

La bomba de mecate

El desafío de la tecnología popular

232.2 9180

INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNAL WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

Bernard van Hemert
Osmundo Solís Orozco
Jan Haemhouts
Orlando Amador Galíz

232.2-9831


inaa

dar 

Región Va

Asesoría, impresión y distribución:

Editorial enlace

Primera edición en Español: diciembre 1991

1,500 ejemplares

La producción de este libro fue posible gracias al financiamiento del Servicio Holandés de Cooperación Técnica y Social (SNV).

Cualquier parte de este libro se puede copiar, reproducir o adaptar para que sea más útil en su trabajo, sin pedir permiso a los autores con la condición de que las partes usadas se distribuyan gratuitamente o al costo y sin fines de lucro, nombrando la fuente. Para cualquier uso con fines comerciales, es necesario un permiso por escrito de parte de los autores.

Les agradecemos mucho que nos manden un ejemplar de cualquier material en el cual se haya usado parte de este libro, a la siguiente dirección:

DAR-Región V^a

A.P. 24

Juigalpa

Nicaragua

La bomba de mecate*

El desafío de la tecnología popular

En la producción de este libro participaron:

Bernard van Hemert,
Osmundo Solís Orozco,
Jan Haemhouts,
Orlando Amador Galiz,

y todos los que aportaron informaciones, sugerencias, críticas, correcciones y fotos.

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 93190, 2509 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

ISBN
RN: 9831
LO: 232.2 91B0

* La misma bomba es conocida en otros países bajo el nombre de: 'Bomba de laso' (Guatemala); bomba sogá (Perú); bomba de cuerda.

El desarrollo y la promoción de la bomba de mecate en Nicaragua ha sido un proceso de muchos años, al que han contribuido varias organizaciones y muchas personas. El conjunto de estos esfuerzos ha hecho que la bomba de mecate sea lo que es hoy en día.

Aunque me tocó a mí recopilar todas las experiencias y reflejarlas en este libro, no pretendo en ningún momento ser el 'autor' de la bomba, al contrario...

Dedico entonces este libro a todos aquellos que contribuyeron y siguen contribuyendo en su propia manera y en el anonimato:

a los niños que tratan a la bomba como su juguete y así la someten a excelentes pruebas de fuerza;

a las madres como principales usuarias que comentan, critican y sugieren desde la práctica diaria;

a los aparejadores e innovadores hábiles que continuamente cambian componentes y añaden accesorios a su propia bomba;

a los promotores e instaladores que desde una práctica sumamente amplia comparten todas las 'mañas' de la instalación en cualquier tipo de pozo;

y finalmente a los técnicos, estudiantes e ingenieros que con sus cálculos, modelos y diseños ayudan a entender mejor la lógica de esta tecnología.

Espero que este libro sea un paso más en el proceso de desarrollo y promoción de esta fabulosa tecnología popular que es la bomba de mecate.

Juigalpa, 25 de November de 1991
Bernard van Hemert

Resumen

La iniciativa de muchas personas e instituciones a lo largo de los últimos 8 años han permitido el desarrollo y la divulgación de la bomba de mecate en Nicaragua bajo diferentes conceptos, diseños y metodologías. El desarrollo se ha dirigido principalmente al suministro de agua potable desde pozos excavados a mano con profundidades de 5 a 30 metros.

En cuanto al desarrollo y la implementación de la bombas, se ha guiado por conceptos de la llamada 'tecnología apropiada':

- toda actividad de implementación parte de una necesidad sentida por los beneficiados;
- para impactar en la salud se considera más importante garantizar grandes cantidades de agua en una forma descentralizada que cantidades relativamente pequeñas en pozos centralizados, aunque esto pueda incidir negativamente en el control de calidad de agua;
- auto-suficiencia en materiales y conocimientos tanto a nivel nacional como a nivel del usuario donde sea posible;
- cierto control social sobre la bomba es imprescindible, pero esto no se considera una limitación; más bien garantiza el interés y cuidado de las usuarias;
- operación y mantenimiento a nivel de poblado (BOMPO);
- una producción local donde sea posible; siendo lo mínimo una producción a nivel nacional;
- una profunda transferencia de tecnología tanto al productor como al usuario, para garantizar una cimentación de la tecnología en la sociedad y su desarrollo continuo, aún sin intervenciones desde afuera.

En total se han instalado unas 1,500 bombas tanto en pozos privados como en pozos públicos bajo diferentes políticas de implementación:

- la auto-construcción es considerada una fase imprescindible en la introducción de la bomba para su aceptación y desarrollo inicial;
- la venta tanto a nivel artesanal como a nivel semi-industrial ha instalada la gran mayoría de las bombas existentes;
- proyectos institucionales de agua potable y saneamiento rural han desarrollado e implementado la bomba en pozos excavados y perforados con buenos resultados.

La bomba de mecate es una bomba muy barata, eficiente y sencilla. Tiene altos rendimientos y bombea grandes caudales: de 2 litros por segundo a una profundidad de 5 metros a 0.3 litros por segundo a una profundidad de 40 metros. La bomba es apta para uso intensivo: ha probado poder bombear hasta 32 barriles diarios (8 m³). Pero más importante que estos datos de rendimiento es el hecho de que la bomba es fácil de construir, operar y mantener.

Una característica central de la bomba de mecate es que se la puede adaptar fácilmente a diferentes maneras de construcción: conocemos en Nicaragua bombas hechas sólo de madera y neumático (costo de materiales: 13 \$) hasta modelos que incorporan estructuras de hierro, piezas de polietileno inyectado y arcilla esmaltada (costo total: 45 \$). En cuanto a la protección de la calidad del agua, es cierto que teóricamente existe cierta posibilidad de contaminación, pero datos prácticos han demostrado que la contaminación no es mayor que en pozos equipados con otras bombas.

La bomba puede adaptarse a diferentes condiciones: existen modelos especiales para pozos perforados; para bombear el agua más arriba del nivel del suelo (bomba sobre poste); para grandes caudales (riego, aguar ganado); y con accionamiento por un motor o un sencillo molino de viento. Los últimos dos modelos están en una fase de desarrollo, los demás pueden ser implementados sin ningún riesgo.

Nuevas investigaciones y desarrollo de la bomba no se efectúan de una manera estructurada por falta de recursos destinados específicamente a este tema, pero se realizan en una forma ad-hoc. Actualmente, se concentran en los pozos perforados de mayor profundidad y en los modelos especiales mencionados anteriormente.

Además de profundizar lo resumido aquí arriba, el libro profundiza el diseño, la construcción, la instalación y el mantenimiento de la bomba, tomando en cuenta todas las diferentes opciones conocidas.

Contenido

Introducción	1
------------------------	---

Primera parte: El desafío de la tecnología popular

1. Una tecnología en desarrollo	
1.1 Descripción global de la bomba	7
1.2 Apuntes sobre la historia de la tecnología	8
1.3 La bomba de mecate en Nicaragua	13
1.4 Metodologías de implementación	24
2. Fundamentos	
2.1 Una necesidad sentida por los beneficiados	35
2.2 El impacto en la salud	38
2.3 Auto-suficiencia	39
2.4 Control social	40
2.5 Operación y mantenimiento a nivel de poblado	42
2.6 Producción local	43
2.7 Transferencia de tecnología	45
2.8 Conceptos técnicos-teóricos	46
3. Características	
3.1 Operación y mantenimiento	49
3.2 Confiabilidad	57
3.3 Caudales, desniveles de bombeo y rendimientos	59
3.4 Protección de calidad de agua	63
3.5 Costos	65
4. Producción	
4.1 Niveles de producción	70
4.2 Organización de la producción	72
5. Perspectivas	
5.1 Implementación.	78
5.2 Investigación y desarrollo.	79

Segunda parte: Construcción

6. Descripción de la bomba	
6.1 Descripción general	85
6.2 Tapadera.	87
6.3 Rueda.	89
6.4 Pistones, mecate y tubo de subida	98
6.5 Guía y piedra estabilizadora.	105
6.6 Tubería de descargue	106
7. Características mecánicas e hidráulicas	
7.1 Factores ergonómicos	110
7.2 Selección de diámetros de polea y tubo	112
7.3 Rendimientos hidráulicos y mecánicos	115

Tercera parte: Instalación, operación y mantenimiento

8. Instalación sobre pozos excavados	
8.1 Construcción de la tapadera	124
8.2 Instalación de la bomba	132
9. Mantenimiento	
9.1 Planificación del mantenimiento	143
9.2 Actividades de mantenimiento	144
10. Problemas comunes y sus soluciones	147

Cuarta parte: Modelos especiales

11. Bomba de mecate sobre pozo perforado	
11.1 Descripción	157
11.2 Instalación	159

12. Bomba de mecate sobre poste	
12.1 Descripción	163
12.2 Instalación	165
13. Bomba de mecate para gran caudal	167
14. Bomba de mecate con motor	169
15. Bomba de mecate con molino de viento	171
Anexo A: Cálculo de costos de mantenimiento	174
Anexo B: Materiales, herramientas y moldes	178
Anexo C: Materiales para la rueda sobre pozo excavado .	180
Anexo D: Especificaciones de los pistones inyectados ...	185
Anexo E: Especificaciones de las guías de arcilla esmaltada.	187
Anexo F: Cálculo del diámetro de polea y de tubo de subida	194
Anexo G: Cálculo de los rendimientos hidráulicos	199
Anexo H: Materiales para la rueda sobre poste	204
Listado de símbolos	206
Bibliografía consultada	207
Abreviaturas	208
Direcciones	209

Listado de figuras

Figura 1.0: Croquis global de la bomba de mecate	6
Figura 1.1: Cigoñal	9
Figura 1.2: Noria	9
Figura 1.3: Noria con cadena	10
Figura 1.4: Bomba a cadena	10
Figura 1.5: Bomba de mecate	11
Figura 1.6: ¿El próximo paso?	11
Figura 1.8: Caudal del pozo perforado de "El Pochote" ..	15
Figura 1.9: Bombas de mecate instaladas en Bluefields .	22

Figura 1.10:	Bombas de mecate instaladas en Nicaragua .	24
Figura 3.1:	Confiabilidad de dos bombas	58
Figura 3.2:	Caudales de bombeo	60
Figura 3.3:	Rendimiento hidráulico	63
Figura 3.4:	Contaminación de pozos	64
Figura 3.5:	Estructura de precios	66
Figura 3.6:	Precios de diferentes bombas	69
Figura 6.1:	Bomba completa	84
Figura 6.2:	Tapadera de concreto	87
Figura 6.3:	Rueda de hierro	90
Figura 6.4:	Como cortar la llanta vieja	92
Figura 6.5:	Fuerzas sobre pistones de diferentes formas .	99
Figura 6.6:	Variación de diámetro de tubos	100
Figura 6.7:	Creación del 'vacío'	101
Figura 6.8:	Conjunto de una guía para pozo perforado .	104
Figura 7.1:	Rendimiento hidráulico y juego	118
Figura 7.2:	Rendimiento hidráulico y velocidad del pistón	119
Figura 7.3:	Rendimiento hidr y distancia entre pistones .	120
Figura 8.1:	Medidas de la tapadera	128
Figura 8.2:	Armadura de la tapadera	129
Figura 8.3:	Cinturón en la campana	130
Figura 8.4:	Como fijar el pistón sobre el mecate	134
Figura 8.5:	Conjunto de una guía para pozo excavado .	135
Figura 8.6:	Como hacer la cuña	137
Figura 8.7:	Conjunto de tubería de descargue	138
Figura 8.8:	Cojinete	139
Figura 11.1:	Piedra estabilizadora para pozo perforado .	160
Figura 12.1:	Tubería de descargue p. bomba sobre poste	164
Figura A.1:	Plano de la rueda	181
Figura A.2:	Plano del cojinete	182
Figura A.3:	Plano del sistema de bloqueo	183
Figura A.4:	Molde para pistones inyectados	184
Figura A.5:	Plano de guía sólida para pozo excavado . .	191
Figura A.6:	Plano de guía sólida para pozo perforado . .	192
Figura A.7:	Plano de guía hueca	193
Figura A.8:	Fuerzas sobre la manivela	197
Figura A.9:	Flujo en el anillo entre pistón y tubo	200
Figura A.10:	Modelo de cálculo del rendimiento hidráulico	201
Figura A.11:	Plano de rueda sobre poste	205

Listado de tablas

Tabla 3.1:	Costos de mantenimiento	50
Tabla 3.2:	Vida útil de las piezas de la bomba	50
Tabla 3.3:	Horas de bombeo diario	61
Tabla 3.4:	Costos por pieza de una bomba	67
Tabla 4.1:	Niveles tecnológicos de producción	71
Tabla 4.2:	Nivel de producción de las piezas	72
Tabla 6.1:	Comparación de tres tipos de tapaderas	88
Tabla 6.2:	Comparación de tres tipos de cojinetes	94
Tabla 6.3:	Comparación de dos ubicaciones de polea	95
Tabla 6.4:	Comparación de dos sistemas de bloqueo	96
Tabla 6.5:	Comparación de cuatro tipos de protecciones	97
Tabla 6.6:	Datos básicos sobre tubo y pistones	102
Tabla 6.7:	Comparación de cuatro tipos de pistones	103
Tabla 6.8:	Comparación de cinco tipos de guías	105
Tabla 6.9:	Comparación de dos tuberías de descargue	107
Tabla 7.1:	Diámetros de polea y tubería recomendados	114
Tabla 7.2:	Variar el diámetro de tubería de subida contra el de la polea	115
Tabla 12.1:	Tubería de descargue p. bomba sobre poste	163
Tabla A.1:	Bomba tecnificada, bombeo diario 8 m ³	175
Tabla A.2:	Bomba tecnificada, bombeo diario 4 m ³	175
Tabla A.3:	Bomba tecnificada, bombeo diario 1.5 m ³	176
Tabla A.4:	Bomba auto-construcc. bombeo diario 4 m ³	177
Tabla A.5:	Bomba auto-construcc. bombeo diario 1.5 m ³	177
Tabla A.6:	Materiales, herramientas y moldes para la bomba de 'auto-construcción'	178
Tabla A.7:	Materiales, herramientas y moldes para la bomba 'tecnificada'	179
Tabla A.8:	Diámetros de polea y de tubo de subida	196

