están situadas debajo del suelo. Los cimientos sirven de soporte para el levantado de muros ya sea de una casa o bien de un rascacielos. En nuestro caso, éstos servirán de soporte sobre el cual se asentará la máquina ranuradora. La función será de soportar el peso y de proveer de un lugar de anclaje para la misma. Estos se construyen con concreto armado y con hierro de construcción. Sin embargo, se tiene que tomar en cuenta el suelo ya que si es muy blando, no soportará el peso y se hundirá. A continuación se detalla cada uno de los materiales que lo componen.

### **3.7.1 Materiales cementicios**

A este grupo, pertenecen los muchos y variados productos que se mezclan con agua para integrar una pasta. Ésta, es comúnmente llamada mortero, o concreto (hormigón) si es que lleva aglomerados. La pasta es temporalmente plástica, lo cual permite moldearla y deformarla, sin embargo, más tarde se endurece convirtiéndose en una masa rígida.

Existen muchas variedades de cementos y diversas formas de clasificarlos. Una de las más simples se basa en la sustancia química que provoca el fraguado o endurecimiento del cemento. Así, tenemos los cementos de silicatos y aluminatos de calcio, los cuales constituyen el grupo más importante de los cementos modernos. A este grupo pertenecen los cementos del tipo Portland, alumínico y natural.

Otra clase de cementos, es la del yeso calcinado y sus derivados. Estos, se utilizan en gran escala para recubrimiento de muros interiores y en la fabricación de entrepaños y bloques. Este tipo de cementos no se utiliza en exteriores debido a su alta solubilidad en agua.

### **3.7.2 Concreto**

El concreto u hormigón es una mezcla de cemento, aglomerado fino, aglomerado grueso y agua. Esta mezcla se mantiene líquida o pastosa temporalmente. Esto permite colarlo, moldearlo, transportarlo hasta que más tarde se endurece y forma una masa sólida.

Para lograr una resistencia adecuada, una durabilidad aceptable y un costo mínimo, se pueden variar los ingredientes de manera que se adapten a nuestras necesidades. Las principales variaciones que se pueden efectuar al respecto son:

- Proporción agua – cemento.
- Proporción de cemento y aglomerados.
- Tamaño del aglomerado grueso.
- Razón entre el aglomerado grueso y fino.
- Tipo de cemento.

Al variar los ingredientes, los concretos pueden tener resistencias muy distintas; desde apenas 100 Kg/cm<sup>2</sup> hasta más de 550 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de fraguado. Para esta máquina, se utilizará la mezcla común que consiste en 3 partes de pedrín como aglomerado, 2 partes de agua por una parte de cemento (3:2:1).

### **3.7.3 Hierro de construcción**

Los hierros para construcción vienen en varillas con diámetros desde 1/8" hasta 2" pulgadas. Este acero es grado 40, tiene una resistencia a la tracción de 40,000 PSI. Estas vienen lisas y corrugadas, con el propósito de obtener una mejor adherencia al concreto. La finalidad del acero es la de dar cierta elasticidad al concreto. Además mejora la resistencia del mismo. Para nuestro propósito utilizaremos varilla de construcción de 3/8" de pulgada, corrugada, que es la más común en nuestro medio.

Para más detalles sobre los cimientos, consultar la sección de planos, en este mismo capítulo. En ella se dará el diseño más adecuado para la máquina ranuradora.

### **3.8 Panel de control e instrumentación**

Como ya se anotó en la sección anterior, el panel de control incluirá los instrumentos y mecanismos que harán que la máquina funcione. Estos mecanismos incluyen los contactores para el arranque de los motores, las palancas de mando para el sistema hidráulico y los instrumentos de medición.

Se define como un instrumento a los dispositivos o aparatos para determinar el valor o la magnitud de una cantidad o variable<sup>6</sup>. Las mediciones pueden ser directas, como cuando se emplea un micrómetro o indirectas como cuando se determina la humedad del vapor de agua, midiendo la temperatura en un calorímetro.

Debido a las limitaciones materiales del dispositivo de medida y del sistema que se estudia, las mediciones siempre tienen en la práctica algún error. De aquí que la exactitud que tienen los dispositivos, se pueda decir, que es la fidelidad con que sus lecturas o indicaciones se aproximan al valor real de la variable que se mide. La precisión, se refiere a la forma en que se reproducen las mediciones, es decir, con un valor fijo de la variable, cuánto difieren entre sí las lecturas o indicaciones sucesivas del instrumento. La sensibilidad se refiere a la relación de la señal de salida (o respuesta) del instrumento respecto a la variación de la medición de entrada. La resolución se relaciona con la variación del valor medio a la cual responderá el instrumento.

El error se clasifica en sistemático o casual. Errores sistemáticos, son los debidos a causas originadas por limitaciones de los dispositivos de medición o por las leyes físicas que rigen su comportamiento. Por ejemplo, se puede inducir un error sistemático en la lectura de un micrómetro, cuando se ejerce presión excesiva sobre su husillo. Otro tipo de error se produce cuando el aparato es incapaz de seguir las variaciones de la variable a medir.

En el diseño de la máquina ranuradora, se contempló un medidor de presión. Este servirá para indicar la presión en el sistema y que no se sobrepase al momento de estar ranurando la tubería. Si se desea, se podría instalar un medidor de tiempo. Estos se conocen como horómetros, y cuentan las horas en que el motor ha estado en funcionamiento. Lo anterior serviría de mucho para llevar un estricto control de mantenimiento.

En la sección de planos, se detallará los instrumentos a instalar, así como su ubicación dentro del mismo.

### **3.9 Planos de la máquina**

A continuación, se presentará el juego de planos y el diseño final de la máquina para ranurar tubería. Se encontrarán los detalles de su bastidor, el cabezal de corte, la colocación de las herramientas de corte, la colocación del sistema hidráulico, la instalación del sistema eléctrico y los cimientos y anclajes de la máquina. Incluirá también los diagramas eléctricos e hidráulicos.