Listado de fotos

Foto 1: Una tecnología en desarrollo	5
Foto 2: Niñas bombeando	16
Foto 3: Uno de los pioneros: Don Ponpilio con su esposa y nieto	19
Foto 4: ¿Funcionará de verdad?	28
Foto 5: Agua para tomar, para lavar, para bañarse	32
Foto 6: Mujeres: principales usuarias de la bomba	36
Foto 7: La bomba en la sala	39
Foto 8: "Nuestra comisión está formada sólo por mujeres" .	41
Foto 9: Producción local	44
Foto 10: "Yo prefiero la que yo hago"	
Foto 11: Producción de ruedas en serie	74
Foto 12: Maquina inyectora antes	76
Foto 13: ...y después de un pedido de 6,000 pistones	77
Foto 14: Bomba auto-construida	83
Foto 15: Sistema de bloqueo de la bomba de la DAR	96
Foto 16: Sistema de bloqueo alternativo	96
Foto 18: ¿Por qué tan alto?	111
Foto 19: Todo el mundo puede participar	123
Foto 20: Armazón de la tapadera	127
Foto 21: Tapadera fundida	127
Foto 22: Mala ubicación del tubo protector	131
Foto 23: Cojinetes bien puestos	140
Foto 24: Cojinetes mal puestos	141
Foto 25: Tubo de subida requebrado	147
Foto 26: Mecate metido en la polea	150
Foto 27: Bomba de mecate sobre poste	153
Foto 28: Bomba sobre pozo perforado	158
Foto 29: Bomba sobre poste	161
Foto 30: Bomba para gran caudal	166
Foto 31: Bomba con molino de viento fijo	170
Foto 32: Bomba con molino de viento giratorio	172
Foto 33: Poste de una bomba 'aerea'	173
Foto 34: Moldes para pistones	186
Foto 35: Civa-ram con molde para la guía	188

Listado de entrevistas

Nemesio Porras Mendieta (70) capacitador en gestión empresarial en Managua; posee muchas experiencias en transferencia de tecnología y diferentes tecnologías apropiadas.	17
Pompilio Pineda Castillo (58) constructor a domicilio por encargos, en Santa Cruz, Nueva Segovia; uno de los pioneros en Nicaragua en la tecnología de la bomba de mecate.	20
Ramón Jiménez Mendoza (54) construyó su propia bomba, San Patricio, Chontales.	26
Alfonso Aragón Amador (28) Promotor de la fundación de proyectos sociales "Palo de Hule" ubicada en Nueva Guinea.	30
Concepción Mendoza Castro (24) promotora social del Dpto. de Chontales, y:	52
Humberto Zapata Sánchez (24) coordinador de promotores del Dpt. de Boaco, ambos de INAA-DAR Región V ^a , y ambos con mucha experiencia en diferentes tipos de bombas manuales.	52
Ignacio López Pérez (32) ingeniero mecánico, socio de la empresa que tiene mayor producción de bombas de mecate de diversos tipos en Managua y en el resto del país.	73
Dorie Bargman (32) coordinadora de "Puente de Paz", ONG norteamericano que están implementando bombas de auto-construcción en comunidades aisladas.	108



Introducción

Este libro, igual que la bomba de mecate, es imperfecto. E, igual que la bomba de mecate, es demasiado importante para esperar su perfección.

Acabamos de salir de la década en la cual se planteaba el reto de resolver el problema del agua para el consumo humano, a partir de un esfuerzo entre todas las naciones del mundo, que supuestamente aportarían toda su tecnología. Pero a pesar de las buenas intenciones y las inversiones millonarias, las mayorías siguen enfrentando una mortalidad infantil y una cantidad de enfermedades que, teniendo suficiente agua al alcance, no existirían en tal magnitud. Aún más: en cifras absolutas, hay más gente que no tienen acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento que al iniciarse la década. Sigue siendo entonces, urgente la búsqueda de tecnologías apropiadas al alcance de todos; baratas pero eficientes: de fácil construcción, operación y mantenimiento.

Es en esta búsqueda que las iniciativas de muchas personas e instituciones a lo largo de los últimos 8 años han desarrollado y divulgado la bomba de mecate en Nicaragua bajo diferentes conceptos, diseños y metodologías. El desarrollo se ha dirigido principalmente al suministro de agua potable desde pozos excavados a mano con profundidades de 5 a 20 metros. La bomba ha tenido tal éxito a nivel nacional que nos parece que llegó la hora de poner por escrito las experiencias de Nicaragua. La iniciativa y la coordinación de la producción de este libro surge del equipo de la Dirección de Acueductos Rurales (DAR) del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) en la Región V^a de Nicaragua. Este equipo tiene cuatro años de desarrollar la bomba de mecate y de implementarla en sus proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico rural. Sin embargo, muchas más personas e instituciones colaboraron y opinaron sobre el contenido y la forma del libro.

Aunque la información presentada cubre diferentes áreas de interés y está destinada a diferentes grupos de impacto, decidimos (por razones prácticas) editarla en un solo libro. Es bien probable que usted esté interesado solamente en una o dos de las cuatro partes del libro.

En la **primera parte** tratamos las **generalidades** de la bomba; su historia, sus fundamentos y características. También presentamos las diferentes metodologías de implementación y aspectos de producción. La primera parte concluye con las perspectivas. Está dirigida a interesados en general, gerentes de proyectos, cuadros que definen las políticas institucionales, pero también a los usuarios interesados.

La **segunda parte** se dirige principalmente a los técnicos e ingenieros; se tratan aspectos de **construcción**. Se describe la bomba pieza por pieza con sus alternativas de construcción, y se discuten las características mecánicas e hidráulicas. Si a veces profundizamos mucho, es con el afán de aportar toda la información relevante, pero para la gran mayoría de las aplicaciones de la bomba no es necesaria toda la teoría presentada.

La **tercera parte** trata temas muy prácticos y operativos como la **instalación** y el **mantenimiento** de la bomba, así como los problemas que pueden ocurrir en el campo.

La **cuarta parte** por fin describe los **modelos especiales** que se han desarrollado en Nicaragua: bombas sobre pozos perforados, para grandes caudales, sobre poste, con motor y con molino de viento. Ahí tratamos tanto los aspectos generales como algunos aspectos de construcción y de instalación.

Hemos intentado ser lo más objetivos que pudimos, pero para reflejar algo del entusiasmo que motiva a mucha gente involucrada, incluimos una serie de **entrevistas**. Inevitablemente, el lenguaje en las entrevistas es muy 'Nica', y puede resultar difícil entenderlo en otros países. Sin embargo, decidimos no adaptar el idioma para respetar el sabor local.

Aunque este libro contenga toda la información que es importante para los instaladores y usuarios de la bomba de mecate, probablemente no puede ser entendido directamente por ellos. En muchos casos, es recomendable desarrollar un folleto dirigido explícitamente a ellos basándose en sus niveles educativos, costumbres culturales, y en las características específicas de la bomba en su región (niveles freáticos, diseño de pozos, materiales y tecnologías disponibles, etcétera).

Durante toda la lectura de este libro, es importante mantener en mente que **no existe una sola bomba de mecate**. En cada región, en cada

situación la bomba puede tener otro diseño, otros materiales. Tampoco **existe una sola metodología de implementar** la bomba de mecate. Cada iniciativa tiene su filosofía y persigue sus objetivos. Aunque pretendemos enfocar las características esenciales que tienen todas las bombas de mecate en común y reflejar **los diferentes** conceptos, diseños y metodologías, la referencia será inevitablemente definida por las experiencias y condiciones de Nicaragua en general y de la DAR-Región V^a en especial. Por eso no sólo discutimos las alternativas conocidas con sus ventajas y desventajas, también intentamos presentar la lógica que hay detrás de cada opción, para que el lector pueda definir cuál solución es la más apropiada para su caso específico, o si dispone de condiciones que favorecen la implementación de otras alternativas no discutidas aquí.

Para concluir, es importante enfatizar que no consideramos en ningún momento la bomba de mecate como un aparato 'terminado'. Estamos conscientes de que sigue desarrollándose, y esperamos que este libro -dentro de poco- sea superado por diferentes mejoras en la bomba y en sus diferentes metodologías de implementación. Tal vez Ud., lector, pueda contribuir a este proceso...

Queda únicamente desearles mucho placer al leer, y solicitarles que nos envíen no sólo sus comentarios sobre este libro sino también sus experiencias con la bomba de mecate. Nuestras direcciones están reflejadas al final del libro.

Bernard van Hemert
Osmundo Solís Orozco
Jan Haemhouts
Orlando Amador Galíz

Foto 1 (página derecha): Una tecnología en desarrollo

Se ha protegido la bomba de este pozo público con un cajón de madera. La mujer conectó una manguera al tubo de descargue para llenar la pila de su casa, ubicada a unos 50 metros (Los Santos).

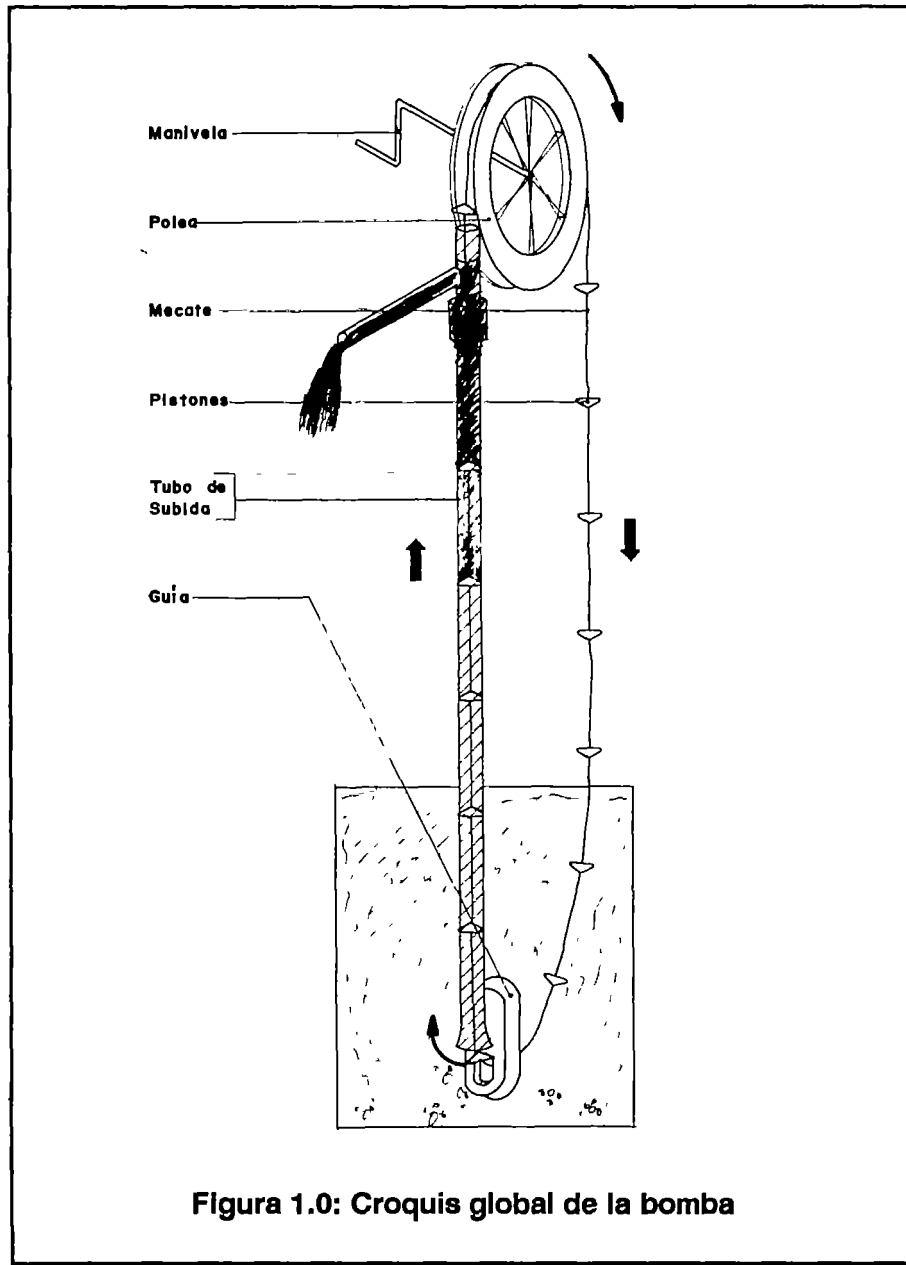
1



El desafío de la tecnología popular

**Si quieres saber lo que puede el lobo,
pregunta a las ovejas.**

**Si quieres saber lo que puede la tecnología,
pregunta a los pobres.**



Capítulo 1:

Una tecnología en desarrollo

Cuando se plantea una posible salida al problema del 'subdesarrollo' con programas de cooperación, todavía se refleja la engañosa imagen de que esta salida sólo se encuentra en **seguir el ejemplo e imitar la historia de los países industrializados**, basándose en la transferencia de la tecnología de éstos. Sin embargo, los efectos de la implementación de una tecnología coinciden en primer lugar con los criterios e intereses de quienes la desarrollaron, pero no necesariamente resulta en igual beneficio para otros. En ciertos casos la implementación de una tecnología ajena afecta antagónicamente el desarrollo de pueblos que no han sido partícipes en la conceptualización de la misma.

Es partiendo de estos fundamentos que hemos trabajado en Nicaragua en el desarrollo y la implementación de la bomba de mecate que vamos a describir a continuación. Antes de describir en los párrafos 1.2 hasta 1.4 la historia y las metodologías de implementación de la bomba, presentamos en el párrafo 1.1 una descripción muy concreta de la bomba.

1.1 Descripción global

La bomba de mecate es una bomba muy barata, eficiente y sencilla. La figura 1.1 muestra el esquema de una bomba. El corazón de la bomba es un **mecate** sin fin que lleva **pistones**. Este mecate sube por un **tubo de subida**, pasa por una **polea** y baja suelto al pozo. Bajo el agua, una **guía** asegura la entrada fluida del mecate y los pistones en el tubo de subida.

Al girar la polea, da vuelta al mecate. Los pistones caben con un juego mínimo en el tubo de subida y succionan el agua hacia arriba. Se podría decir que todo el tubo de subida funciona como un cilindro muy largo en el cual los pistones se mueven en una sola dirección. Cuando llega arriba, el agua bombeada se desvía hacia el balde del usuario.

Así de sencillo es el principio básico de la bomba de mecate. En el capítulo 6 describiremos la bomba con todos sus detalles.

La bomba de mecate tiene un alto rendimiento y bombea grandes caudales: de 2 litros por segundo a una profundidad de 5 metros a 0.3 litros por segundo a una profundidad de 40 metros. La bomba es apta para uso intensivo: ha probado poder bombear hasta 32 barriles diarios (8 m³). Pero más importante que estos datos, es el hecho de que la bomba es fácil de construir, operar y mantener.

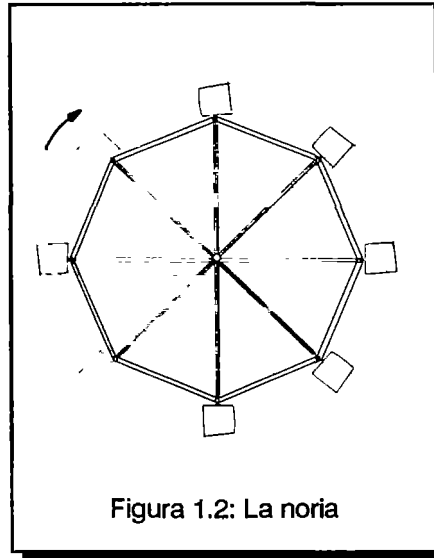
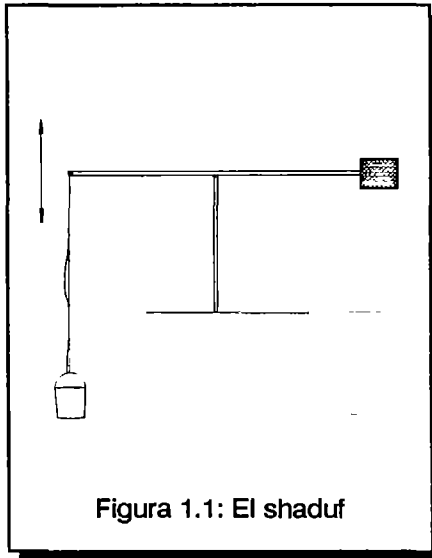
La bomba puede adaptarse a diferentes condiciones: en la cuarta parte describiremos modelos especiales para pozos perforados, para bombear el agua más arriba del nivel del suelo (bomba sobre poste), para grandes caudales (riego) y accionadas por un motor o un sencillo molino de viento.

Ahora que sabemos más o menos lo que es una bomba de mecate y lo que puede hacer, presentamos una breve reseña histórica y describimos diferentes metodologías de implementación existentes en Nicaragua.

1.2 Apuntes sobre la historia de la tecnología de bombeo

No es el objetivo de este libro presentar la tecnología de la bomba de mecate como algo terminado, al contrario, se plantea esta alternativa como un paso en la generación de soluciones siempre más adecuadas. En este sentido nos parece importante presentar algunos elementos históricos que ayuden a ver la lógica y las limitaciones en el desarrollo de esta tecnología.

Desde el descubrimiento en los tiempos antiguos, de la influencia del agua sobre el crecimiento de las plantas, hasta la actualidad en la cual el hombre es capaz de programar cambios genéticos en estas mismas plantas, el problema de controlar y elevar este líquido vital al nivel requerido, ha sido motivo durante miles de años de un rastreo de las más variadas experiencias, habilidades y conocimientos.



Se considera como primera técnica para bombear agua al **cigñal**, registrado hace unos 3,500 años, que aún se usa ampliamente. La figura 1.1 muestra que el cigñal es como una palanca sostenida en el medio por un poste, que lleva en un extremo un recipiente para contener agua y en el otro un contrapeso, que equivale a la mitad del peso del agua con el recipiente. De esta manera el operador tiene que desarrollar el mismo esfuerzo subiendo el recipiente lleno, o bajando el recipiente vacío. Repartiendo la altura de bombeo requerido entre una serie de cigñales, levantando cada uno el agua desde el nivel donde lo dejó el cigñal anterior para llevarlo al nivel donde lo tomó el posterior, se logró levantar el agua a alturas considerables, con una eficiencia sorprendente.

El segundo paso fundamental en esta línea de tecnología de bombeo, representa el desarrollo de la **noria** (traducido del árabe: 'la llorona' - por el ruido que produce su construcción de madera). Esta bomba consistía en una serie de recipientes puestos todos en el mismo sentido sobre una rueda (figura 1.2), la cual se puede considerar como compuesta de una serie de palancas distribuidas sobre un solo eje. La parte inferior es sumergida en el agua, y dando vuelta a la rueda de tal

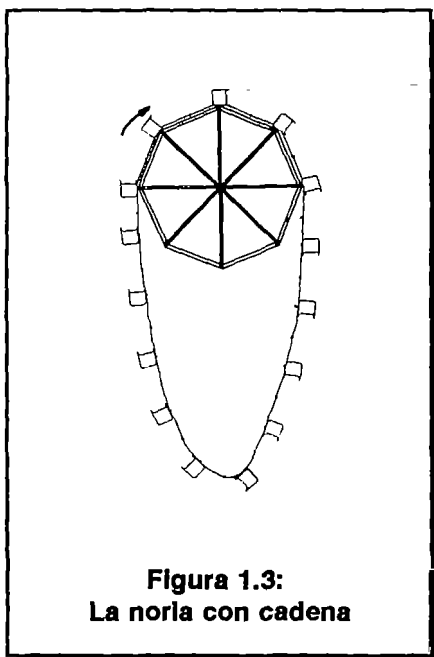


Figura 1.3:
La noria con cadena

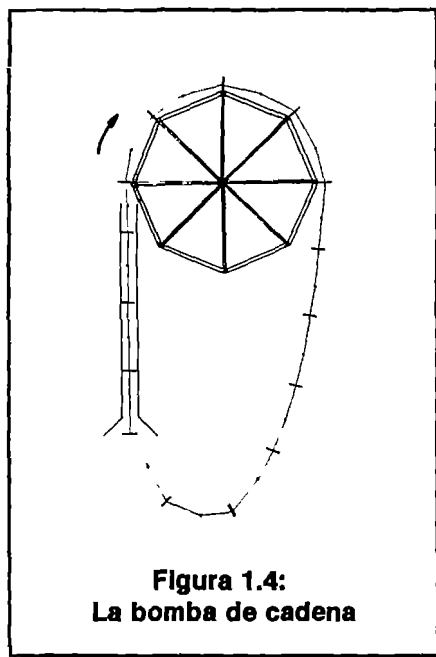
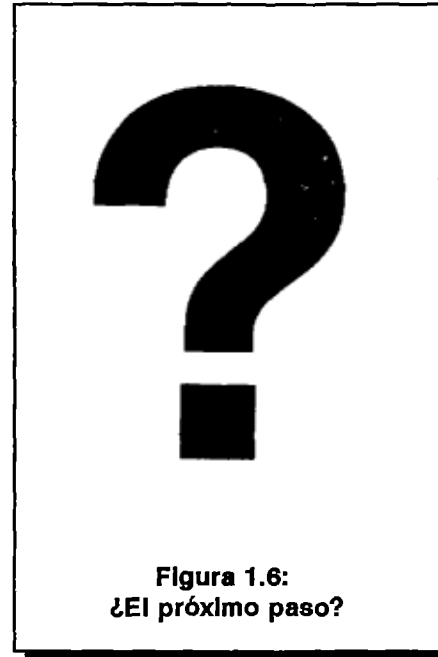
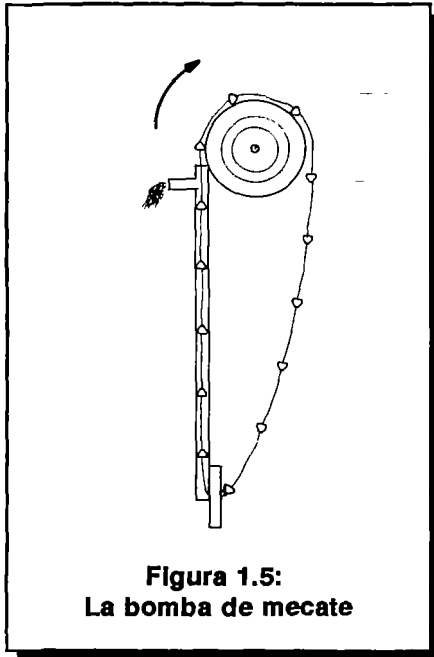


Figura 1.4:
La bomba de cadena

manera que los recipientes salen del agua boca arriba, se mantienen llenos hasta que pasan por la parte superior donde comienzan a inclinarse hasta que se desborda todo su contenido de agua, el cual se recoge en un canal receptor. Comparado con el sistema anterior la noria tiene la gran ventaja de permitir un trabajo continuo, sin tiempos muertos. Igual que el cigoñal, para muchos pueblos la noria sigue siendo un medio común para la extracción de agua, en particular donde existe la tradición de la tracción animal.

La lógica constructiva se perfecciona con la variante de la misma **noria, en la cual la rueda funciona como una polea que mueve los recipientes a través de una cadena** (figura 1.3). Por el hecho de que la altura de bombeo ya no depende del diámetro de la rueda sino del largo de la cadena, el diseño de la rueda se reduce al de una polea que agarra la cadena y transfiere la fuerza motriz. Eso a su vez implica una fuerte reducción de su diámetro y de los materiales utilizados, y la posibilidad de bombear de pozos de menor diámetro y de mayor profundidad. En la medida que se reduce el diámetro de la rueda, también



se reduce la diferencia en altura entre la posición donde el recipiente comienza y termina de vaciarse. Es decir que hay menos agua que sube inútilmente encima del nivel de descarga, lo que implica, lógicamente, en un aumento importante del rendimiento.

El paso posterior en la transformación de la noria consiste en la sustitución de los recipientes montados sobre la cadena por unas paredes alrededor de la parte de la cadena que va subiendo, y por placas que caben justo dentro estas paredes, y que van montadas a iguales distancias a lo largo de toda la cadena, lo que hace de la noria una **bomba a cadena**. Esta descripción coincide con ejemplos todavía existentes, como el bombeo desde canales de riego, donde hay que mover grandes cantidades de agua a poca altura. En estos casos las paredes de la bomba conforman un canal inclinado en el cual pasan las placas sobre la cadena, teniendo dos poleas que la sostienen, y de las cuales la superior transfiere la fuerza motriz a la cadena. La versión más conocida y desarrollada de la bomba a cadena, mostrada en la figura 1.5, está compuesta de un tubo en vez de paredes y de discos

o émbolos en vez de 'placas'. En esta forma la bomba a cadena tuvo un gran impacto desde el siglo XVI hasta el siglo XIX como medio de sacar agua de los pozos. A mediados del siglo pasado, estas bombas fueron -entre otros- utilizadas en los barcos transatlánticos como bombas de emergencia, una aplicación que indica el grado de eficiencia y confiabilidad.

Con el auge de la gran industria, y por consiguiente su preponderancia sobre la producción artesanal, hubo un desarrollo selectivo de tecnologías, lógicamente en función de criterios favorables para el crecimiento de la propia industria. Ejemplos de características de productos convenientes para el desarrollo de la gran industria son:

- **el mínimo peso y volumen en relación con la potencia**, lo cual se consigue usando fuerzas limitadas pero velocidades altas.
- **estandarización de la producción y universalidad en el uso**, lo que permite una producción centralizada, masiva y barata.
- cierta **complejidad y una durabilidad limitada**, con lo cual se frena el plagio masivo y por otro lado, se mantiene la demanda evitando una saturación del mercado.

El concepto que más coincide con estos criterios, entre el gran abanico de conceptos de bombeo existentes, es el de la **bomba centrífuga**, basado en la creación de fuerzas centrífugas mediante aletas sobre rotores accionados por motores de alta velocidad, que a pesar de su eficiencia relativamente baja, permite transmitir grandes potencias en un muy pequeños volúmenes.

El concepto de bombeo de la bomba a cadena, resulta más bien lo contrario de las características anteriores:

- es relativamente voluminosa y pesada por las grandes fuerzas que ocurren con el bombeo a una velocidad limitada;
- se presta fácilmente a cualquier adaptación en función de condiciones de producción artesanal local;
- el uso no es tan universal como el de la bomba centrífuga, que adapta automáticamente su caudal a la altura de bombeo,
- sólo se presta para levantar agua hasta el nivel de la polea.

Es evidente que la bomba a cadena no podía competir con los equipos de bombeo industriales, y por no coincidir con los intereses que orientaron el desarrollo de los países industrializados, su aplica-

ción quedó limitada a países donde desde hace mucho tiempo ha formado parte del patrimonio cultural, y donde todavía predomina la producción artesanal.

Con los movimientos tercermundistas, los cuales desde los años sesenta promueven un re-pensamiento del concepto de desarrollo tecnológico impuesto por los países industrializados, se inicia un proceso de rescate, experimentación e implementación de tecnologías teniendo como primer criterio la utilidad económica-social. Por su alta eficiencia y sus características como tecnología artesanal, el concepto de la bomba a cadena formó parte de ésta regeneración tecnológica, que actualmente se presenta más comúnmente como '**Tecnología Apropriada**' y últimamente en América Latina como '**Tecnología Popular**'.

A partir de los antiguos diseños de la bomba a cadena se fue cambiando la composición por la combinación con materiales modernos y se superaron, al mismo tiempo, algunas limitaciones. De éste concepto se origina la tecnología que desde los años setenta se conoce según las traducciones en los diferente idiomas occidentales como **bomba de cuerda; rope pump; pompe à corde**. En América Latina se adaptó el nombre a las palabras locales para cuerda, de ahí el nombre **bomba de mecate** en Nicaragua, **-de lazo** en Guatemala, **-soga** en Perú, etcétera.

El concepto de bomba a cadena en su versión modernizada apareció en la gran mayoría de los países del Tercer Mundo, pero generalmente con muy poco éxito. Su introducción en Nicaragua, por el contrario, engendró en los últimos ocho años un proceso dinámico de transferencia y generación de alternativas de diseño que sigue ampliándose.