Figura 25. Vista del marco exterior de soporte

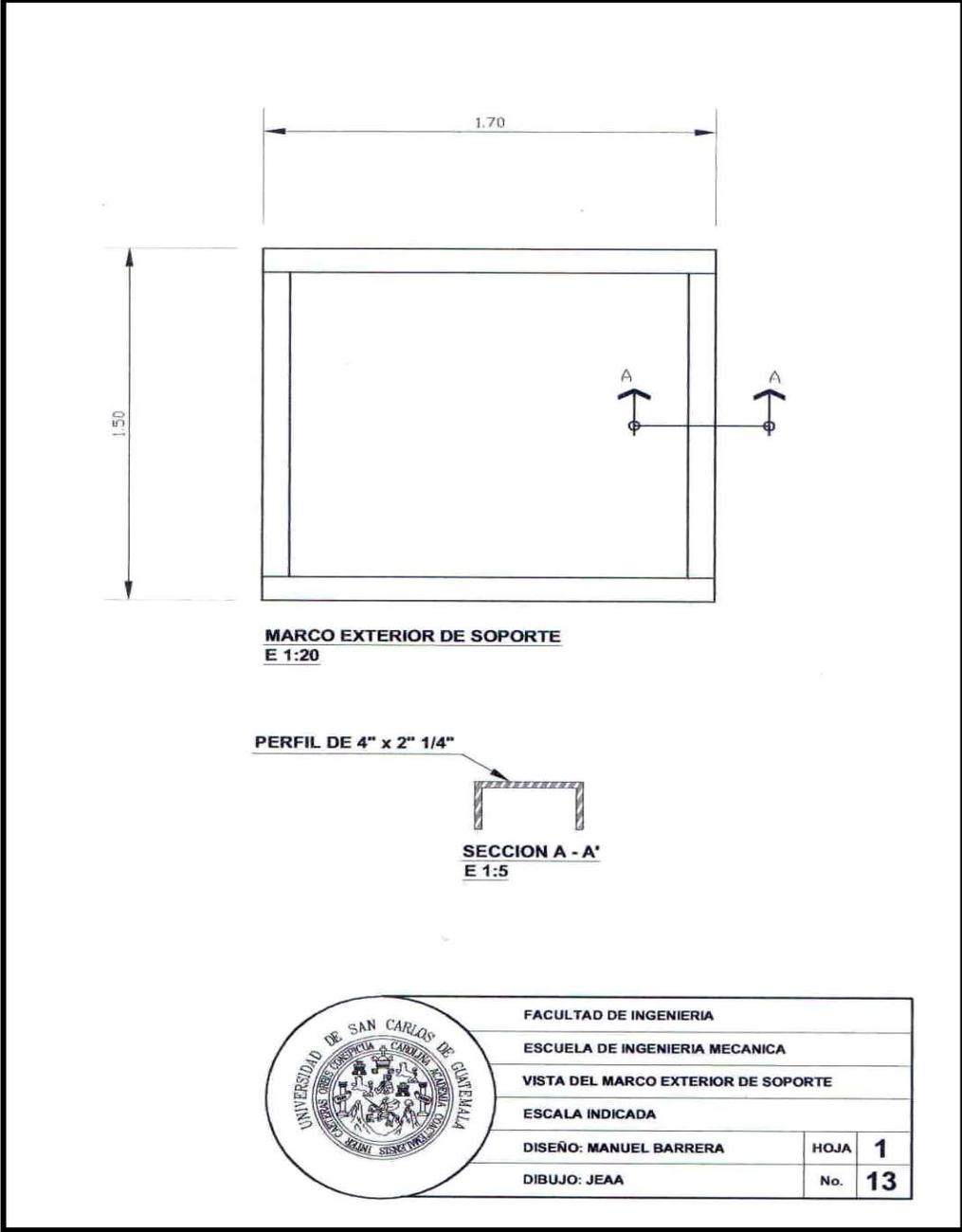


Figura 26. Cabezal móvil de corte

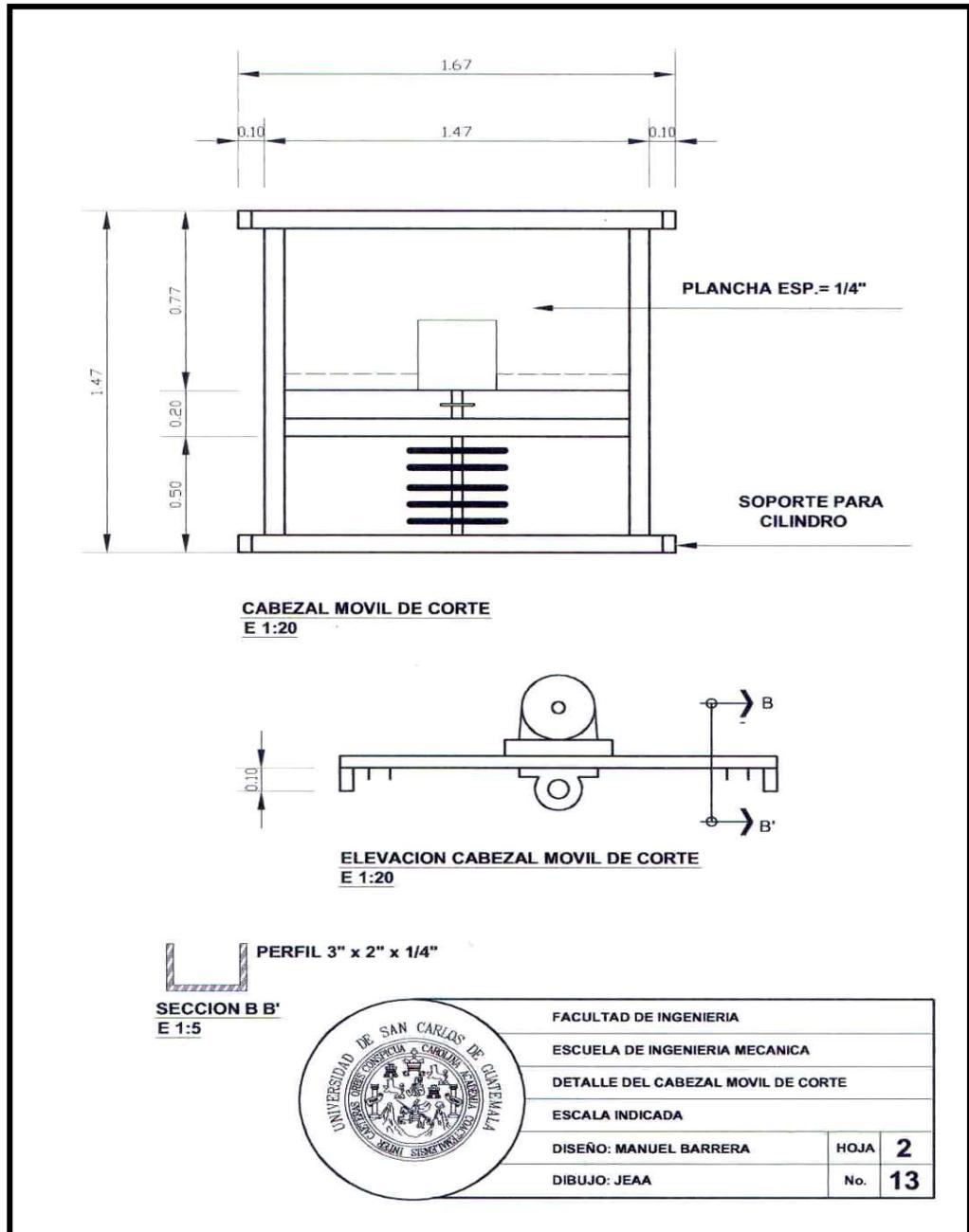
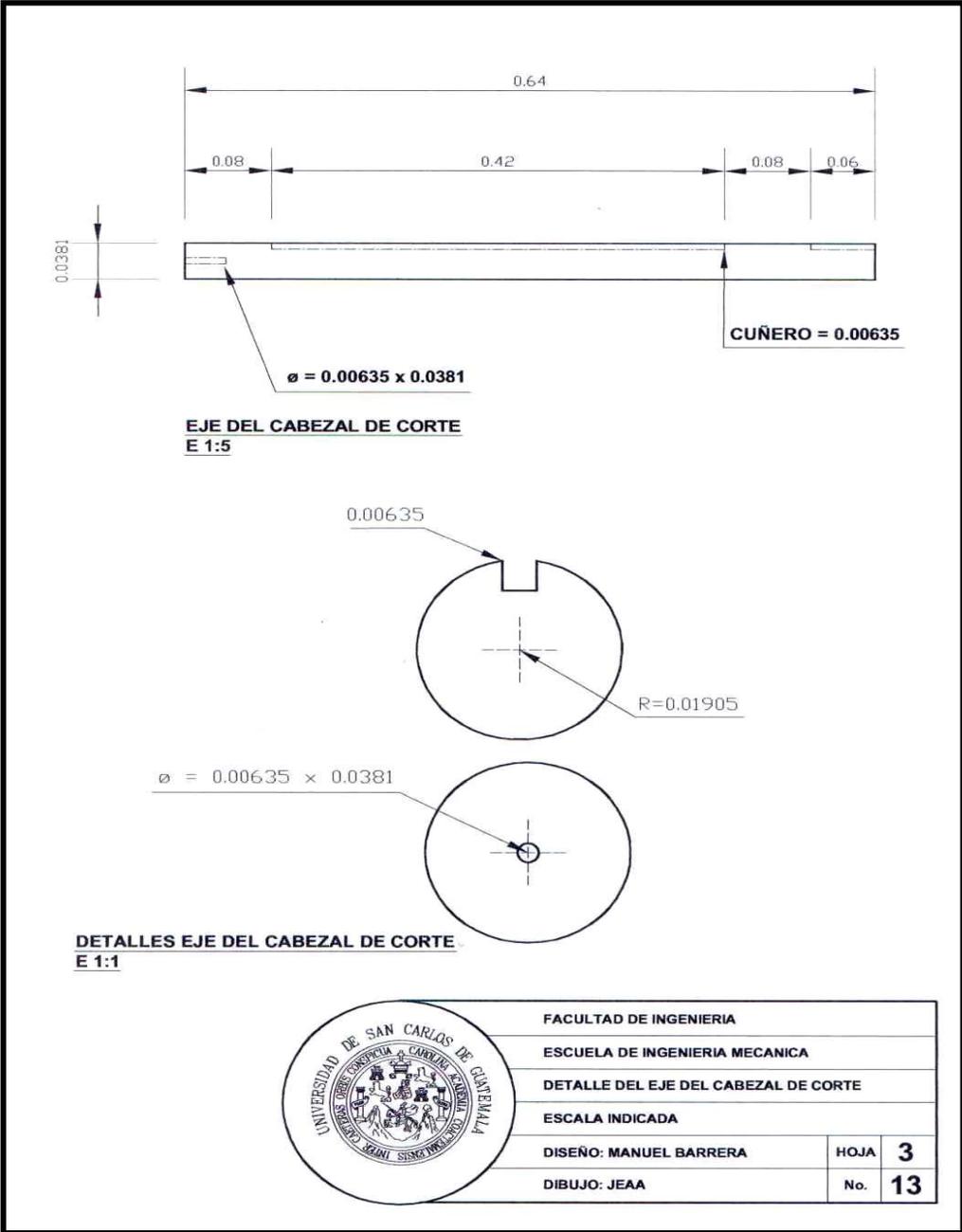


Figura 27. Detalle del eje del cabezal de corte



**Figura 28. Detalle de los espaciadores de la herramienta de corte**

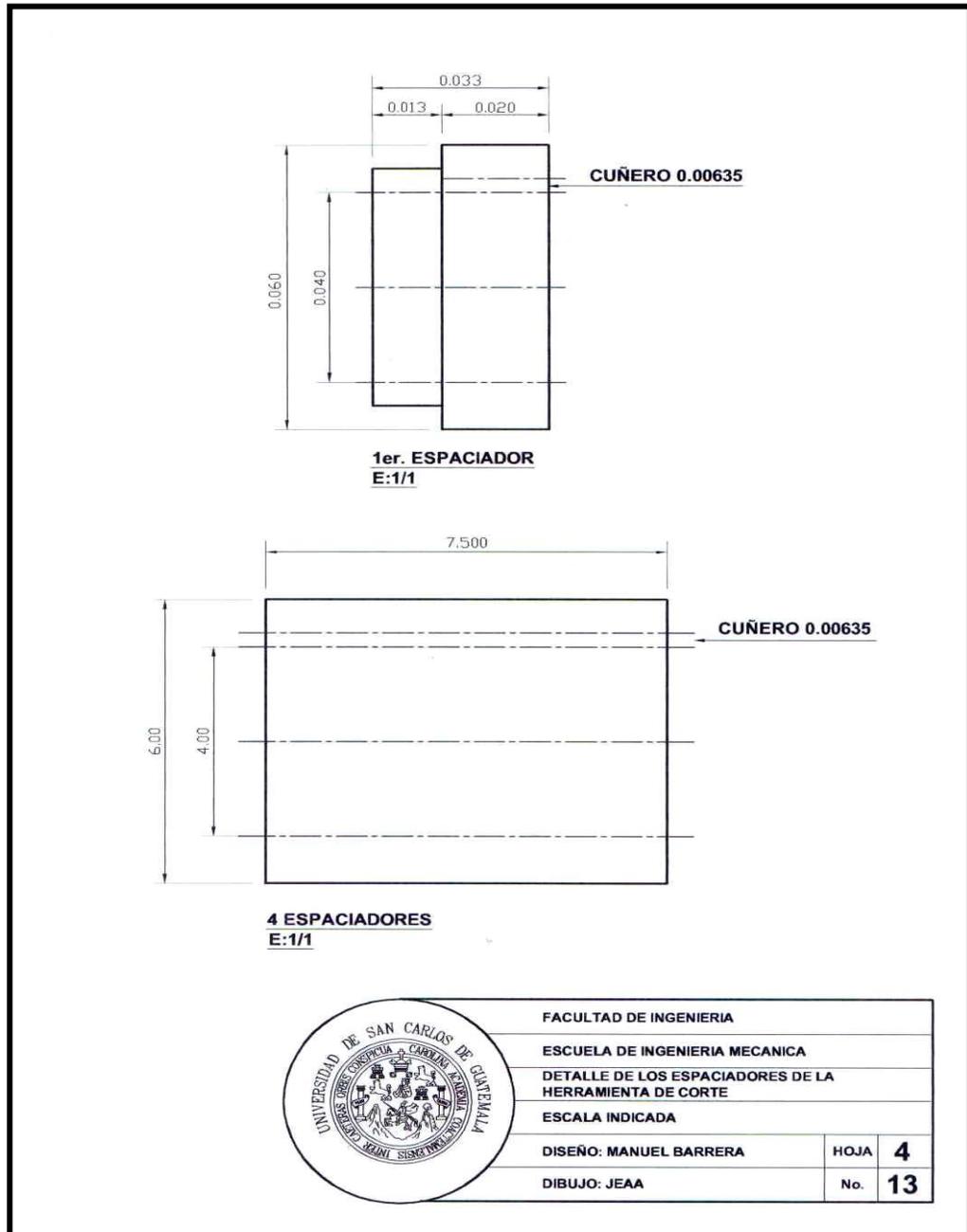


Figura 29. Detalle del último separador y poleas utilizadas en cabezal de corte

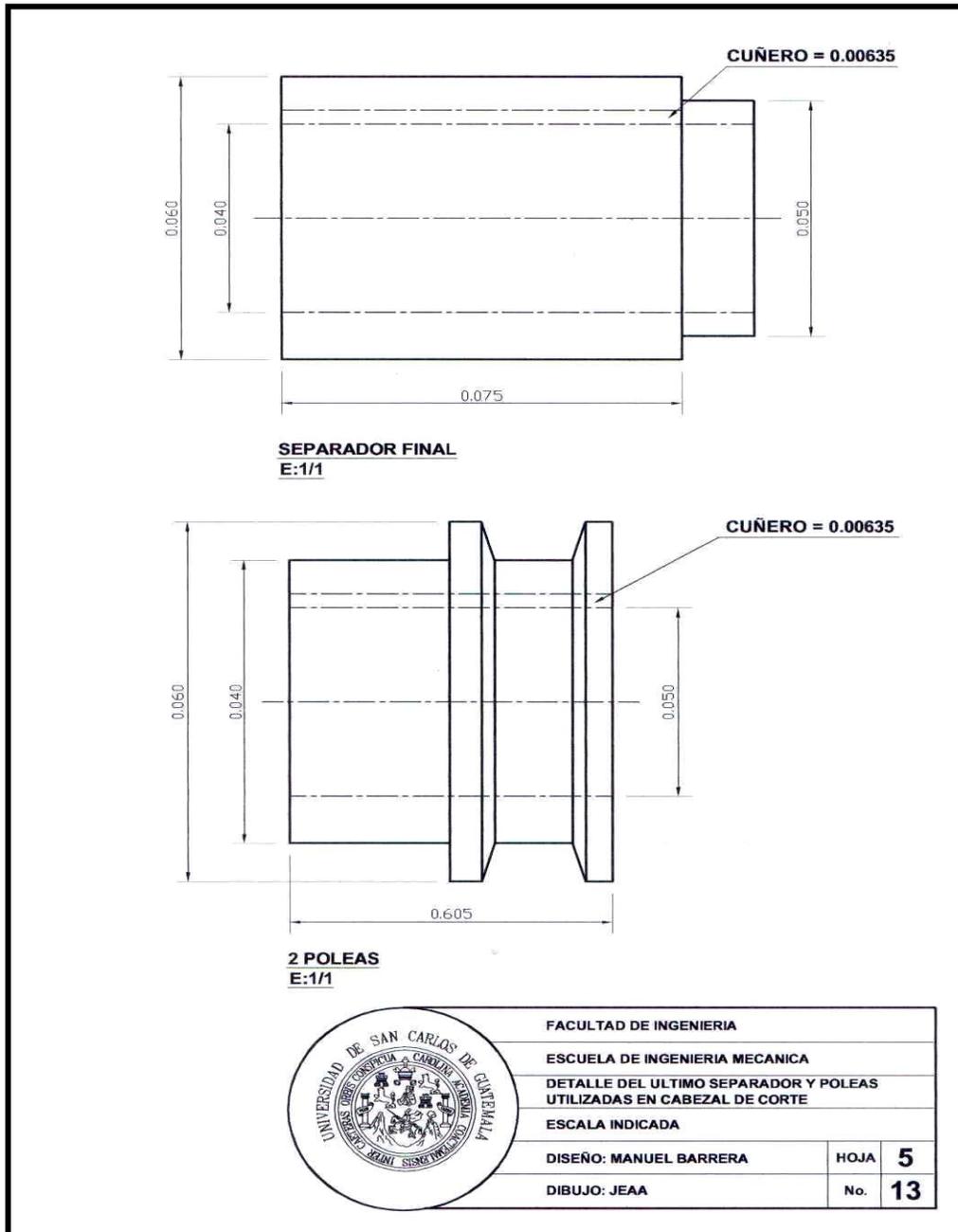


Figura 30. Detalle de los cimientos