1.3 La bomba de mecate en Nicaragua

La historia de la bomba de mecate en Nicaragua demuestra la relatividad de la importancia de los agentes que tradicionalmente se imponen como protagonistas en la generación y transferencia de tecnología. Por otro lado confirma la importancia de la participación

Estudio de caso: el Pochote

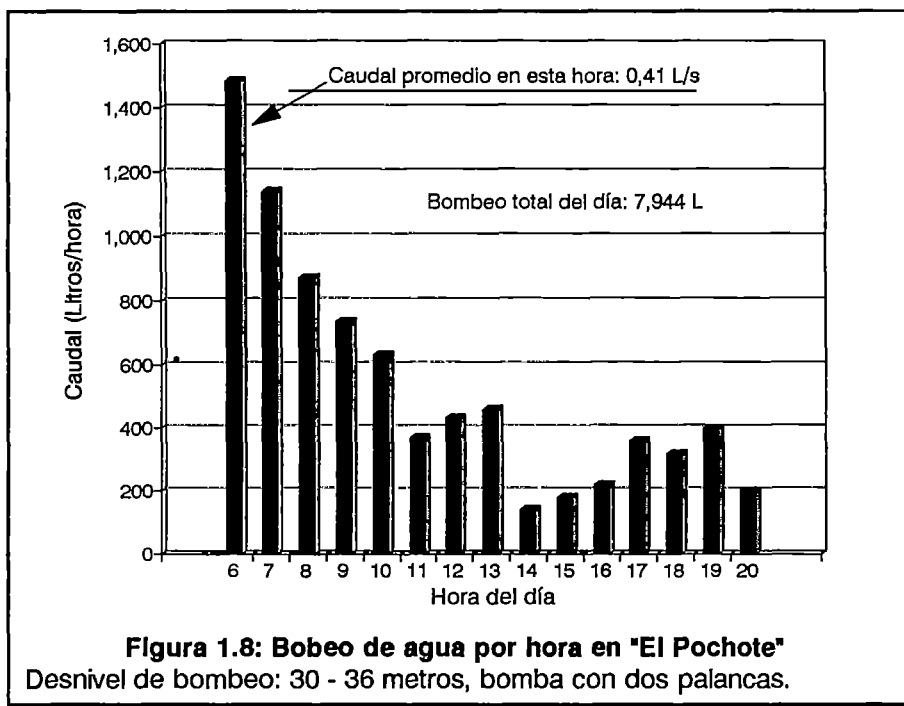
Para dar una idea de los alcances de la bomba de mecate, presentamos un pequeño estudio de caso de una bomba funcionando bajo condiciones relativamente severas.

La comunidad de "El Pochote" está ubicada en una zona seca en el departamento de Boaco, en la Región Vª de Nicaragua. Tiene una población de 680 habitantes. Como el sistema de abastecimiento por bombeo eléctrico falló, se instaló una bomba de mecate sobre un pozo perforado existente. El nivel estático del agua es de 22 metros, mientras que el nivel dinámico puede bajarse más abajo de los 36 metros, profundidad a la cual fue instalada la bomba. Pruebas con niños y adultos demostraron un caudal de 0.2 a 0.4 litros/segundo con un rendimiento hidráulico de 89% a 96%.

Observaciones prolongadas durante un día completo (ejecutadas dos veces, ver figura 1.8) indican que el uso de la bomba es muy intensivo: durante todo el día hay una fila de 2 a 5 beneficiados, aún en el pleno sol del mediodía. La producción total diaria de la bomba es de 32 barriles (8 m³): Arlosoroff e.a., 1988 define esto como la categoría más pesada. Con los 96 familias beneficiadas, el consumo promedio resulta aproximadamente 15 litros por persona por día.

Desde la instalación de la bomba en febrero de 1991, la bomba se encontró fuera de uso durante un día completo cuando la comunidad dejó reparar unos rayos que se estaban quebrando. Después de 5 meses de uso, se cambió el mecate que estaba desgastado por uno hecho en la comunidad misma. Este trabajo tomó una hora.

Si bien es cierto que el período de funcionamiento de esta bomba es todavía bastante corto, el ejemplo sí demuestra que la bomba de mecate tiene en sí la potencialidad de una bomba para uso intensivo y para bombeo de profundidades de hasta 40 metros como mínimo con buenos rendimientos.



social tanto en la definición de los criterios que deben manejarse en un proceso de desarrollo tecnológico, como en los procesos de innovación y transferencia. También demuestra la necesidad de combinar, sin imposiciones, el proceso de transferencia y generación a nivel popular con un apoyo institucional. De tal forma, el estudio y la experimentación preliminar aceleran el desarrollo de una tecnología y su transferencia.

La tecnología de la bomba de mecate fue introducida por primera vez en 1983 en una comarca de Santa Cruz (Estelí), con la instalación de un prototipo sobre un pozo de 18 metros de profundidad, hecho en el Centro de Investigación en Tecnología Apropiada (CITA-INRA) del Ministerio de Desarrollo y Reforma Agraria. Esta versión estaba basada en experiencias anteriores en Haití, la cual se adaptó a lo que se estimaba como el nivel económico y de tecnificación de la zona, sin tener criterios definidos sobre un posible futuro de transferencia y desarrollo a largo plazo, dejando la iniciativa a los mejores conocedores de la realidad en el lugar; los pobladores de la comarca.



Foto 2: Niñas bombeando

Esta bomba está instalada sobre un pozo perforado con un desnivel de bombeo de 35 metros. Bombea 32 barriles (8 m³) al día (Pochote).

Espontáneamente se inició, en menos de un mes, un proceso de autoconstrucción e innovación en la comunidad, en la cual la mayor incidencia de parte de CITA consistía en dar impulso a la organización de pobladores en dos colectivos, con el objetivo de satisfacer la necesidad de bombas en la comarca y de enriquecer el proceso de innovación, fomentando la interacción y solidaridad entre los campesinos-innovadores. Por otro lado, hubo en un momento un apoyo institucional con el abastecimiento de tubos de PVC, la distribución experimental de pistones prefabricados en hule y la capacitación de los campesinos-innovadores en los aspectos teóricos de la tecnología.

Entre los resultados más importantes de esta primera fase de autoconstrucción del proyecto, sobresale la introducción de aisladores de cerámica esmaltada en la parte de la guía de madera donde se produce el mayor desgaste de mecate y pistones, con lo cual se superó el problema más sentido de la bomba. Después de alrededor

Nemesio Porras Mendieta capacitador en gestión empresarial

¿Cual puede ser la fórmula del éxito de la bomba de mecate de acuerdo a sus apreciaciones?

"Haciendo un análisis de sus objetivos, funciones que cumple, su implicaciones en el sector rural, hay beneficios directos e indirectos y de los enemigos que ha conquistado.

Hasta ahora las opiniones acerca de este punto van hacia los extremos, o al entusiasmo desbordante o a la satanización de las realizaciones. Los entusiastas estan claros de su caracter popular, de su matiz revolucionario por su modelos organizativo, por la reivindicación de la participación de la mujer; por los cambios sociales, y por el rechazo a la dependencia tecnológica; los enemigos lo acusan de demagógico, de populista, de fortalecimiento del paternalismo negativo y por último los mas serenos lo enfocan como falto de habilidad económica una cosa si es buena, han provocado polémicas que contribuyen a su difusión.

Creo que ha tenido algún éxito tecnológico por la manera en que fue introducida y creo que ha promovido la modernización, pero no el desarrollo socio-económico, en cuanto a bienestar rural, nutrición, integración comunal y nacional, sin producir cambios notables, debido a la imnovación. La bomba en sí, como cualquier otra tecnología, no tiene ninguna posibilidad de triunfo o de fracaso, como cosas inanimadas que son; si necesita el empuje, apoyo y entusiasmo popular que le de vida. Cualquier forma de construcción de la bomba de mecate tiene éxito si va acompañada de un programa de organización auto-gestionaria de las comunidades, se ha desmostrado en la práctica.

El éxito de la introducción de la bomba de mecate estriba en la forma de introducirla si se toma en cuenta con un sector marginado y sólo tiene a su favor las aspiraciones de participar en la sociedad porque tiene que involucrarse con un programa que conlleve organización social, autogestión de las comunidades. La única metodología que lleva con éxito la transferencia tecnológica es la forma de tomar en cuenta al sujeto del desarrollo para que participe colectivamente, dando paso al desborde de su creatividad".

de un año de experiencia de bombeo con una gran variedad de diseños e innovaciones, los propios usuarios-innovadores llegan a la conclusión de que **la bomba de mecate es el medio más económico para "sacar agua de un pozo, más barato incluso que sacar agua con balde y mecate"**.

Aunque no todos los cambios en la construcción de la bomba efectuados en el medio campesino eran mejoramientos, sí fue muy provechoso el hecho de haber dejado madurar la iniciativa a nivel popular. Así, se comprobó la utilidad y la factibilidad de este medio por la manera como las comarcas afectadas **se apropiaron de la tecnología**, y paulatinamente **iniciaron la transferencia** hacia gran parte del norte del Pacífico de Nicaragua, incluso hacia el área urbana. Por esta experiencia se generó suficiente confianza en el proyecto a nivel institucional, para programar una transferencia dirigida y masiva, aprovechando esta ocasión como un medio para apoyar los procesos de organización y educación popular, promoviendo la creatividad y el potencial intelectual latente en la base alrededor de un problema prioritario: el agua.

Un primer paso era la producción de un folleto (Orozco, E. 1984) de carácter popular, y la organización de varios talleres de capacitación para los promotores de la Dirección de Acueductos Rurales central (DAR) de INAA, y representantes de comunidades.

A pesar de los esfuerzos desde el CITA de acercar al INAA al proyecto, y la existencia de altos cuadros y promotores de esta institución que estaban convencidos de la importancia, no se logró un avance significativo. La tecnología de la bomba de mecate durante los primeros años inspiraba en el medio profesional e institucional, contrario al medio popular, más bien desconfianza y desinterés. Esto se tradujo en una actitud vacilante entre una aceptación y un rechazo no declarado. A raíz del éxito de la presentación de la bomba de mecate en el seminario organizado en 1987 por INAA-OPS-UNICEF, sobre tecnologías de bajo costo para abastecimiento de agua y saneamiento en el área rural, se maduró el plan de desarrollar un nuevo componente en el proyecto con la producción en serie de la bomba, considerando la posibilidad de la implementación de la tecnología en los barrios populares de Managua.

Poco después se inician cerca de la capital los preparativos de una producción en serie de la bomba y una distribución/venta en coordinación con varias organizaciones populares y la delegación de la presidencia, priorizando el aspecto social del proyecto. La parte productiva se realiza en la Cooperativa Industrial San José con apoyo de un ex-asesor de CITA. El trabajo realizado abarca también el desarrollo de varios modelos, incluso la bomba con motor y doble manivela para pozos perforados hasta setenta metros; la producción en serie de las guías esmaltadas a partir de la innovación de los campesinos de Sta. Cruz; el diseño



Foto 3: Uno de los pioneros:

Don Ponpillo con su esposa y nieto

La foto muestra además una de las primeras bombas instaladas en Nicaragua. Contra la pata izquierda: una guía de madera y una con aislador. Contra la pata derecha: una polea de madera (Santa Cruz).

actual de los pistones y la organización de la producción a bajo costo.

A raíz del desastre causado por el huracán Juana, el INAA decide instalar como medida de emergencia 300 bombas de mecate en la

Don Pompilio pionero; constructor artesanal

¿Cómo conoció Ud. la bomba de mecate?

"La bomba de mecate, desde que vino al Centro del CITA-INRA se invitó a muchos a ese proyecto a aprender lo que venían a enseñarnos. Hubo muchos proyectos, con bestias, aeromotor. Lo que más me llamaba de interés, fue la bombita, es más fácil para aprender".

¿Que condiciones se requieren para la construcción de este tipo de bomba?

"Allí el tubo, el mecate, los empaques para que comenzáramos hacer de una cada una, ahora que las fábricas las hacen en Managua, usamos de esos. Por lo menos el cliente que los quiere de hulón, se le hace de hulón, y si no, pues, de los empaques que hacen en Managua.

Eso le digo al dueño: Ud. me va a dar la madera, clavos, el mecate, que hago nada más la rueda, la guía, le digo que me consiga la carrucha para formarle la guía, y que trabajen dignamente los empaques para que no se gasten. A esta fecha he construido **290 bombas, esas son todas**".

¿Que procedimientos utiliza para cuando tienen problemas?

"Explicarles como se le cambian los pistones y que tengan listos los mecates, y los empaques, y ya los trasladen sin sacar el tubo. Sólo se suelta, se jala al revés, entonces, ya no jala agua para que fácilmente la jalen y les sea más fácil".

¿Quiénes participan o solamente Ud. la hace?

"Yo les explico a los dueños de las bombas, que es importante que pongan interés, cuando instalo la bomba, pero hay personas que por ir a trabajar, dejan sólo las mujeres ayudando y como son las más interesadas, porque tal vez guiñando un balde con miles dificultades. Entonces, las mujeres son las más interesadas".

¿Con estos recursos, solos los mecates debe de dar problemas, que pasa con las guías?

"Funcionan, pero no es lo mismo, porque ya iba sobre los tres años funcionando con ese mismo cheque de madera que ya estaba demasiado gastado, no es lo mismo que esa carrucha; se pueden

hacer con laurel, es una madera fina, buscando madera que tenga duración en el agua, y les explico como esta hecha en cuanto a costos. Si es pobre, se le ayuda; si tiene familiares, yo les explico y si no, yo se las voy armar de gratis*.

¿Es posible que una persona que tenga pocos conocimientos, que conozca de la agricultura, ganadería, cree que observando su bomba pueda construir e instalar una bomba?

"Aquí se han puesto muchos y no han podido armarla. Yo les he ido a armárselas, le ponen la guía un palo de ñámbaro, muchos le han puesto un timón de arado, amarran el tubo y por ahí pasa el mecate y no le ponen nada de peso; Entonces, hay problemas. Alguien había leído ENLACE y armó uno, después el vino para preguntarme. Me supongo que la armó, porque dijo que si no lo lograba, venía a traerme, pero no vino*.

¿Que comentarios se merecen esas empresas que instalan grandes cantidades?

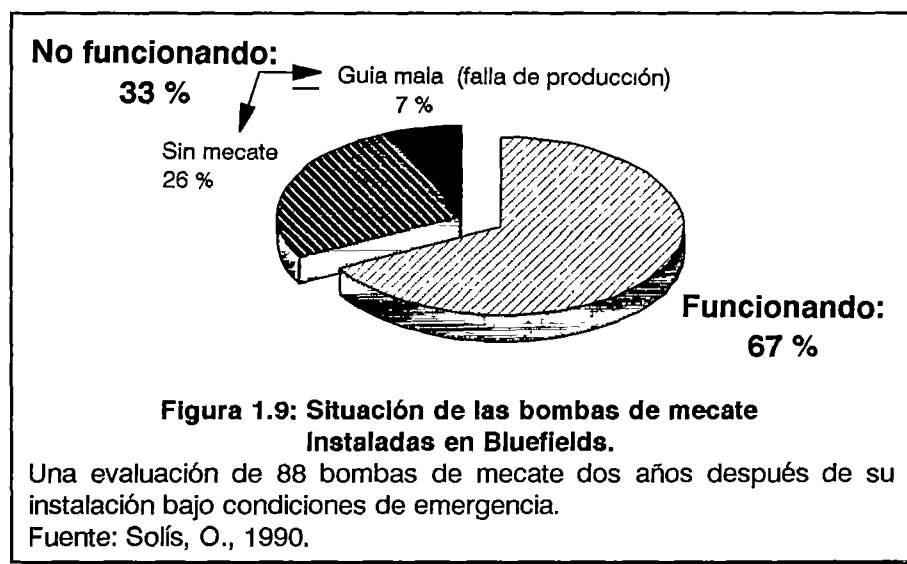
"Para mi es bonito, está bueno, para el que tiene ganado tener el agua. Pero sí yo me pregunto si esta gente capacita a los usuarios de esas bombas por si acaso se les dañarán. Yo les explico a las personas cuando se las armo, ésto y ésto así las van armar cuando se que se les dañen. Quien sabe si ellos les explicaran a ellos, para que no se les dañen*.

¿Su procedimiento es funcional?

"Yo no he tenido casos de rechazos, ninguno. Lo que pasa que hay que controlar los chiguines con ganas de estar fregando. Entonces los chiguines le digo: No, no hijitos esto no es para estar fregando*.

¿De acuerdo a su experiencia que opinión se merecen las otras bombas?

"No me gustan, las he visto para pilas para darle al ganado, todo el sistema que se localiza abajo cuesta sacarla. Esa agua tiene mal olor, mientras que ésta es más higiénica, no tiene olor al sarro, y es sólo de tener listo su mecate con sus empaques, y queda funcionando, mientras que la otra quien va poder armarla, tiene que andar detrás de ellos. Tanta gente que llega a sacar agua y no tiene mucha vida los empaques. No sé que sistema tendrá que no resiste: luego quitan las tapas y sacan con baldes, porque no tiene duración*.



destruida ciudad de Bluefields. Esta fue la primera implementación a gran escala, que por sus características de emergencia causó serias dificultades: problemas técnicos por tratarse de un producto todavía no muy probado y por falta de control de calidad y problemas sociales por falta de capacitación y de participación comunitaria. Aún con estas deficiencias, es interesante observar que un estudio de evaluación ejecutado dos años después, indica que **el 67% de las bombas visitadas estaba funcionando** (a pesar de no existir ningún sistema de mantenimiento). Además, el 26% que estaban fuera de función se debía al mecate, lo que significa una reparación menor. Por lo general, las usuarias estaban contentas con la bomba. Tomando en cuenta las circunstancias, estos resultados son bastante positivos.

Poco a poco se cambió la política de la Universidad Nacional de Ingeniería, que estaba patrocinando el proyecto en colaboración con la cooperativa San José, y se priorizaron los aspectos comerciales y de carácter académico. La cooperativa pierde su papel como protagonista, deja de producir y se limita a la venta de inventario.

En el mismo período de 1988, la DAR-Región V^a decide experimentar con la bomba de mecate en uno de sus programas institucionales de

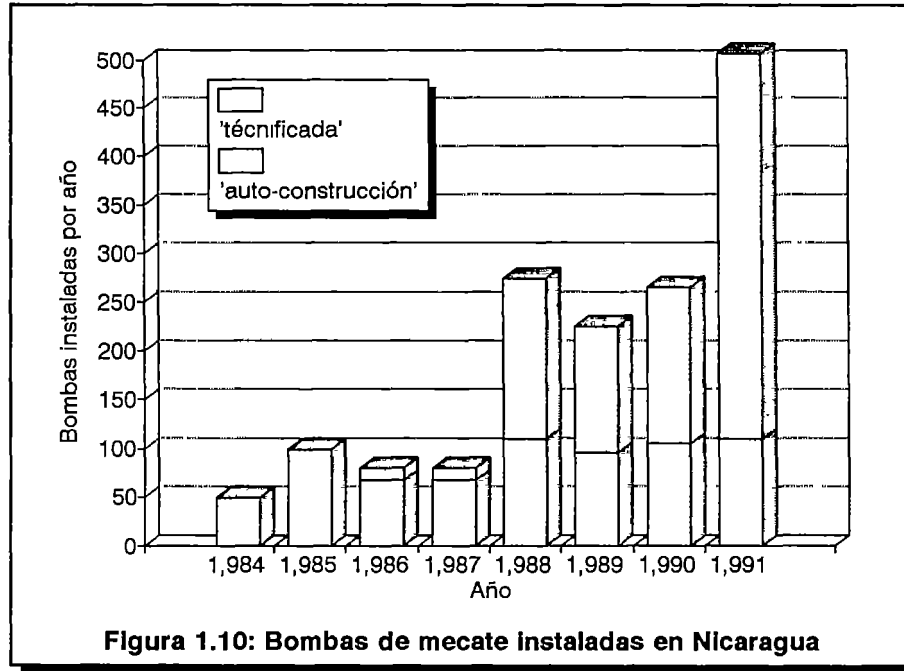
educación sanitaria, abastecimiento de agua potable y saneamiento básico rural. La rueda de hierro es reforzada y empotrada en una tapadera de concreto para mayor protección del pozo. Los cojinetes y el sistema de bloqueo son mejorados. Después de dos años de implementación limitada, los resultados son considerados positivos y se adopta la bomba de mecate como standard en todos los proyectos de la DAR-Región V^a. Además, se crea un sistema de venta no sólo de bombas de mecate sino también de materiales de construcción para mejorar pozos, letrinas, pisos etcétera, todo en combinación con asistencia técnica y educación sanitaria. Para los grupos que no cuentan con recursos, se crea un fondo de crédito. Además de estas actividades en las áreas de influencia de los proyectos, se decide promover la divulgación de la bomba mediante una publicación, iniciativa que se concreta en el presente documento.

Producto de la experiencia de Bluefields y de la región V^a, el INAA decide incorporar la bomba de mecate en un amplio estudio de tecnologías de bajo costo para el saneamiento rural, ejecutado por la universidad tecnológica (UNI) en 1989. Aunque el estudio dió algunos resultados interesantes, no superó la fase de laboratorio y prácticamente no hubo relación con la realidad del campo (Ver Ballesteros, M., 1991).

A partir de la gran demanda generada por las diferentes actividades alrededor de la bomba de mecate, surge en 1990 la 'Sociedad de Bombas de Mecate'. Esta iniciativa privada emprende su negocio de manera muy enérgica: viajan de feria en feria, transmiten anuncios por radio, y recorren el país con camionetas llenas de bombas en búsqueda de clientes. Han logrado de esta manera una venta mensual de 50 a 60 bombas. La sociedad no sólo se dedica a la venta, también invierte en mejoras en la bomba y en el desarrollo de modelos especiales buscando monopolizar sus innovaciones.

A parte de estas iniciativas mayores, existen varios proyectos de implementación de la bomba de mecate, iniciados por organismos como el CEPAD, Puentes de Paz y COOPINIC. Aunque actualmente no producen grandes cantidades, sí tienen importancia por la acumulación de experiencias y el desarrollo de diferentes metodologías de implementación.

Para dar una idea de la cantidad de bombas instaladas a lo largo de estos 8 años, véase la figura 1.10.



1.4 Metodologías de implementación

Después de esta breve reseña histórica, analizamos tres prototipos de metodologías de implementación de la bomba de mecate que hemos experimentado en Nicaragua: la auto-construcción, la venta y los proyectos institucionales de abastecimiento de agua potable. Debe quedar claro que estos prototipos son rudimentarios, y que toda iniciativa tiene elementos de los tres. Sin embargo, son útiles para analizar el alcance y las limitaciones de las diferentes posibilidades de implementar la tecnología. En cada una, haremos referencia a los fundamentos que profundizaremos en el capítulo 2.

Auto-construcción

La idea de la auto-construcción es que los mismos beneficiarios construyan su propia bomba con los recursos que están a su disposición, en algunos casos complementados con apoyo institucional. Esta metodología concuerda con la realidad de muchos campesinos que no sólo son agricultores, también son albañiles, carpinteros, etc. Además, muchas veces en el campo no hay dinero en efectivo (para comprar una bomba), mientras que sí hay herramientas, materiales de construcción, conocimientos y tiempo. Comenta William, promotor de bombas auto-construidas:

"... Las herramientas más necesarias para la construcción de una bomba pueden ser el martillo, el serrucho, una escuadra... Un machete es bien importante. Es necesario un taladro para hacer ciertos hoyos y una escofina. El sacabocado es necesario para hacer empaques pero haciéndolo despacio se puede hacer perfectamente bien con una navaja bien filuda, es decir que no es tan necesario. Nosotros lo usamos para sacarlo más rápido, ves; es lógico. Son ciertas cositas así las que se utilizan. No, no es necesario un montón de cosas si la quiere hacer sencilla."

Las bombas construidas de esta manera generalmente son rústicas y sencillas, pero representan el producto del esfuerzo de los mismos usuarios. Mayor peso tienen los fundamentos de la necesidad sentida por los beneficiados, la auto-suficiencia y la transferencia de tecnología.

Una discrepancia entre quienes han trabajado con esta metodología está relacionada con la forma de comunicación y divulgación: si es mediante talleres de construcción-capacitación o mediante promotores, o si basta ver una bomba ejemplo o leer un artículo o folleto (comunicación escrita). Otra diferencia es en cuanto a cuáles piezas y/o herramientas son compradas o producidas por los mismos usuarios. La tubería siempre se compra, pero las variaciones están en cuanto a pistones y guías.

Otro aspecto relacionado es que nunca hay solamente innovaciones populares, también hay errores. Por eso puede ser interesante un

Ramón Jiménez Mendoza auto-constructor

¿Cómo se dieron cuenta de que existe la bomba de mecate?

"Pues sencillamente que tuvimos un programa de "Campesino a Campesino", y allí logramos conseguir la revista "ENLACE", donde en un artículo se dan las explicaciones de la bomba de mecate. Nosotros aquí tuvimos la necesidad de la bomba. Con esta me resoluciona el problema, porque lo hacemos económicamente. Bomba no he visto nunca jamás, a la vez, no la he visto fuera de esta que tengo hecha, no la he visto".

¿Que se necesita para construir una bomba, tanto en conocimientos como en cuanto a recursos financieros?

"En moneda no gasté mucho porque el tubo lo tenía. Lo que compré fue la tee, dos mecates, que los compré a diez córdobas cada mecate, y eso fue todo. Trabajamos tres días y medio en hacerlo; a veces por cualquier cosa que nos fallaba. Entonces, eso lo atrasaba un poquito, que tal vez hicimos malo el marco de la rueda. Entonces, tuvimos que hacerlo de nuevo.

En la revista se dijo como hacer los pistones con una cuchilla. Nosotros hicimos un sacabocado de tubo galvanizado, lo afilamos, pusimos la llanta en un trozo y ahí le dábamos con un mazo al sacabocado, y así mismo sacamos los empaques. Lo que se necesita, tener un poquito de idea, porque quererla hacer, cualquiera la hace. Un poquito de idea nada más, idea para ver como pues puede funcionar mejor y como no falle".

¿En cuanto a la posibilidad de comprar una bomba hecha en taller, que nos comenta?

"Claro, que la de hierro, yo estoy seguro que tiene más duración, porque estamos que es hierro, pero, sin embargo, lleva otros gastos más grandes. Bueno, yo prefiero la que yo hago por la economía, porque yo busco que me salga lo más barato con lo que sea. Mientras que ya la hizo, ya tomó todos sus gastos y no puede dar un peso menos, mientras que yo no; yo voy buscando si pude hacerla de un mecatito viejo, para mientras tengo para comprar el nuevo.

El agua es lo primerito que necesitamos en el hogar, para salir uno tranquilo a cualquier gestión que va hacer de trabajo o de negocios, ahora sabe que en su casa queda fácilmente la producida del agua, porque lo importante es que el agua esté en abundancia con facilidades y todo, y económicamente. Con esta bomba no hay luz eléctrica, no hay nada, ahí solamente buscar como dar una comidita para tener fuerza*.



Foto 10: "...Yo prefiero la que hago yo..."
Don Ramón Jiménez Mendoza a lado de su bomba auto-construida a base únicamente de un artículo en la revista Enlace. (San Patricio)



Foto 4: ¿Funcionará de verdad?

Toda la familia participa en la construcción de su bomba, sea como carpintero, sea como observador. Taller de auto-construcción impartida por Wilian, de camiseta blanca, promotor de 'Puente de Paz' (El Brasil).

seguimiento que promueva una comunicación exacta para lograr una acumulación de experiencias y evitar una repetición de errores.

La gran ventaja de esta metodología es que el usuario maneja a fondo su tecnología, y en cualquier momento es capaz de repararla, adaptarla o cambiarla, de manera que realmente se puede hablar de una **tecnología popular**. Garantiza que realmente exista interés y confianza en la nueva tecnología. La tecnología no se limita al aparato, sino forma parte de un proceso más amplio de capacitación, conscientización y desarrollo, reforzando la confianza en el propio esfuerzo creativo.

Una desventaja es el impacto limitado (no todo el mundo tiene la agilidad de construir su propia bomba) y las limitaciones técnicas que impiden construir bombas para profundidades mayores. Otro problema para su crecimiento a gran escala es la falta de una red de distribución

de materiales fuera de los capitales regionales, especialmente hablando de pequeñas cantidades de tuberías y accesorios. Es posible que proyectos institucionales apoyen en este aspecto.

Venta

Muy cerca de la metodología anterior surge la de la venta de bombas, producidas por un campesino ágil que -a raíz de haber participado en la construcción de alguna bomba- empieza a construir e instalar bombas para los demás pobladores. Desarrolla sus habilidades y herramientas especiales, sin dejar de inmediato su trabajo original. Este fenómeno alentador se encuentra con bastante frecuencia. También existen iniciativas más amplias, donde trabajan varias personas a tiempo completo y que han requerido inversiones significativas para acumular bombas, contar con medios de transporte, hacer propaganda, etcétera. En ambos casos, se demuestra que la bomba es viable: por mecanismos del 'mercado libre', tanto los fabricantes/instaladores como los clientes tienen interés en la bomba. Esta es la mejor garantía para la subsistencia de la tecnología sin ninguna interferencia externa. El mayor énfasis de esta metodología está en la necesidad sentida por los beneficiados (por supuesto) y en la producción local.