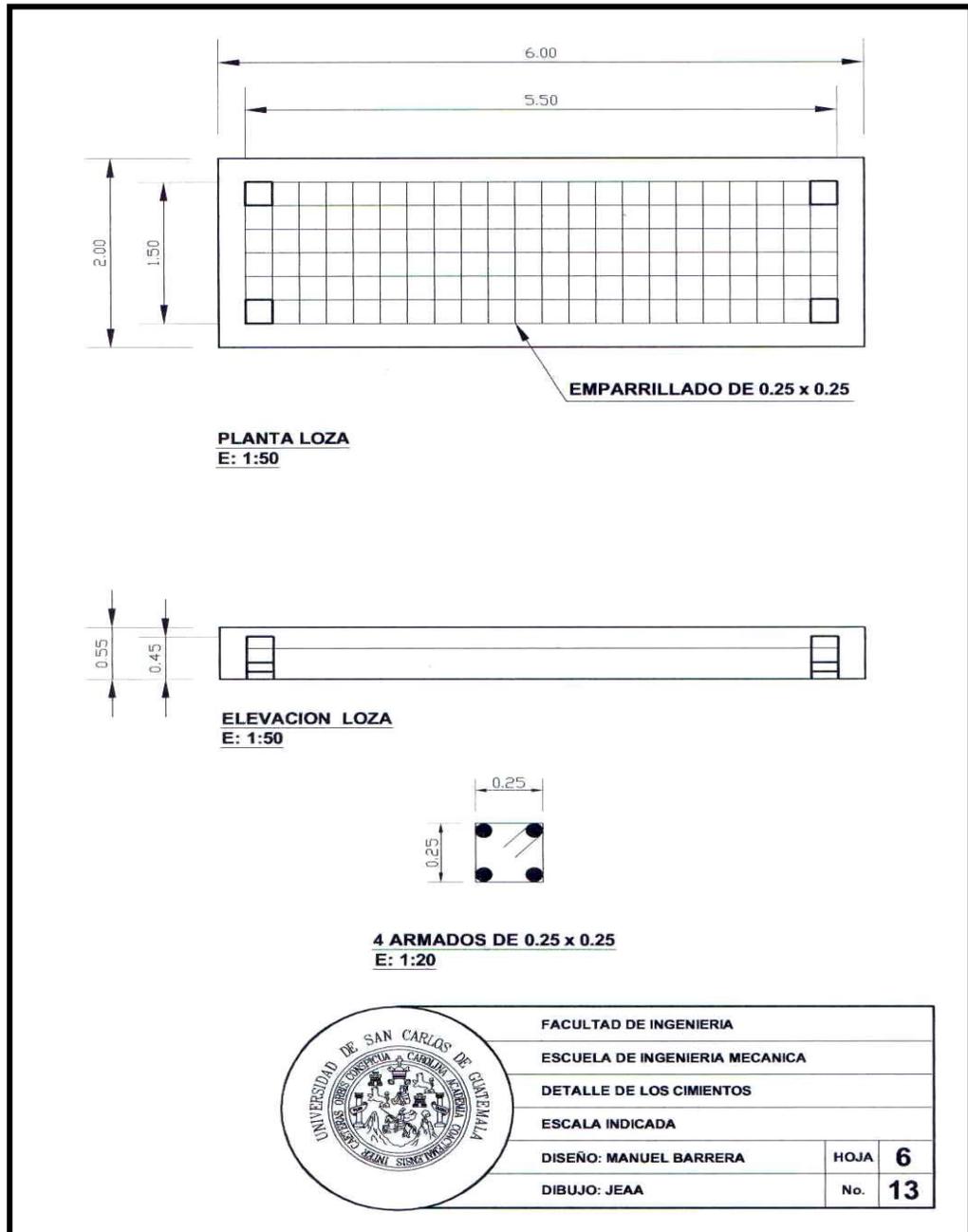
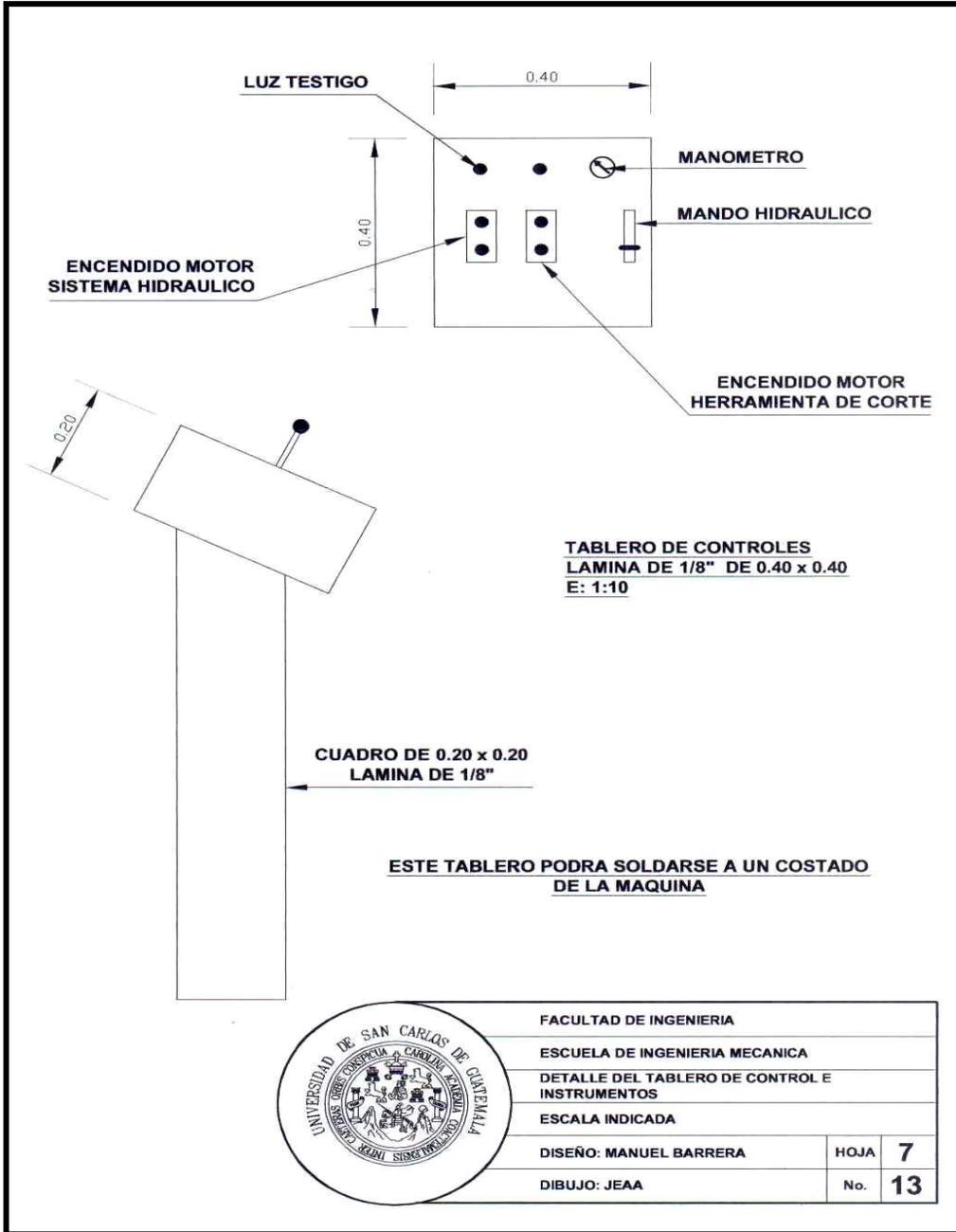


Figura 31. Detalle del tablero de control e instrumentos



**Figura 32. Detalle del depósito de aceite y la cubierta para el motor y bomba**

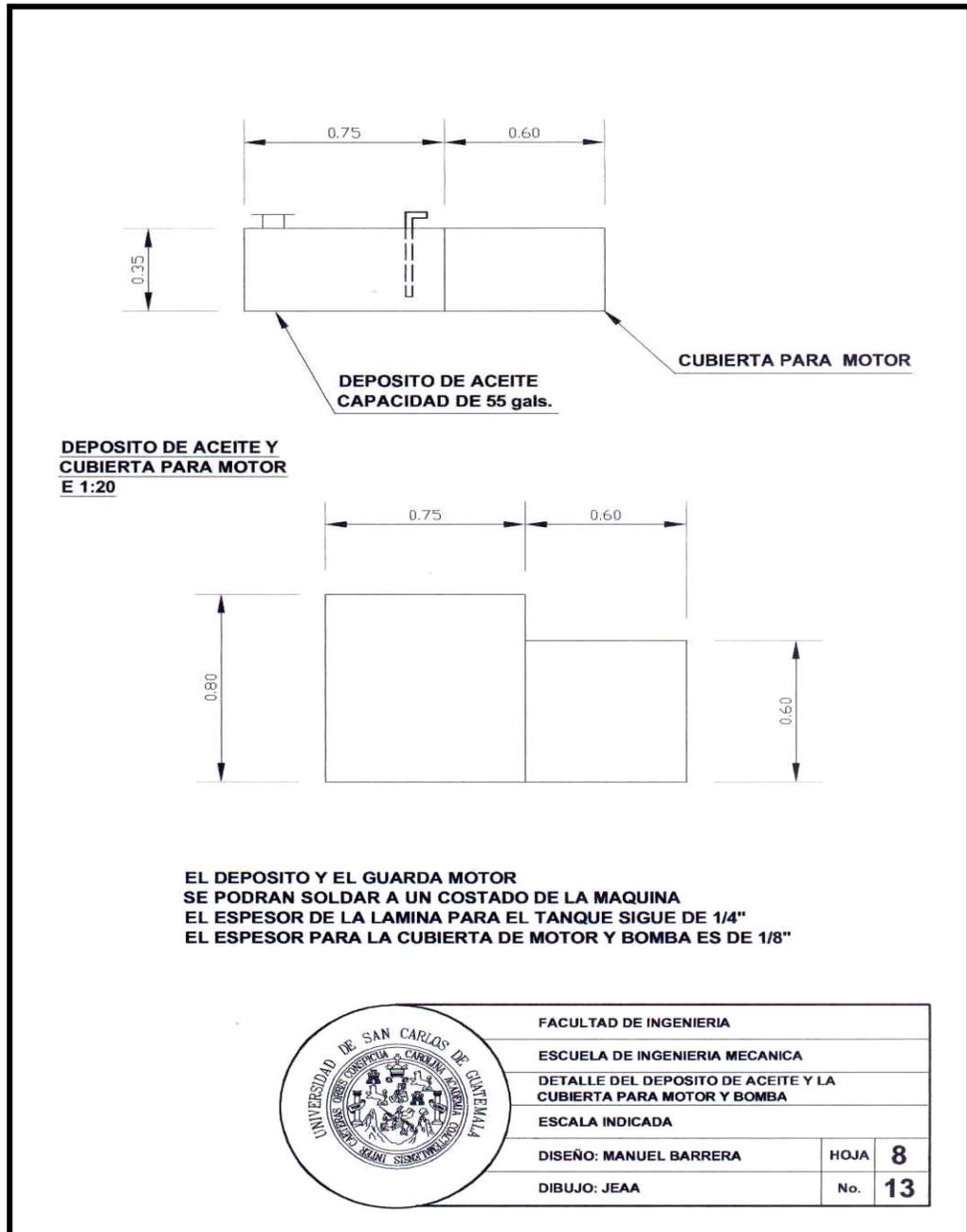
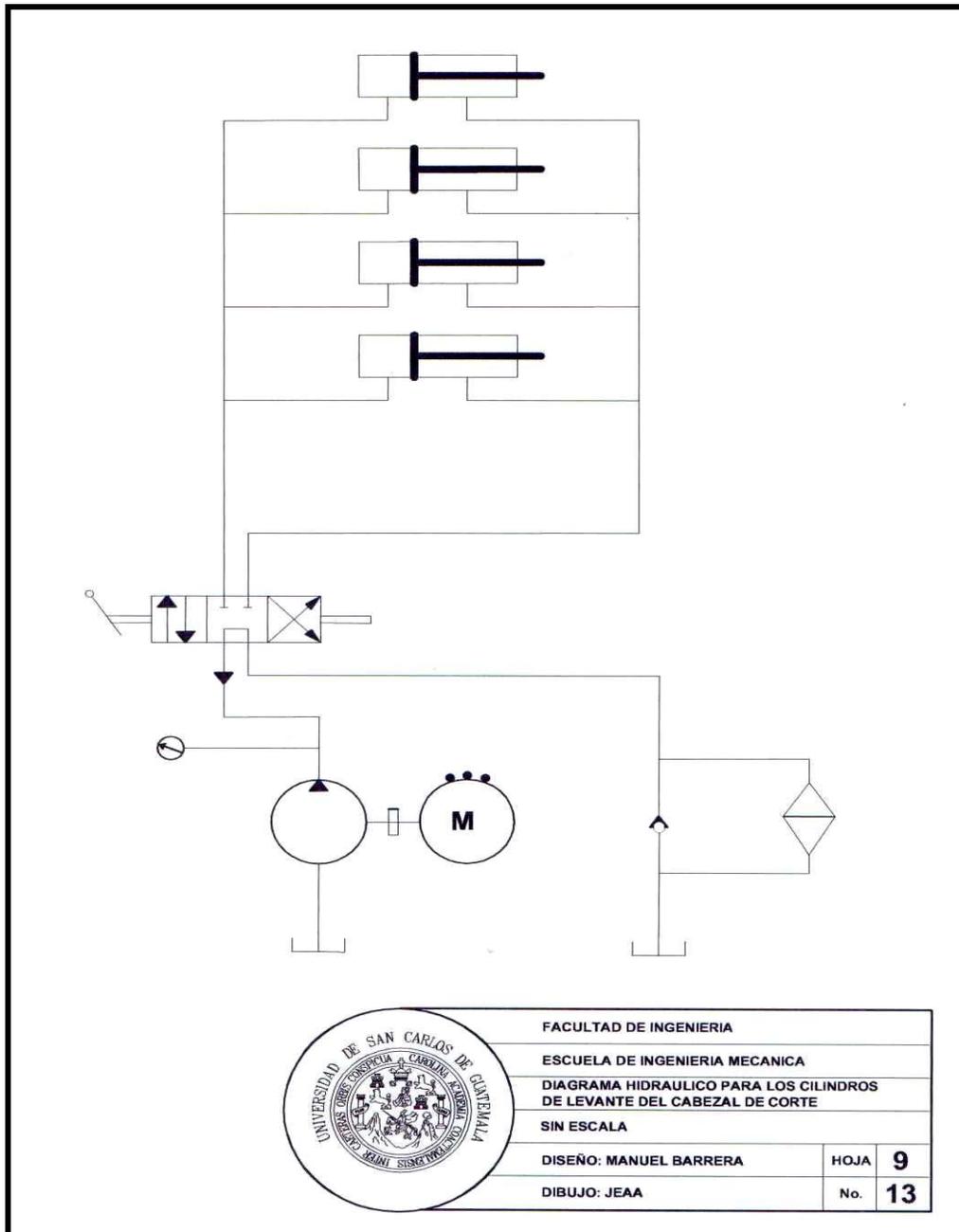