La indudable ventaja que lleva esta metodología es la mayor agilidad y flexibilidad, y además la gran cantidad de experiencia acumulada (muchas bombas instaladas) lo cual posibilita innovaciones no sólo en la bomba como tal, sino también en la producción y la instalación de la misma. Si la relación con el usuario no es muy estrecha, puede ocurrir el peligro de que el funcionamiento a mediano y largo plazo se borre de la visión del vendedor. Esto puede afectar no sólo la durabilidad de la bomba ofrecida, sino también la capacitación de los usuarios en cuanto al mantenimiento y reparaciones.

Esta metodología tiene gran impacto en los pozos privados, especialmente cuando existen beneficios económicos del agua (ganado, riego). Un problema es el sector de escasos recursos, que debería ser cubierto por un programa de precios subsidiados y/o de créditos.

Alfonso Aragón Amador promotor "Palo de Hule"

¿Que es el Palo de Hule y que modalidad de trabajo tiene?

"Bueno, el Palo de Hule es una fundación que está comenzando a funcionar. Tenemos un año y nos ayuda una cooperación holandesa, también el Juan XXIII nos está apoyando para trabajar en esto en la tienda. La gente de más bajo recursos hacen sus solicitudes, y en algunos casos le damos facilidades, tal vez con precio subsidiado en un cincuenta por ciento o un treinta por ciento, y queda pagándolo a plazo de tres meses o dependiendo de su capacidad. Existen unos formatitos donde queda plasmado su nombre, su apellido, la dirección, el tipo de material que va a utilizar, y donde firman. Hay un puntaje en donde la persona se valora si está en la capacidad de pagar el precio real, o si necesita un crédito o un precio subsidiado.

En la tienda tenemos de todo; por lo menos tuberías de todo diámetro, llaves, todo lo que es para agua potable, también tenemos ahí cloro, arena, cemento, bloques por si hay algunos pozos que hay que hacerle brocal, el delantal, todo eso. También hemos hecho embaldosado en casa de alguna gente pobre.

En la mayoría de los pozos donde hemos instalado bombas, casi el 60% hemos hecho todo el trabajo desde el brocal, el delantal, todo el trabajo, incluso una pila para recoger el agua. Eso es una cosa que incluye en la instalación nosotros se lo vendemos ahí y con el funcionamiento de la bomba, cuando miraron la primera bomba instalada, ya después comenzó el resto de la gente a llegar a la tienda a buscar la forma de como adquirir su bomba".

¿Como se capacita a los usuarios para el uso de la bomba?

"La capacitación de los usuarios es cien por ciento, porque para la instalación de la bomba necesito un tiempo corto de hora y media. Pero en algunos casos, por ejemplo cuando tengo dos bombas en el día, dedico todo el tiempo para que aprendan. Si es posible instalamos la bomba una vez, miramos el funcionamiento y a veces he vuelto a sacarla, y les digo que la armen ellos. Entonces comienzan, dan el primer paso y finalizan bien.

En cuatro meses he instalado 64 bombas, están en funcionamiento. En el primer mes que entré al trabajo, yo instalé 11 bombas y el resto, le quiero decir claramente que sólo en cuatro meses de trabajo. hay doscientas solicitudes esperando".

¿Siempre es necesario hacer visitas para observar como funcionan las bombas instaladas?

"Por lo menos cada fin de mes, a veces a los 22 días, llego para visitar las bombas. Pero a mí se me hace demasiado trabajo; apenas soy un promotor nada más, y visito muchas comunidades. Incluso hay comunidades como en Serrano donde tengo que hacer 6 bombas en el próximo mes. Para mí sólo me toca bastante trabajo, pero cada 22 días me doy una pasadita por lo menos en Jerusalén; en El Almendro estuve viendo unas bombas que instalamos al Banco y todas están funcionando".

¿Hay satisfacción en el trabajo?

"Las cosas más feas que yo he considerado, es que nosotros somos una emprecita pero, no somos parte del gobierno, no nos toca andar buscando o hablándole a la gente que mejoren la salud, hacer letrinas, no nos corresponde, todo eso le corresponde a las instituciones del Estado. Pero lo que en realidad he visto, es que en las instituciones del estado no se preocupan. Bueno, yo he visto eso, y me pone triste realmente.

Bueno, mi mayor satisfacción, es de que en las bombas yo he visto un mejoramiento en la salud. Ese es el factor principal para mí, de que los niños están tomando una agua higiénica porque el pozo queda selladito, clorado y ya no va a tener problema de estar metiendo un balde sucio, las manos sucias; simplemente agarrar la manigueta y sacar el agua. Cuando llegamos por primera vez hay casos que el pozo maneja cucarachas adentro. El antiguo brocal está de madera, entonces, nosotros eliminamos esa madera y exijo al dueño o usuario de que laven el pozo. Yo considero que es uno de las cosas o un factor super especial de que eliminamos el animal que estaba adentro, eliminamos el agua sucia que había, y dejamos todo nuevo, ya hecha agua nueva".



Foto 5: Agua para tomar, para lavar, para bañar...

Para impactar en la salud, hay que considerar la bomba como un elemento más dentro de un sistema integral de saneamiento: el pozo, el piso embaldosado, el baño, el desagüe de las aguas negras del lavadero. Varios de estas mejoras fueron financiadas por el "Palo de Hule" (Jerusalén).

Proyectos institucionales

Lo que llamamos aquí 'proyectos institucionales' son proyectos (generalmente con fuentes de financiamiento externo) que trabajan con un paquete integrado de suministro de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y, a veces, muchos elementos más. Dentro de este conjunto de actividades, la implementación de bombas de mecate es sólo un elemento. Generalmente se trata de pozos comunales, y el énfasis se da más en la fuerza de la bomba que en su costo. También recibe mucha atención la protección de la calidad del agua.

Aquí vale la pena referirse a un ejemplo de una combinación de proyectos institucionales con la venta a particulares: la iniciativa de la

DAR-Región V^a de ofrecer a precio razonable un paquete integral de materiales de construcción, bombas de mecate, asistencia técnica y educación sanitaria. Esta iniciativa fue descrita en el párrafo anterior y en la entrevista con Alfonso Aragón.

Una de las ventajas de este método es la mayor posibilidad de influir en las condiciones de vida de las beneficiadas por la **integralidad** de las actividades desarrolladas. Además existen, generalmente, recursos y voluntad para contribuir al estudio de la bomba y a la producción de información y documentación. El mayor peligro existente es trabajar de manera demasiado esquemática y no responder suficientemente a las demandas reales de las beneficiadas, de lo que resulta una falta de interés real por parte de ellas. Otra limitante es que estos proyectos están restringidos a áreas delimitadas y muchas veces a grupos específicos dentro de estas áreas.

Hasta aquí la descripción de las tres metodologías de implementación más desarrolladas en Nicaragua. Como se puede observar, cada una tiene sus puntos fuertes y débiles, y el lector debe decidir cuál le conviene más para cada situación y objetivo.

Capítulo 2: Fundamentos de la bomba de mecate

Cada punto de partida para analizar un problema conlleva una determinada solución tecnológica. Investigemos entonces en este capítulo los principales **fundamentos** en los cuales está basada la bomba de mecate como tecnología popular de bajo costo:

- una necesidad sentida por los beneficiados;
- impacto en la salud;
- auto-suficiencia;
- control social;
- operación y mantenimiento a nivel de poblado;
- producción local;
- transferencia de tecnología;
- conceptos técnicos-teóricos.

En el párrafo anterior, donde describimos diferentes **metodologías** para implementar la bomba de mecate, ya presentamos implícitamente estos fundamentos.

Lo expuesto aquí tiene que ver no sólo con **la metodología** de introducción de la bomba sino también con **el aparato** en sí. Ambos aspectos constituyen las dos caras de un solo tema: la introducción de una tecnología de beneficio popular. Son inseparables.

El concepto básico de la bomba de mecate es la llamada '**tecnología apropiada**'. En la literatura sobre el desarrollo tecnológico de los países del llamado 'tercer mundo', el concepto de 'tecnología apropiada' ha tenido un papel fundamental y de creciente importancia. Sin embargo, las definiciones del concepto son tan variadas que preferimos no profundizar aquí sobre este término. Muchos elementos centrales de las definiciones de una 'tecnología apropiada' son los mismos que los que se describen en este capítulo. Podemos afirmar que la tecnología de la bomba de mecate es una tecnología apropiada.

Desarrollamos a continuación cada uno de los fundamentos que forman la base de la bomba de mecate tal como se ha desarrollado y divulgado en Nicaragua.

2.1 Una necesidad sentida por los beneficiados.

Un fundamento básico en toda actividad de desarrollo (y por ende también de abastecimiento de agua potable), es que hay que partir de los intereses y la realidad de los beneficiados. Primero hay que definir entonces **quiénes** son los beneficiados y los usuarios de pozos de agua potable.

La excavación y limpieza de un pozo se considera un trabajo de hombre. Tenemos experiencias en las cuales las mujeres participaron activamente en trabajos de excavación y de albañilería pero son excepciones. En este sentido, parece lógico organizar la construcción de nuevas obras de agua con los hombres. Sin embargo, las mujeres son las más involucradas en todo lo referente al **suministro y manejo** de agua potable en la casa. En este sentido, son las primeras beneficiadas. En cuanto al **bombeo** del agua, ahí la situación es más diversa. No existe uniformidad. Una observación general que pudimos hacer en toda Nicaragua es que en el caso de pozos comunales, los que en su gran mayoría vienen a sacar agua son las mujeres y los niños. Al contrario, en el caso de pozos caseros con una pila, es generalmente un hombre o un hijo mayor quien llena la pila varias veces al día. No existe entonces un solo grupo de impacto claramente delimitado en cuanto al uso de la bomba. También en el mantenimiento se ve que generalmente son los hombres quienes se encargan, aunque existen muchos casos en los cuales las mujeres repararon la bomba. De todas formas, siempre hay que **involucrar explícitamente a las mujeres en todas las decisiones, actividades y capacitaciones** alrededor del proyecto de agua potable. Usaremos entonces a continuación el término femenino cuando se trata de usuarias, beneficiadas, etcétera, aunque es claro que no por eso excluimos a los hombres.



Foto 6: Las mujeres son las principales usuarias de la bomba

Mujer embarazada hospedada en la 'casa del parto' sacando agua para la limpieza diaria (Nueva Guinea).

Si pedimos a cualquier campesina que haga un rango de sus criterios para escoger una fuente de agua potable, responderá con un listado parecido a éste:

- 1.- la distancia y la topografía del trayecto;
- 2.- el costo por balde de agua;
- 3.- el sabor, color y olor del agua;
- 4.- el ambiente social alrededor del pozo;
- 5.- la facilidad de sacar el agua;
- 6.- ...
- 7.- y sólo en una última instancia mencionará posiblemente la calidad bacteriológica del agua.

Nosotros podemos estar en desacuerdo con este rango o

no, pero **tenemos que aceptarlo como punto de partida para nuestras actividades.** Es cierto que con un profundo proceso de educación sanitaria podría ser posible cambiar en algo este rango, pero por ahora este debe ser nuestro punto de partida. Y si queremos que las beneficiadas mismas planifiquen, ejecuten y mantengan su sistema de agua potable, tenemos que ofrecerles algo que es

importante para ellas y no agarrarnos de un esquema (por ejemplo las normas de la OPS, INAA etc.). Una vez realizadas y disfrutadas las mejoras, las beneficiadas adaptarán sus criterios, y verán la importancia de otro paso adelante, otro mejoramiento.

O sea, proponemos un proceso de mejoramientos paso por paso, asimilados uno por uno por las beneficiadas, en vez de imponer un sistema sanitario pre-diseñado.

Mantengamos estas consideraciones en mente mientras analizamos la situación del agua potable en las áreas rurales. En muchas zonas es relativamente fácil excavar pozos: la profundidad del agua oscila entre 5 y 30 metros, y el suelo no es muy rocoso. Existen pueblos donde la mitad de las casas tiene su pozo excavado, y la otra mitad compra su agua en estos pozos. En tales casos, es ridículo querer hacer en una comunidad uno o dos pozos comunales, por la sencilla razón de que la gente no va a interesarse. ¡Recordemos su lista de prioridades!

Otra situación típica en las zonas rurales son las comarcas muy dispersas, que se extienden sobre kilómetros, con micro-núcleos de 4 o 5 casas. Aquí también, un solo pozo central no tiene mucho efecto porque no corresponde al rango de prioridades.

En situaciones como estas, tiene más sentido **mejorar los pozos existentes**: hacerles su delantal, canal de drenaje, tapadera, e instalar una bomba que facilite el sacado del agua y proteja el pozo. Como hay muchos pozos, se necesitan muchas bombas; entonces la bomba debe ser barata (y como hay relativamente pocos usuarios por bomba, no es necesario que sea muy robusta). Además, muchos pozos son privados, y para impactar en estas familias habrá que desarrollar una política de venta (a precios subsidiados o no), lo cual implica otra vez una bomba barata tanto para conseguirla como para mantenerla.

La bomba de mecate cumple con estos requerimientos de precio y sencillez, y es una bomba idónea para tales situaciones.

2.2 El impacto en la salud

Se puede objetar a la política aquí presentada que una fuente de abastecimiento de agua potable debe garantizar la calidad de esta agua en un 100% (filosofía de la OPS), y que esto no se logrará mejorando pozos existentes con sus deficiencias constructivas y de ubicación.

Varios estudios han demostrado que la **cantidad** de agua disponible tiene más efectos en la salud que la **calidad** de ésta. La disponibilidad de agua en abundancia estimula el uso de mucha agua para el lavado de manos, de alimentos, de pañales, el baño, la limpieza de la casa, etcétera. Por lo visto, estas son fuentes de contaminación más importantes que un cierto grado de contaminación del agua que se ingiere. No queremos decir que no hay que velar por la calidad del agua potable, pero sí hay que tomar en cuenta que la cantidad es más importante. Los mismos estudios indican que la cantidad de agua usada se incrementa significativamente a medida que la fuente esté más cerca.

Donde existen muchos pozos excavados, hay que aprovechar estos, aún si sus condiciones higiénicas o sus características físicas no son óptimas. Con el mismo costo de una robusta y 'hermética' bomba de alto costo en un nuevo pozo central se pueden instalar 15 o 20 bombas de mecate sobre pozos dispersos particulares o comunales mejorados (con tapadera, brocal, revestimiento, canal de drenaje). Hay que valorar cuál opción tendrá la preferencia de las beneficiadas.