Figura 33. Diagrama hidráulico para los cilindros de levante del cabezal de corte



**Figura 34. Diagrama eléctrico para los sistemas hidráulico y de herramienta de corte**

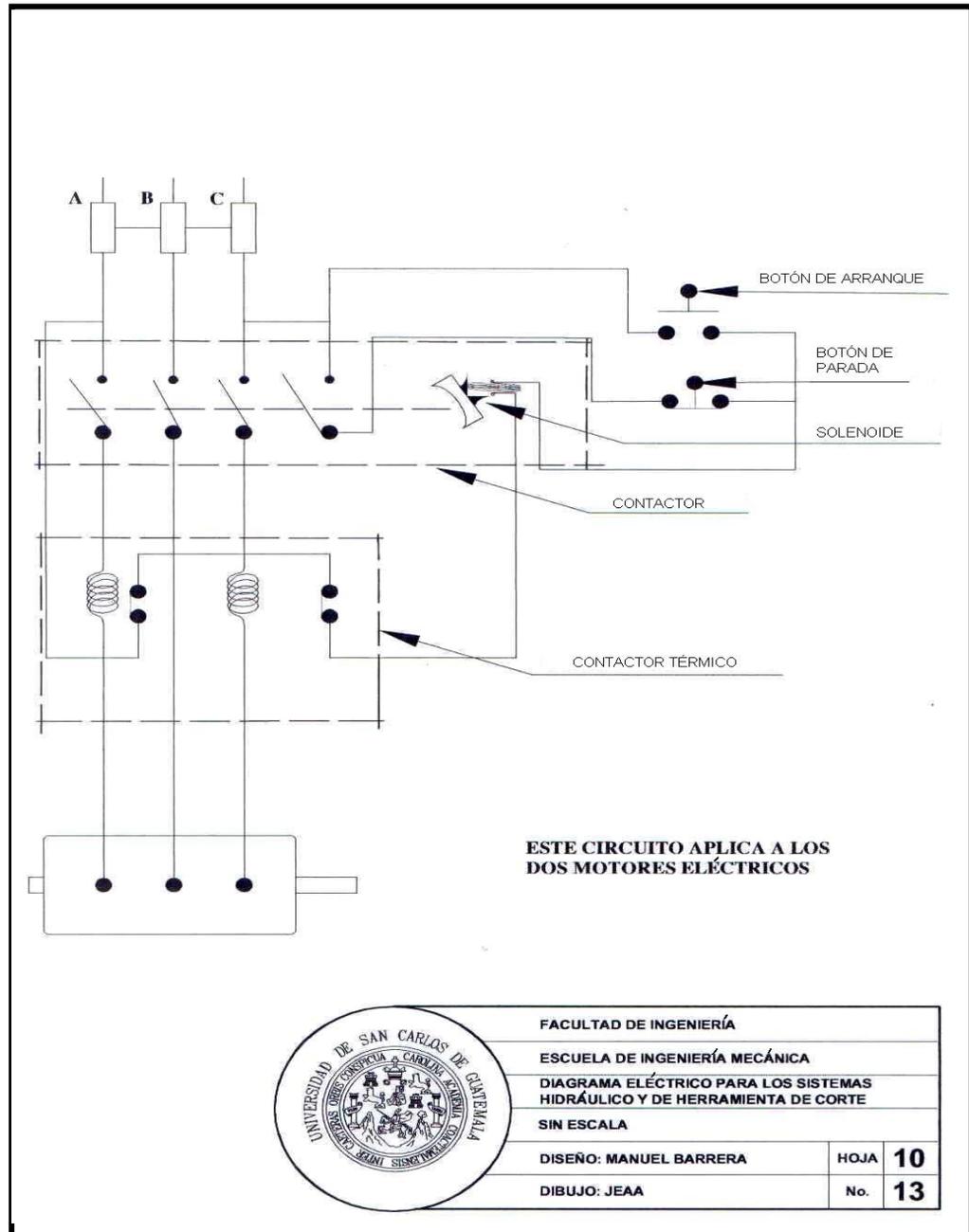




Figura 36. Detalle de las piezas de la estructura de soporte

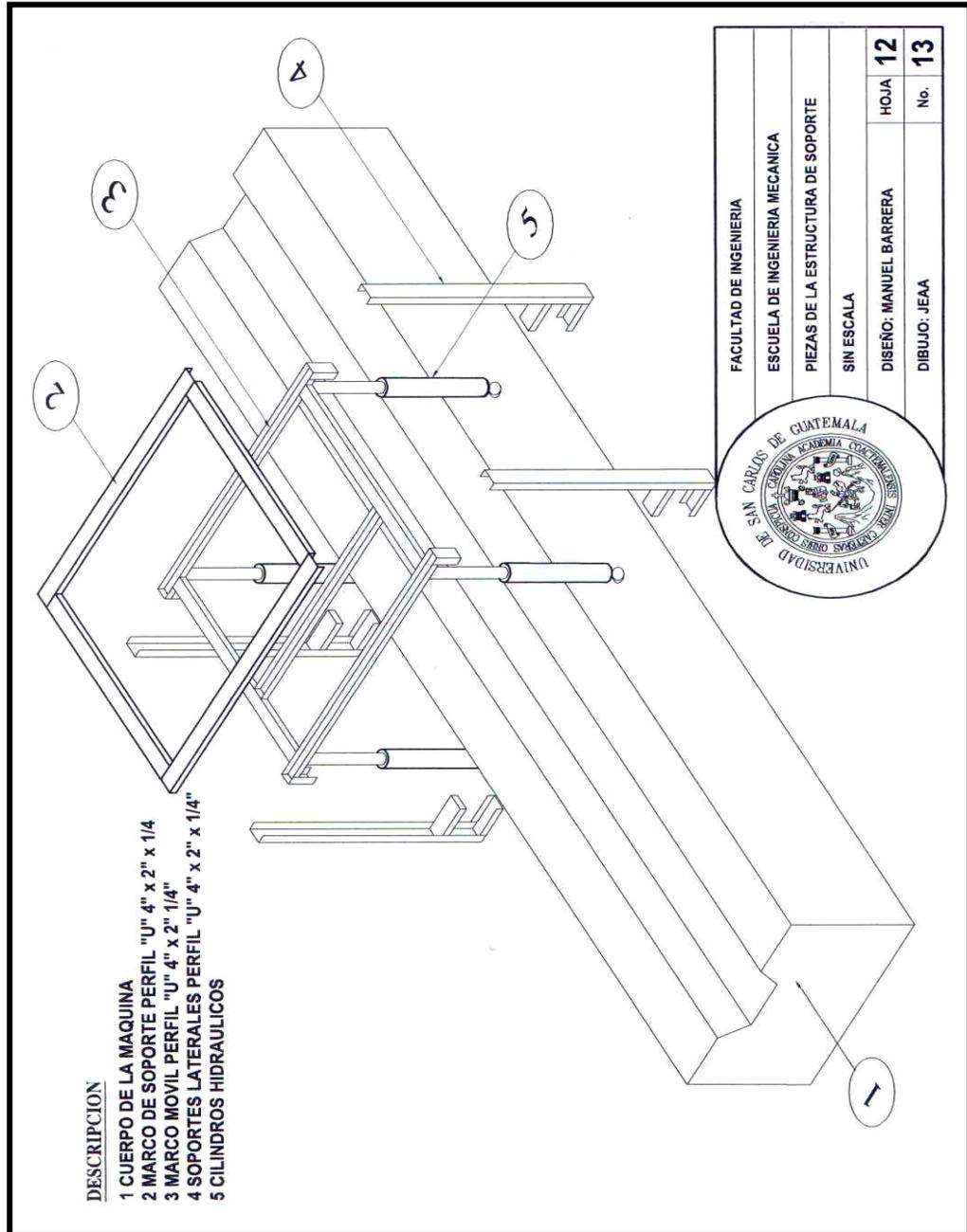
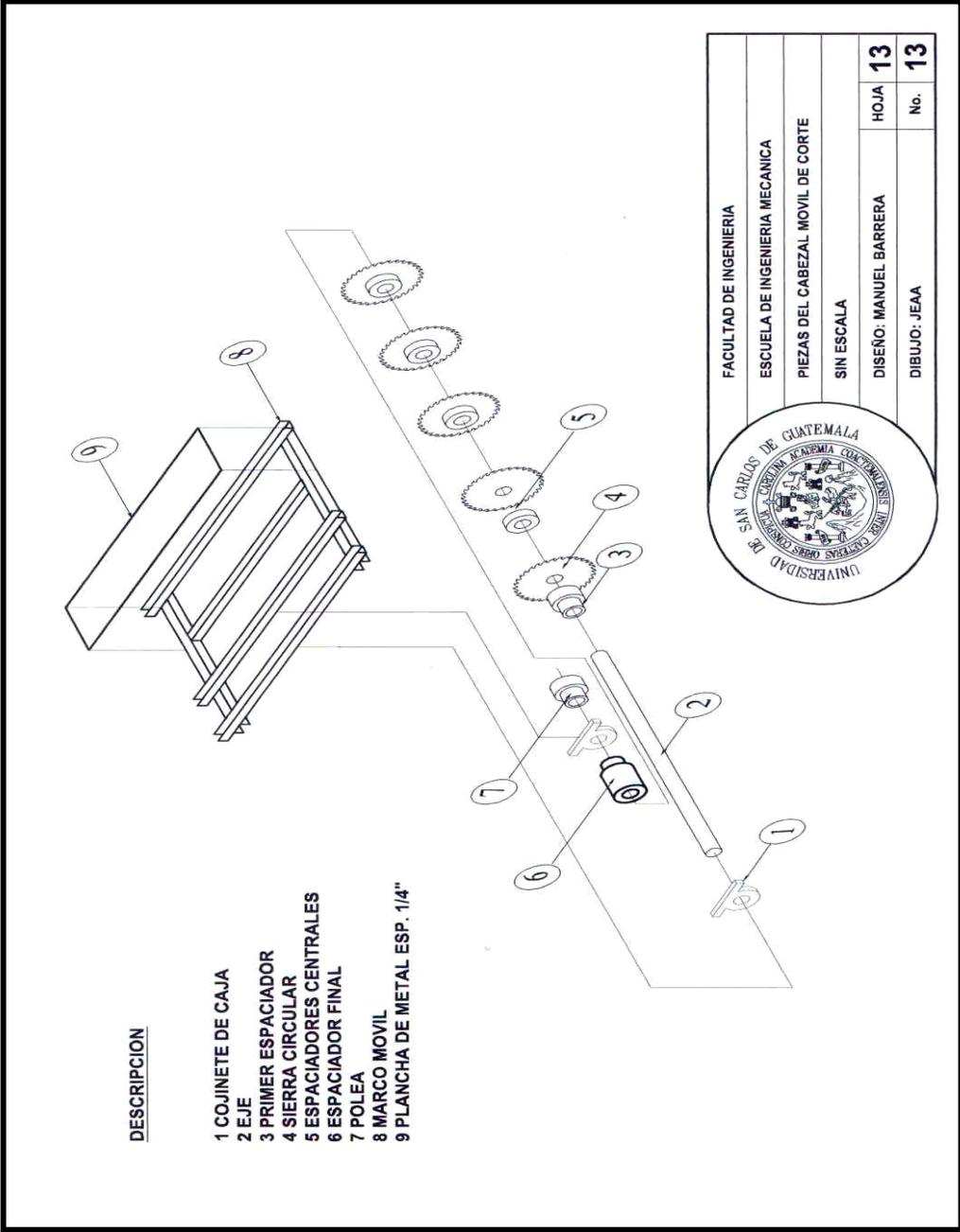


Figura 37. Detalle de las piezas del cabezal móvil de corte



3.10 Requerimientos de materiales para la construcción de la máquina

En la presente sección, se presentarán los requerimientos de los diversos materiales que se necesitarán para la construcción de la máquina ranuradora de tubos.

### **3.10.1 Requerimientos eléctricos**

- 2 *flip-on* marca Cutler-Hammer, *type* FS, 30 Amps, 600 VAC, No. FS360030A.
- 2 contactores marca Cutler-Hammer, 32 Amps, No. CE15FN3 Serie B1.
- 2 juegos de pulsadores para arranque y parada.
- 2 luces testigo de 110 Volts.
- 1 motor de 6 Hp, 220 Volts. trifásico, a 1,800 R.P.M.
- 1 motor de 6 HP, 220 Volts. trifásico, a 2,500 R.P.M., con polea de 3" para faja tipo F.
- Cable No. 4, para la acometida del *flip-on* hacia el tablero de control. Dependerá del lugar de instalación.
- 20 metros de cable No. 6, para la acometida desde el panel de control hacia los motores.
- 3 metros de cable No. 12 para la distribución interna del panel de control.
- 6 metros de tubo *conduit* de 1 ½" con sus codos y accesorios.
- 4 cajas de registro cuadradas.
- 8 rollos de cinta de aislar.
- Terminales, uniones de cable, tornillos rosca ordinaria, etc. de diferentes medidas.

### **3.10.2 Requerimientos mecánicos**

- 2 cojinetes de caja con diámetro interior de 1 ½”.
- 1 barra de *cool roler*, de 1 ½” de diámetro por 25 ½” de largo.
- 3 barras para cuña de ¼”.
- 12 planchas de acero de 4’ x 8’ x ¼”.
- 8 perfiles en U de 4” x 2” x ¼”
- 4 perfiles en U de 3” x 2” x ¼”
- 1 polea de 3” de diámetro exterior para eje de 1 ½” y faja tipo F.
- 5 planchas de lámina negra de 4’ x 8’ x 1/16” para el tablero de control, guarda motor y tanque para el aceite hidráulico.
- 1 barra de *cool roler* de 2 3/8” por 25” de largo.