En cuanto a este aspecto de la calidad del agua, no hay que confundirse. Cuando hablamos aquí de limitaciones en la protección de la fuente, nos referimos principalmente a la parte de los pozos (mala ubicación, cercanía de letrinas, sin sello sanitario) y no a la bomba de mecate. Como veremos en el párrafo 3.4 la bomba de mecate parece dar igual protección al agua que las bombas 'tradicionales'. Es interesante mencionar aquí un aspecto relacionado: el alto consumo de agua tiene un efecto desviado positivo: el tiempo de permanencia del agua en el pozo disminuye, lo que impide el crecimiento excesivo

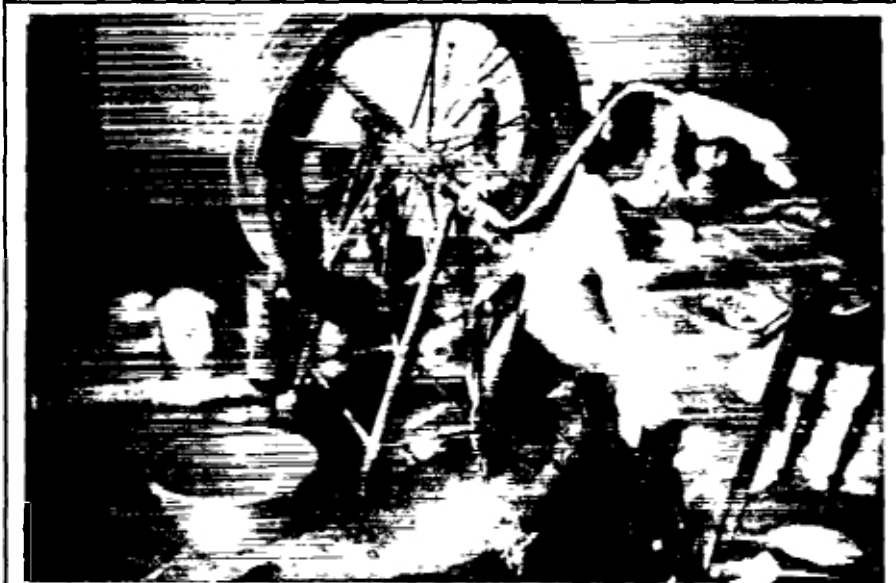


Foto 7: La bomba en la sala

Estudios han comprobado que al disminuir la distancia a la fuente de agua, aumenta el consumo de agua. Esto incide positivamente en la salud (Nueva Guinea).

de bacterias en esta agua.

Para concluir esta parte sobre el impacto en la salud, es importante enfatizar la necesidad de acompañar la introducción de pozos mejorados y bombas de mecate con **una profunda campaña de educación sanitaria que debe enfatizar especialmente el transporte, almacenamiento y uso adecuado del agua potable**. Si no se realiza esto, el impacto en la salud -que es el objetivo final de todo proyecto de agua potable- nunca se logrará.

2.3 Auto-suficiencia

Otro punto de partida en toda actividad de desarrollo debería ser que el aporte externo no se perpetúe, y sólo sirva para dar un impulso,

para desarrollar alternativas viables. Muchas veces los proyectos se concluyen, los organismos donantes se van, y sólo dejan una cantidad limitada de pozos con bombas, que no se multiplican, al contrario, más bien tarde o temprano se desbaratan uno por uno por falta de capacidad de mantenimiento. Esto no es desarrollo. El afán de los proyectos debería ser el de desarrollar una alternativa de solución que realmente sea una opción factible para la población beneficiada, aún sin la intervención de un agente donante: que se la pueda producir, comprar, instalar y reparar. Por eso, una bomba para las zonas rurales debe ser barata y factible de producir a nivel nacional, con preferencia a nivel local. La bomba de mecate es una de las muy pocas tecnologías conocidas hoy día que cumple con estos requisitos.

2.4 Control social

Es lógico que un equipo de uso intensivo como es una bomba manual requiere de cierta fortaleza. Siempre habrá uso inadecuado, usuarios descuidados, niños traviesos, etcétera, y cualquier bomba debe ser diseñada para resistir tales atentados.

Angela Jiménez Méndez, coordinadora de una comité de agua potable y saneamiento lo formula así:

"... Esta comisión está conformada solamente por mujeres. Tenemos nuestro propio rol de limpieza, son 10 familias: una familia cada día. Cuando se seca la manigeta se le hecha aceite, porque si no se cuida va a ser peor. Lo cloramos cada quince días, sabemos como aplicárselo de acuerdo a las dimensiones del pozo, no permitimos que hayan charcas y limpiamos los patios. Tenemos nuestro propio mural para informarnos y hacer campañas de higiene. Lo importante es que comprendamos porque mantener este pozo así, darle limpieza todos los días, no permitir que los niños vengan a jugar, que se cuide, no abandonarlo, y entre todos ayudar."

Muchos fabricantes intentan construir bombas muy robustas que aguanten cualquier abuso y vandalismo. Creemos que hay que

relativar la importancia de estos intentos, porque si los usuarios no valoran la bomba, nunca se logrará su cuidado, su limpieza, su buen funcionamiento, ni mucho menos el uso adecuado del agua potable, imprescindible para influir en la salud. (¿Y para qué instalar bombas bajo estas condiciones? ¿Sólo para lograr mayores índices de cobertura?) Pero si, al contrario, una beneficiada valora la bomba, automáticamente la cuidará, la reparará etc. La bomba de mecate parte del principio de que las dueñas/usuarioas la deben de cuidar. Si no hay control social, no sirve una bomba de mecate (como está diseñada

ahora), ya que es susceptible a cualquier intento de robar piezas o de dañarla de manera mal intencionada o no.

En el caso de pozos comunales, generalmente se forma un Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) de unos 3 o 4 miembros, preferiblemente mujeres, para encargarse de organizar el cuidado, la



Foto 8: "...Nuestra comisión está conformada sólo por mujeres..."

Mujeres de un comité de agua potable junto a su bomba bien protegida por un cajón y un cerco de malla (Casco urbano, Nueva Guinea).

limpieza, la administración y el mantenimiento del pozo con la bomba. Otra alternativa muy exitosa es la de los pozos 'privados-públicos': una familia pone su pozo a disposición de ciertas familias definidas de antemano, y se instala una bomba. De tal forma, se logra un pozo de utilidad pública con el cuidado de un pozo privado.

2.5 Operación y mantenimiento a nivel de poblado

Un concepto que ha recibido atención creciente de parte de los ejecutores de proyectos de agua potable y saneamiento es la Bomba de Operación y Mantenimiento al nivel de POblado (BOMPO)⁽¹⁾. Aunque exista una multitud de manifestaciones diferentes de este concepto, todos tienen varios aspectos esenciales en común: los mismos pobladores son capaces de decidir sobre todos los aspectos de operación y mantenimiento de la bomba: organizan y ejecutan las actividades acordadas. Normalmente existe un comité de agua potable y varias personas capacitadas para hacer las reparaciones.

La bomba de mecate tiene todas las características de una buena BOMPO. Sin embargo, no sólo las características técnicas de una bomba la hacen BOMPO. Todo el método de trabajo de la realización del sistema de agua debe dirigirse a realizar una situación de BOMPO: de este modo se apoya la formación del comité de agua, se capacita a diversas personas en el mantenimiento de la bomba, se procura el acceso a las herramientas y a los repuestos necesarios, etcétera. En pocas palabras: una vez concluido el sistema, la comunidad por sí sola debe ser capaz de mantenerlo funcionando.

En Nicaragua, para la mayoría de las bombas de mecate no existe ningún sistema institucional de mantenimiento. Una excepción son las bombas de mecate instaladas por la DAR-Región V^a. Ahí existe un

⁽¹⁾ El concepto es más conocido bajo su término inglés : VLOM (Village Level Operation and Management). Aquí, utilizamos el término español usado por Arlosoroff e.a., 1988.

sistema institucional de operación y mantenimiento que se limita principalmente al control de calidad del agua. Sin embargo, las interferencias en cuanto a reparaciones son mínimas. Lo que existe en la mayoría de los casos es una capacitación a las usuarias acerca de todos los aspectos del mantenimiento de la bomba, tanto organizativos como técnicos. Además existe una red limitada de venta de repuestos.

En estas condiciones, la gran mayoría de las bombas están en buen estado, demostrando que la bomba de mecate puede perfectamente ser mantenida por las usuarias, con la condición de que se les haya dado una capacitación adecuada. Lo confirma la Mirian Gutierrez González, dueña de una bomba comprada al "Palo de Hule":

"...Estaba bastante mal porque lo que tenía de brocal era un cajoncito de madera y sacábamos el agua con un mecate; Miraba que siempre amanecían cucarachas, zapos, una vez hasta un gato cayó una noche, nada de higiénico, en tiempo de invierno sólo lodo. Ahora me siento alegre porque se saca el agua con facilidad. El agua me la bebo con más confianza, con buenos precios logramos lo que ahora tenemos, conseguimos este embaldosado y todas estas condiciones así que ahora me siento tranquila con el agua tapadita. En una ocasión se nos descompuso, y mi hijo y yo lo compusimos. El mecate se pegaba y no pasaba por la guía. Sí ahora se descompone y no está mi marido yo lo compongo porque me fijé que es fácil; hasta los niños sacan el agua porque antes no, era peligroso, ahora se saca cómodo el agua y se ve más bonito".

2.6 Producción local

La literatura menciona como ventajas de una producción local de bombas de mano: ahorro de divisas, mayor probabilidad de disposición de repuestos, conocimiento para ejecutar reparaciones y finalmente, estímulo a la industria local. Las desventajas mencionadas en estos estudios son: limitaciones en el diseño por un bajo nivel tecnológico de producción y problemas de (control de) calidad.



Foto 9: Producción local

El herrero Rafael Castilla con un lote de estructuras de soporte en su taller donde produce, entre otros productos, ruedas para bombas de mecate (Juigalpa).

Es claro que el concepto de la bomba de mecate es la producción local en la medida en que sea posible. A grandes rasgos, los argumentos son los mismos que los mencionados arriba, pero vale la pena profundizar algunos:

Auto-suficiencia:

Con el fin de lograr la auto-suficiencia mencionada arriba, se busca involucrar preferiblemente a las estructuras locales de producción existentes. Esta pequeña industria local puede ser apoyada en su crecimiento introduciendo nuevas técnicas y herramientas; esto es parte del proceso de desarrollo.

Innovación local:

Para adaptar y desarrollar la bomba de mecate, las experiencias y la creatividad de los talleristas y artesanos son imprescindibles. Ellos tienen desde su práctica una visión muy diferente y muchas veces más innovadora que los profesionales.

Adaptación a las condiciones locales:

Cuando el artesano produce e instala las bombas y maneja la tecnología a fondo, adquiere la capacidad de adaptar el diseño en caso de cambiarse las condiciones de producción (por ejemplo cambios en la disposición de materiales y semi-productos, introducción de nuevas herramientas, etc.).

Relación fabricante-usuaria:

Una producción local garantiza cierta cercanía entre el fabricante y la usuaria, lo que facilita el suministro de repuestos, la ejecución de reparaciones, las adaptaciones y hasta el desarrollo de modelos especiales adaptados a la situación específica de la usuaria. Además, esta cercanía es una garantía de calidad, ya que el fabricante está sujeto continuamente al control de calidad en la práctica, por parte de las usuarias.

Un caso extremo de la producción local es la **auto-construcción** como fue descrita en el párrafo 1.4. En dicho caso, el futuro dueño hace él mismo su bomba. La gran ventaja es que el dueño maneja a fondo su tecnología y en cualquier momento es capaz de repararla, adaptarla y cambiarla.

2.7 Transferencia de tecnología

Una tecnología que pretende ser 'popular y democrática' debe ser entendida lo más profundamente posible tanto por sus fabricantes como por sus usuarias. Esto es necesario para garantizar la operación adecuada y el debido mantenimiento, pero más bien el fruto máximo para sus usuarias y también su desarrollo continuo y su adaptación a casos particulares. La transparencia de su funcionamiento y de la estructura, invita a los dueños y usuarios a experimentar con la bomba, a explorar todas las partes. Así, se puede observar muchas bombas con 'mejoras' innovadas por los mismos usuarios: un hule aquí, una palanca extra allá, más pistones, una guía casera hecha de madera. A veces no significan mejoras sustanciales, más bien originadas en un análisis incorrecto del problema encontrado. De toda maneras, esto

indica que los usuarios han incorporado la tecnología y no tienen miedo de ensayar y examinar su bomba.

El manejo a fondo de una tecnología entonces implica más que la entrega de una bomba con un juego de repuestos y un 'manual del usuario'. Más bien indica la necesidad de que las usuarias, junto con los fabricantes, exploren el conjunto de la bomba con el fin de experimentar, analizar y probar ideas nuevas que surjan del colectivo.

Creemos que en esto se fundamenta gran parte del éxito que ha tenido la bomba de mecate en Nicaragua. Podemos afirmar que los artesanos y usuarios han aportado mucho en el desarrollo de la bomba de mecate. En realidad, han jugado un papel mucho mayor que los técnicos e ingenieros.

Como vimos en el capítulo 1, conocemos en Nicaragua muchas formas de divulgar la tecnología que van desde la venta libre sin ninguna capacitación hasta la auto-construcción por los mismos usuarios. El último concepto se inscribe, sin ninguna duda, mucho mejor en la filosofía de la bomba de mecate como está descrita aquí, pero este método tiene sus limitaciones: exige un alto nivel técnico y social de los promotores. Aún así las posibilidades técnicas son limitadas, lo que impide prácticamente aplicaciones a profundidades mayores de 20 metros. De todas formas, consideramos que sí es imprescindible una discusión y conocimiento a fondo de todos los aspectos de la bomba de mecate con sus promotores y fabricantes (artesanos).

2.8 Conceptos técnicos-teóricos

Hasta aquí, sólo hemos ampliado aspectos socio-económicos y culturales de la tecnología de la bomba de mecate. También existen consideraciones técnicas fundamentales en favor del concepto básico de la bomba de mecate. Para explicar estos, hacemos una comparación con las bombas manuales de cilindro.