- 5 sierras circulares de 14” de diámetro y grosor de 3/16” para eje de 1 ½”.
- 1 faja tipo F de 10” de largo.
- 7 tornillos castigadores de ¼”.
- 1 acople mecánico con amortiguador de hule, para motor con eje de 1”.
- 10 tornillos de ½” x 2” rosca ordinaria, con tuerca, roldana y *washa* de presión.
- 4 tubos de proceso de 2” de diámetro exterior, para los soportes de los cilindros.
- 4 roldanas con diámetro interno de 2”.
- 4 seguros tipo pin de 1/8” y 2 ½”, para los soportes de los cilindros.
- 10 libras de electrodo E-6013.
- 1 plancha de lámina negra de 4’ x 8’ x 1/8”, para el soporte del motor.
- 15 centímetros de tubo galvanizado de 3” de diámetro, con rosca y tapón hembra para el tanque del sistema hidráulico.

### **3.10.3 Requerimientos del sistema hidráulico**

- 1 bomba hidráulica, de 6 *HP*, con caudal de 100 cm<sup>3</sup>/rev constantes, 155 kg/cm<sup>2</sup> a 1,800 R.P.M., eje de 1".
- 4 cilindros hidráulicos de 4" de diámetro x 30" de largo, con vástago de 36", de doble efecto.
- 1 mando con válvula de 3 posiciones y 4 vías y accionamiento por palanca manual.
- 2 válvulas antiretorno.
- 1 filtro para sistemas hidráulicos.
- 1 manómetro con escala de 0 a 180 kg/cm<sup>2</sup> con su adaptador para conectarlo a la tubería principal.
- 4 mangueras hidráulicas de 1 metro cada una por ½" de diámetro, con clasificación para 2,500 psi con sus *niples* para los primeros dos cilindros frontales.
- 2 mangueras hidráulicas de 2.50 metros cada una por ½" de diámetro, con clasificación para 2,500 *psi* con sus *niples*, para el circuito principal.
- 4 mangueras hidráulicas de 3.50 metros cada una por ½" de diámetro, con clasificación para 2,500 psi con sus *niples* para los dos cilindros posteriores.
- 4 te para derivación del circuito hacia delante y retorno.
- 2 mangueras de 2.50 metros cada una por ½" de diámetro, con clasificación para 2,500 psi con sus *niples* para el flujo de la bomba y el retorno hacia el tanque.
- 1 manguera de 1 metro para la toma de aceite del tanque hacia la bomba con sus *niples* y de ½" de diámetro.
- 55 galones de aceite SAE 30.



## **4. GUÍA PARA MANTENIMIENTO**

La lubricación, es la modificación de las características de fricción. Con ello, se logra la reducción de los daños por desgaste, en la superficie de dos sólidos que se mueven en entre sí. Cualquier cosa que se introduzca entre ellos, puede ser o no un lubricante. En este capítulo se tratará el tema de la lubricación y mantenimiento de la máquina ranuradora de tubos. El tema de los aceites ya se trató en el capítulo tres, y acá se hará referencia a las grasas, que son las que interesan para los cojinetes.

### **4.1 Tipos de lubricantes**

Las sustancias de uso frecuente, son los aceites y grasas. Pueden haber otras sustancias que funcionen como tales ya sean naturales o fabricadas sintéticamente. El lubricante, desempeña con frecuencia las funciones de ser un medio de transmisión de calor, un protector contra la herrumbre y la corrosión, sellador y para arrastrar o suspender los contaminantes.

Una aplicación en particular, determina la selección del lubricante. Los lubricantes se fabrican y modifican a fin de que tengan ciertas características que satisfagan esos requerimientos particulares. Los lubricantes dan como resultado un rendimiento satisfactorio del equipo. Además, los fabricantes que proveen los lubricantes, dan las recomendaciones para que éstos se elijan de una manera correcta y apta para el mecanismo del equipo.

### 4.1.2 Lubricantes líquidos

Aunque existen muchos líquidos que se pueden utilizar como lubricantes, los más usados son los hechos a base de petróleo. También están los que tienen una fracción de petróleo en una base sintética. Sin embargo, los primeros son los de uso más extenso debido a su adaptabilidad a muchas condiciones y procesos y por su costo relativamente moderado.

Cada líquido, tiene sus propias características físicas y químicas que lo hacen adecuado a ciertas circunstancias. Estas propiedades físicas, pueden ser:

**Viscosidad:** Es la capacidad de un líquido a fluir. Esta puede ser medida en Segundos Saybolt Universales y la ASTM y la SAE han realizado pruebas para la clasificación de los aceites a base de petróleo.

**Compresibilidad:** Esta es la característica que se requiere para los aceites hidráulicos. Esta se expresa como porcentaje de reducción de volumen a una presión dada o como la relación entre los volúmenes comprimido y sin comprimir.

**Puntos de fluidez:** Los aceites por lo general cuando se enfrían se vuelven sólidos. Esta característica se refiere a la mínima temperatura a la cual el aceite es todavía líquido.

**Puntos de inflamación:** El punto de inflamación de un aceite es la temperatura a la cual se desprenden vapores inflamables.

**Punto de combustión:** Es la temperatura a la cual los vapores se inflaman y sostienen una combustión continua.

**Punto de emulsión:** Es la capacidad de un aceite para medir la capacidad del mismo a separarse del agua. Esta propiedad es de suma importancia cuando se utiliza en turbinas.

**Punto de oxidación:** Se refiere a la capacidad del aceite a descomponerse en presencia de oxígeno. Esto puede ocasionar que la viscosidad se incremente, formación de ácidos, residuos de carbón en suspensión, lodos y asfaltos.

**Antiespumante:** Es la característica de los aceites a la formación de espumas. Solo se requiere de un inhibidor para desintegrar la formación de espuma en el depósito.

**Oleosidad:** Es la propiedad de los lubricantes para adherirse a la superficie. Para lograr esto, los aditivos pueden contener en mínima cantidad de aceites vegetales.

**Extrema presión:** Es la característica de los aceites para resistir la presión generada en los dientes de los engranajes sin que se salga el lubricante de en medio.

En caso del presente trabajo, los aceites que interesan son del tipo hidráulico, ya que la máquina contiene cilindros de levante accionados mediante este tipo de fluido. Es de hacer notar que este mismo líquido, sirve de lubricante para la bomba y los émbolos de los cilindros. Además, tienen la capacidad de transmitir presiones y ejercer grandes fuerzas en los sistemas hidráulicos.

### 4.1.3 Grasas

Las grasas, son los lubricantes en estado sólido que se utilizan en piezas que funcionan por lo general a bajas velocidades. Estas, constan de un espesador, un lubricante líquido (aceite por lo general) y aditivos que le imparten características especiales.

Entre los espesadores comunes tenemos los jabones, que pueden ser de varios materiales como el calcio, litio, molibdeno, sodio, a los cuales se les añaden arcillas y pigmentos. Los jabones provienen de la mezcla de un material graso derivados de fuentes animales o vegetales con un álcali que puede ser hidróxido de aluminio, de sodio, de calcio o de litio. A la reacción química se le denomina saponificación. Como consecuencia se produce agua, alcoholes o glicerina como productos secundarios. Hay disponible una gran variedad de grasas y álcalis, lo que produce una amplia selección de jabones.

Los lubricantes líquidos son por lo general aceites derivados del petróleo. Están incluidos muchos líquidos que contienen esteres sintéticos y siliconas. Además, se le pueden agregar otros materiales para impartirle ciertas propiedades a las grasas como estabilidad a la oxidación, adherencia, extrema presión, solubilidad en el agua, inhibidores para la herrumbre.

Al igual que con los aceites, la ASTM y la SAE han hecho pruebas para clasificar a las grasas, de acuerdo a sus propiedades físicas. Éstas pueden ser:

**Punto de goteo:** Se refiere a la temperatura a la cual, la grasa pasa de sólido a líquido. Por lo general, las grasas con jabones de calcio, tienen puntos de fusión alrededor de los 93° C; las grasas con jabones de sodio y de litio a los 149° C; las grasas espesadas con arcilla o caolín a los 260° C.

**Consistencia de la grasa:** Esta es la particularidad de la grasa que no se ha trabajado, la cual está con relación al jabón utilizado. También la consistencia tiene que ver con la forma de fabricación del jabón, el contenido final de agua, la rapidez de enfriamiento y el constituyente metálico del jabón.

**Textura de la grasa:** La textura de la grasa se refiere a su estructura, tal como tersa, fibrosa, esponjosa o de caucho. Generalmente, las grasas a base de calcio son tersas o lisas, las de jabón de sodio son fibrosas, las de jabón de litio son tersas y similares a la mantequilla y las de jabón de aluminio son correosas o de textura como el caucho.

**Número de la grasa:** Las grasas que recaen dentro de ciertas lecturas de consistencia se clasifican, de acuerdo con los números del *National Lubricating Grease Institute (NLGI)*, los cuales se presentan en la tabla X.

**Solubilidad en el agua:** Esta propiedad de la grasa, permite el uso en ambientes con excesiva humedad. De ello depende la clase de jabón utilizado. Tenemos que los jabones de litio y sodio son más resistentes al agua que los jabones de calcio.

Los métodos de análisis de la ASTM permiten la determinación de los constituyentes de las grasas y que puedan ser especificados. Así, dos grasas que arrojen los mismos resultados, pueden tener grandes diferencias en su comportamiento como lubricante.

La importancia de las grasas en el diseño de la máquina ranuradora de tubos está en que los cojinetes, ya sea de bolas o rodillos, normalmente, vienen lubricados con grasa. Algunos de ellos son del tipo sellado, es decir tienen lubricación permanente y se reemplazan al momento de llegar a su vida útil.

**Tabla X. Números de las grasas y su textura.**

No. de Consistencia	Apariencia	Penetración en trabajo (mm)
000	Semi fluida	445 - 475
00	Semi fluida	400 - 430
0	Semi fluida	355 - 385
1	Blanda	310 - 340
2	Dureza mediana	265 - 295
3	Dureza mediana	220 - 250
4	Dura	175 - 205
5	Muy dura	130 -160
6	Tipo bloque	85 - 115

**Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico**

## 4.2 Tipos de lubricación

En todo mecanismo, el ingeniero proyecta que éste funcione con una película de lubricante entre dos piezas móviles de manera que separe las superficies. A esto, se le conoce como lubricación hidrodinámica. Esta ocurre cuando las presiones desarrolladas en una película convergente de líquido, son suficientes para soportar la carga sobre las piezas que se mueven entre sí. Para que exista este fenómeno, tiene que haber una combinación de velocidad, carga y viscosidad del lubricante. El aumento de velocidad o en la viscosidad produce una película más gruesa. Mientras que si se aumenta la carga, la película disminuye.

Existen muchos métodos positivos de aplicación de los productos para asegurar una buena lubricación. Los sistemas de baño y de circulación pueden ser automáticos para tener lubricación continua, pero requieren de bombas para su funcionamiento. Existen lubricantes de nivel constante, aceitadores de botella, aceitadores de alimentación por gravedad, alimentadores con mirillas múltiples de vidrio, graseras, sistemas de lubricación central o por nebulización. La selección del sistema de lubricación es tan importante como escoger el lubricante adecuado a las necesidades. Pasando al diseño de la máquina ranuradora de tubos, ésta, tendrá dos graseras instaladas en los cojinetes que soportan el eje con la herramienta de corte. Estos serán los que requerirán de lubricación constante y vigilancia, ya que son las piezas de mayor trabajo y carga dentro del sistema. La grasa recomendada por el fabricante de estos cojinetes es la NGLI No. 3, pudiendo contener grafito o molibdeno para mejorar sus propiedades de lubricante. Para los cojinetes de los motores eléctricos, está recomendada una grasa de grado NGLI No. 1 ó 2.

Aunque la tendencia de los cojinetes de motores y generadores eléctricos es que son del tipo sellado (lubricación permanente). Estos normalmente tienen una vida útil dada por el fabricante, a la cual se reemplazan cuando ésta ya finalizó.

Por otro lado, se tienen los sistemas de filtrado del lubricante. Este es un dispositivo importante ya que es el encargado de recoger los sólidos en suspensión dentro del lubricante. Además, no permite que entre aceite sucio al sistema por lubricar. Para el presente diseño, se ha considerado un sistema de filtrado para el aceite hidráulico, ya que cualquier contaminante puede dañar seriamente la bomba o los cilindros de levante. El aceite recomendado para este sistema es el ISO 36 de la fábrica CATERPILLAR, o su equivalente SAE 30 de TEXACO.

#### **4.3 Puntos de lubricación de la máquina ranuradora**

La máquina ranuradora de tubos, cuenta únicamente con dos cojinetes que soportan al eje de la herramienta de corte. Esto se puede apreciar en la sección de planos del capítulo tres. Básicamente, son los dos puntos únicos a lubricar. Esta lubricación se hará de una forma periódica, utilizando para ello una engrasadora manual. Estos cojinetes con caja, ya cuentan con una grasera para tal propósito. En cuanto a los cojinetes de los motores como ya se dijo, son del tipo sellado y por lo tanto no requieren de lubricación. En la tabla XI, se indicarán los puntos de mantenimiento y se darán los intervalos para realizar dicha tarea.

En cuanto al sistema hidráulico, se tendrá que revisar el nivel únicamente. Siendo éste un sistema cerrado, no debería haber consumo de aceite.

El mantenimiento de este sistema será el reemplazo del filtro, en los intervalos que se darán en la siguiente sección. Esto, es de suma importancia ya que es inevitable del todo, el desgaste de las piezas, y además si la máquina está trabajando en un ambiente muy sucio o contaminado, el aceite hidráulico se ensucia o contamina antes del período de cambio.

Es recomendable, además, que los aceites y grasas se guarden dentro de la bodega, bien identificados para cada uso y sistema de lubricación y que estén en un lugar limpio. En muchas ocasiones los recipientes que contienen los lubricantes se encuentran tirados en el piso cerca de la máquina. Esto podría ocasionar que los lubricantes se contaminen con tierra u otros sólidos, dañando los sistemas al momento de ser depositados dentro de los mismos. En las grandes empresas que cuentan con mucha maquinaria, se les suele poner una tarjeta, conteniendo la máquina a la cual está destinado el lubricante, los intervalos de lubricación, los puntos de lubricación y el método de aplicación del mismo.

#### **4.4 Tabla de puntos de mantenimiento con sus intervalos**

En la sección anterior, se han descrito de los puntos únicos de mantenimiento. Estos son los cojinetes que soportan el eje con la herramienta de corte. Estos son los que requieren de más cuidado ya que son los que están sometidos a mayor trabajo.

Para brindar un cuidado a la máquina ranuradora en general, se ha dispuesto hacer mantenimientos cada cincuenta horas de uso. Éstos, serán mantenimientos de rutina y chequeo, aunque se han previsto mantenimientos mayores cada cien horas de trabajo.

El aceite hidráulico, según datos del fabricante, se cambia a las quinientas horas, su filtro cada doscientas cincuenta horas. Para tener una visión clara sobre el mantenimiento de la máquina ranuradora, se ha diseñado la tabla XI, en donde se visualiza el mantenimiento preventivo de este trabajo.

**Tabla XI. Intervalos de mantenimiento de la máquina ranuradora**

DESCRIPCION DE LA TAREA	INTERVALO DE MANTENIMIENTO				
	50 HRS.	100 HRS.	250 HRS.	500 HRS.	1500 HRS.
Lubricación de los cojinetes	X	X	X	X	
Cambio de cojinetes					X
Revisión de la Faja	X	X			
Cambio de faja			X	X	X
Nivelar aceite hidráulico	X	X	X		
Cambio de aceite hidráulico				X	X
Cambio del filtro del aceite hidráulico			X	X	X
Chequeo de fugas en los cilindros				X	X
Cambio de sellos en los cilindros					X
Chequeo de los motores	X	X	X		
Destape de los motores para limpieza				X	X
Chequeo o cambio de cojinetes de los motores					X
Chequeo o cambio de los carbones					X
Chequeo de la herramienta de corte	X	X	X	X	
Cambio de la herramienta de corte					X
Chequeo del eje del cabezal de corte				X	X

## CONCLUSIONES

1. Para producir una rejilla que no se vea afectada en sus propiedades mecánicas, se debe de optar por un método de corte que sea por medio de un sistema de desbaste de metal.
2. El método de corte presentado en este trabajo de graduación, cumple con el objetivo de producir ranuras limpias sin alterar el metal.
3. El diseño presentado en este trabajo, cumple con el objetivo de producir rejillas utilizando los recursos existentes en nuestro país.
4. Este estudio es una alternativa viable para la fabricación de rejillas en la industria de perforación de pozos para extracción de agua.
5. Este diseño, cumple con el objetivo de producir rejillas de una manera más rápida y simple, al hacer varias ranuras a la vez.



## RECOMENDACIONES

1. Si se desea fabricar las rejillas para entubado de pozos para extracción de agua, es conveniente utilizar siempre un cortador de metal, ya que el equipo de oxiacetileno, daña las propiedades del metal del tubo.
2. Siempre que se fabriquen rejillas, es necesario hacer un trazado de las ranuras, para tener una idea exacta en dónde realizar los cortes.
3. Es importante cambiar los cortadores de metal, cuando éstos presentan algún desgaste, ya que podrían romperse y causar algún accidente o ser inútiles para el proceso de ranurado.
4. Si se fabrican las rejillas, no se debe utilizar cortadores que tengan más de  $\frac{1}{4}$ " ya que podría ingresar materiales gruesos al pozo y hacer difícil su posterior limpieza y desarrollo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1

Richard Kibbe, Sierras y seguetas para corte de metales, **Prácticas de taller de máquinas herramienta**. 1:317. 1987.

2

José Roldán, **Neumática, hidráulica y electricidad aplicada**. (2ª. ed. España: Editorial Paraninfo, 1991). pp. 129.

3

Ibid., pp. 133

4

“Aceros finos de construcción”. **Manual de mecánica industrial**. 1:69. 1,999.

5

Catálogo de tubería Laguna. México, 2000. pp. 84.

6

Theodore Baumeister, “Instrumentos”, Citado por Robert Corry, **Manual del ingeniero mecánico**. 16 (1):4. 1,988.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALTING, Leo. **Procesos para la ingeniería de manufactura**. México: Ediciones Alfaomega, 1,990.
2. BAUMEISTER, Theodore. et. al. Marks: **Manual del ingeniero mecánico**. 8ª. ed. México: Mc. Graw Hill, 1,988.
3. BEGEMAN, Myrón. **Procesos de manufacturas**. 4ª. ed. México: Cía. Editorial Continental, 1,960.
4. CAMBEFORT, Henri. **Operaciones y sondeos**. España: Ediciones Omega, 1,962.
5. GERE, James et. al. **Mecánica de materiales**. 2ª. ed. México: Grupo Editorial Iberoamericana, 1,984.
6. HUDSON, Ralph. **Manual del ingeniero**. 4ª. ed. México: Editorial Limusa, 1,983.
7. KIBBE, Richard et. al. **Prácticas de taller de máquinas herramienta**. México: Talleres de Programas Educativos, 1,987.
8. LUNA, Leopold et. al. **El agua**. México: Editorial TIME LIFE, 1,973.
9. **Manual de mecánica industrial**. España: Ediciones Cultural, 1,999.
10. **Mecánica del taller**. 4ª. ed. España: Editorial Cultural, 1,994.
11. MERRIT, Frederick. **Enciclopedia de la construcción: arquitectura e ingeniería**. España: Grupo Editorial Océano, 1,990.
12. ROLDAN, José. **Neumática, hidráulica y electricidad aplicada**. 2ª. ed. España: Editorial Paraninfo, 1,991.
13. SCHIMPKE, Paul. **Tratado general de soldadura**. 8ª. ed. México: Ediciones Gustavo Gilli, 1,985.

14. ULRIC, Gibson. **Manual de los pozos pequeños.** México: Publicidad Artística Litográfica, 1,971.
15. WARLAND, E. G. **Construcción moderna.** España: Editorial Gustavo Gilli, 1,947.

Este disco fue comprimido con DriveSpace 3, el cual requiere Windows 95.

Para usar este disco, debe montarlo primero. Para montarlo:

1. Ejecute DriveSpace seleccionando Ejecutar en el menú Inicio de Windows, y escribiendo DRVSPACE.
2. En DriveSpace, haga clic en la unidad que contiene el disco, haga clic en el menú Avanzadas y después en Montar.

(Si este archivo está en una unidad distinta de la unidad física que contiene el disco, la unidad comprimida ya está montada).

Para montar automáticamente todas las unidades comprimidas disponibles, haga clic en el menú Avanzadas, luego en "Configuraciones", y marque el cuadro "Montar automáticamente nuevas unidades comprimidas".

**IMPORTANTE:** Para montar y utilizar este disco comprimido, debe estar ejecutando Windows 95 y DriveSpace 3.