La gran mayoría de las bombas manuales tiene un pistón colgado a la sonda y un cilindro con una válvula de pie colgado al tubo de subida. Al recorrer la carrera, el pistón con la sonda y la columna de

agua se aceleran y deceleran continuamente. El peso de la columna de agua descansa un momento en el pistón (sostenido por la sonda), y el próximo momento en la válvula de pie (sostenida por el tubo de subida), en una alternación continua. Esta **carga dinámica alternada**, sumada a los golpes debidos a la aceleraciones⁽²⁾ implica **fatiga y arrastre** para la sonda y el tubo de subida, especialmente en la rosca y mucho más si estas piezas están hechas de algún plástico. Estos problemas ocurren especialmente en desniveles de bombeo mayores de 40 metros. Por la relativa elasticidad de los materiales plásticos, el sistema puede entrar fácilmente en oscilaciones desde cierta profundidad, aumentando aún más las tensiones y los efectos de cansancio y arrastre. Además de estos problemas constructivos, los efectos de aceleración y deceleración alternadas, tanto de la sonda como de la columna de agua, impiden un alto rendimiento mecánico de la bomba.

Al contrario, la bomba de mecate tiene la inmensa ventaja de un movimiento unidireccional circular sin fin. No hay aceleraciones continuas de la columna completa de agua ni de piezas. Tal movimiento implica una **minimización de aceleraciones y una carga estática** (por lo menos en las piezas de mayor concentración de fuerzas; claro que el eje sí está sujeto a una carga dinámica) con todas sus ventajas en cuanto a poca carga de piezas y pocas pérdidas mecánicas. La carga de la columna de agua se distribuye uniformemente sobre el mecate dentro del tubo, debido a la cadena de pistones. El tubo de subida nunca necesita aguantar una presión mayor a algunos metros de columna de agua (la distancia entre los pistones), más su propio peso. Esto es una carga de apenas el 3% comparada con la de un tubo de subida en una bomba de cilindro a una misma profundidad de 40 metros. El único elemento que está sujeto a cargas considerables es el mecate, y aún esta carga es estática y mucho menor a la de una sonda por ausencia de los golpes de la aceleración. Esta situación implica que podemos bombear desde muy grandes desniveles de bombeo con simples tubos de PVC. Sólo el mecate deberá ser más fuerte, lo que significa ningún problema técnico.

⁽²⁾ Besselink e.a., 1990 han medido y calculado factores de 1.2 a 1.8 con respecto a la carga estática.

Las pérdidas mecánicas son mínimas, lo que implica rendimientos mucho mayores que los de las bombas de cilindro. Además, el movimiento circular de la manivela de la bomba de mecate es mucho más agradable para el usuario que la basculación de una palanca. El estudio de adaptar el diseño de las máquinas a la medida de los usuarios se llama la ergonomía. Esta ciencia nos dice que se puede desarrollar mucho mayor potencia con un movimiento circular que con el movimiento de basculación de una palanca como lo conocemos en las bombas tradicionales. Es entonces por dos razones que la bomba de mecate está bombeando más agua que las bombas con cilindro: da mayores rendimientos y es ergonómicamente más adaptada.

La carga reducida de las piezas bajo agua y la ausencia de rosca hace posible el uso de materiales no-metálicos, también para profundidades mayores, sin peligro de arrastre. Y como la bomba de mecate no tiene ninguna pieza metálica bajo el agua, no existe ningún problema de corrosión en esta zona crítica.

Con estas consideraciones técnicas-teóricas concluimos este capítulo sobre los diferentes fundamentos de la bomba de mecate.

Capítulo 3:

Características de la bomba de mecate

En este capítulo presentamos las **características técnicas** de la bomba de mecate:

- operación y mantenimiento;
- confiabilidad;
- caudales, desniveles de bombeo y rendimientos;
- protección de calidad de agua, y;
- costos.

Como es inevitable dar datos cuantitativos, usamos como ejemplo dos modelos típicos: la **'tecnificada'**, que es implementada por la DAR-Región V^a, descrita ampliamente en la segunda parte, con rueda de hierro, tapadera de concreto, pistones de polietileno (PE) inyectados y guía de arcilla esmaltada, y la de **'auto-construcción'**, con rueda y guía de madera y pistones de hule.

3.1 Operación y mantenimiento

La bomba de mecate tiene excelentes características en cuanto a su operación y mantenimiento a nivel de poblado o de propietario. Esto se ha comprobado en la práctica. Aun en los casos en donde no se ha hecho mucho énfasis en el tema del mantenimiento, notamos en la gran mayoría de ellos un regular estado de mantenimiento de la bomba: un ejemplo es el caso de Bluefields, figura 1.8. Mucho más si los usuarios han vivido una real transferencia de tecnología, no es sorprendente que les cueste poco ejecutar el mantenimiento adecuado de su bomba.

Básicamente, el mantenimiento se limita al engrase semanal de los cojinetes. Dos piezas son sometidas a un desgaste continuo y tienen que cambiarse una o dos veces al año: el mecate y los pistones. En el anexo A damos la frecuencia de cambio y calculamos el costo

mensual según las diferentes condiciones de uso; en la tabla 3.1 damos un resumen. Como ilustración, damos en la tabla 3.2 las vidas útiles para un caso típico.

Tabla 3.1: Costos de mantenimiento en \$/mes.							
Bomba 'tecnificada'				Bomba de auto-construcción			
Caudal (m ³ /día)	Profundidad (m)			Caudal (m ³ /día)	Profundidad (m)		
	10	20	30		10	20	30
8	1.09	1.93	2.76	8	1.09	-	-
4	0.92	1.09	1.46	4	0.91	1.08	-
1.5	0.85	0.93	1.04	1.5	0.86	1.04	-

La tabla indica los costos de mantenimiento en \$/mes (precio de venta de fábrica) para dos casos: 'tecnificada' y 'auto-construcción' según diferentes condiciones de uso. Note que la diferencia en costo de mantenimiento para los dos casos es mínima. Cálculo: anexo A.

Tabla 3.2: Vida útil de las piezas de la bomba en meses		
Pieza	'tecnificada' (guía de arcilla esmaltada; pistones de PP o PE)	'auto-construcción' (guía de madera; pistones de hule)
Mecate	10	6
Pistón	20	18
Pintura	24	24
Guía	36	6
Cojinetes	36	36
Tubería de descargue	48	48
Tubo de subida	48	48
Rueda	48	48

La vida útil es dada en meses para dos casos: 'tecnificada' y 'auto-construcción'. Condiciones relativamente severas bombeando 4 m³ al día con un desnivel de bombeo de 24 m. Las vidas **negritas** son probadas en el campo, las demás son estimadas. Cálculo: anexo A.

Las **herramientas** necesarias para cambiar el mecate, los pistones y

la guía se limitan a una navaja y un tizón. Para cambiar los cojinetes se necesita una llave fija N°10. Una sierra y pegamento PVC se requieren para cambiar la tubería.

En cuanto al **personal** requerido para el mantenimiento, las calificaciones para poder hacer los cambios son mínimas, y después de una capacitación de medio día, cualquier usuaria puede hacer el mantenimiento. El mecate y los pistones se cambian en media hora (la mayor parte de este tiempo se ocupa en fijar los pistones sobre el mecate), mientras el tiempo necesario para sacar la bomba se limita a unos 15 minutos.

En el caso de 'auto-construcción', en donde se usan pistones de hule y guías de madera, los repuestos pueden hacerse en la comunidad misma. En el caso 'tecnificado' se usan pistones de PE y guías de arcilla esmaltada, entonces es necesario montar un sistema de **distribución de repuestos**: existe dependencia de este sistema. Hasta ahora, nuestras experiencias se limitan a estructuras ligadas directamente a proyectos o a empresas de venta de bombas de mecate. En la mayoría de los casos, esto es suficiente, pero en caso de tratarse de proyectos institucionales que terminan, hay que garantizar la continuidad del suministro de repuestos mediante una red de tiendas (privadas) que garanticen los repuestos a precio de mercado.

Finalmente es importante enfatizar que es preferible implementar un sistema de mantenimiento preventivo en vez de correctivo. O sea, promover fuertemente que los dueños/cuidadoras controlen con frecuencia las partes de la bomba que están sujetas al desgaste, y las cambien antes de que fallen. En la tercera parte ampliamos esta materia.

En ambos casos ('auto-construcción' y 'tecnificada') podemos concluir con plena certeza que la bomba de mecate es una bomba que cumple completamente con los requisitos de una 'BOMPO'.

Humberto Zapata Sánchez y Concepción Mendoza Castro promotores sociales

¿Que relación tienen ustedes con la problemática del agua potable y del saneamiento ambiental?

Humberto: "Trabajo en la DAR Boaco y mi formación como promotor se dio en 1,984. Mi primera experiencia como Promotor, en estos trabajos me desempeñaba en mini-acueductos y con pozos comunales donde eran equipados con bombas Dempster, 23 F y Monitor. Nuestro trabajo depende en que las comunidades se abastezcan de agua potable o que tengan una mejor salud en el campo".

Concepción: "Me formé como promotora a partir de Noviembre del 89. Para mí, el promotor social dirige todo sus esfuerzos a dar explicaciones más amplias a la comunidad, ampliar los conocimientos sobre las necesidades sociales que hay que reflexionar en el área rural para mejorar las condiciones de vida de las gentes que viven en la comunidad".

¿A partir de la práctica, que criterios se han formado con los comunitarios, respecto al uso de los diferentes tipos de bombas?

Humberto: "Yo conozco la Indian, Dempster, Monitor y muchas más. estas bombas son bien problemática en el campo rural. Comenzando de su instalación, estas bombas requieren de un equipo especializado que conozca de este tipo de bomba y necesita de un vehículo, un montón de herramientas, además bastante gente para que te ayuden, ya que la tubería y sus implementos son pesados y con una persona no podría instalarse una bomba. Los repuestos son importados, no los fabricamos aquí en Nicaragua, además que es un país pobre, y las comunidades tienen escasos recursos para mandar a importar X repuesto afuera del país para que sigan funcionando. Los comunitarios dicen que este tipo de bomba metálica de tubería galvanizada, en la mañana el agua amanece con un tomo horrible, con zarro, se dilatan hasta media hora bombiando para sacar el agua que queda en la tubería, mientras que la otra amanece hasta más helada.

Tiene una aceptación más directa para la bomba de mecate, viéndolo que es más fácil, más sencilla; sus accesorios ellos los conocen, están sencillos que le llama la atención y le interesa mucho. Porque ellos miran que pueden hacer la instalación, pueden hacer cualquier reparación y sus costos no son muy altos.

Ningún comunitario o finquero ha solicitado un tipo de bomba de estos monstruos. Han mostrado un gran interés en este tipo de bomba de mecate, y hemos tenido una gran demanda en este tipo de bomba. No sólo de privados, sino que los sectores de comunidades beneficiadas con pozos, nos han rechazado una bomba de este tipo Indian o Dempster, porque ellos ya tienen la experiencia de otras comunidades con este tipo de bomba. Para no implantarles su obra que ellos quieren, le damos la opción de que escojan y todos se han interesado en tener una bomba de mecate porque dicen de que la bomba es más fácil en el manejo".

¿Cómo considera la aceptación de la bomba de mecate de parte de los usuarios?

Concepción: "Hay un dicho que dice que el gusto entra por la vista. El campesino talves no te va a entender a fondo la tecnología, como palabra técnica de la bomba, el ve funcionar una bomba y le llama la atención, "hombre y cómo es el asunto, como es que el agua sale por el mecate", y comienza querer saber y curiosiar. Entonces, esto no le llama la atención sólo al hombre o al niño, también a la mujer porque la mujer dice. "Veo como que es más fácil, se me hace más fácil a mi como mujer o a mi niño para trasladar el agua, y ve que tiene más sencillez, sale más agua". Yo lo puedo ver desde que ellos ven la bomba como atractiva, sencilla y mas operativa".

Humberto: "Comparado con las otras bombas, si vos le decís a una señora que se le daña primero a una bomba, vos podes decir que hay miles de cosas que se le pueden dañar. Primero pueden ser los empaques, puede ser que se le safe una varilla de sonda, se le quiebre la varilla rectangular, muchas cosas que se le pueden quebrar. Entonces cuando vos le hablas de eso a las mujeres, como que ni te ponen mente, se retiran, esa es cosa de hombres dicen ellas".

sigue...

...viene

"Ellas preguntan: ¿Cual es lo que se daña más rápido a esta bomba? cuando uno les dice el mecate, cuando nosotros les mostramos la forma de cambiar ese mecate y hacer los pistones, entonces ella dice: "U,u uh, eso nosotros lo hacemos" y "No hay problema". Entonces la mujer se siente con más derecho de participar en esa bomba".

Concepción: "Claro, existe mucha diferencia, y existe mayor aceptación por parte de la mujer. Esta aceptación yo pienso que parte de que generalmente las mujeres son las que tienen mayor participación en la manipulación del agua; es ella la que utiliza el agua para todo los quehaceres domésticos, para tomar, para lavar los trastes, para bañar los niños. Todo recae sobre la mujer y también es ella que va a jalar el agua. Entonces, ella también usa la bomba de mecate en las comunidades, ella trata de tomar la decisión; "Hombre ese es el tipo de bomba que está más acondicionado a la fuerza de la mujer porque es más fácil darle vuelta, porque ésta sale más agua, mas rápido se me llena el cubo y voy a poder agilizar más y mejor el agua". Entonces, la mujer puede tomar decisión sobre el tipo de bomba porque al hacer la comparación con otro tipo de bomba, ella dice que es mas compleja. Incluso hay mujeres que han participado en la instalación y son ellas las que han tenido la responsabilidad de la reparación de la bomba de mecate, porque es mas fácil, pesan menos los accesorios, y todo es más fácil que los otros tipos de bombas".

Concepción: "Es popular, sí pues, porque ésta, en principio está hecha con material nuestro; ya no hay necesidad de traerla de otro lado y es fácil o está al acceso de todos los bolsillos de la gente de escasos recursos. Es democrático porque prácticamente todo el mundo tiene derecho a participar, todo el mundo puede participar, las mujeres incluso, los chavalos puedan participar en la instalación, la reparación y entonces, no es nada difícil; yo lo veo así".

Humberto: "Con relación a la otra bomba ahí no hay democracia, necesitamos de un equipo técnico y este equipo sólo llega hacer el trabajo, y ahí no puede participar alguien más, porque se desconoce esto, no lo pueden hacer; tiene que hacerlo el equipo técnico del INAA".

¿Que intereses identifican en cuanto a la comercialización de la bomba?

Concepción: "Un promotor, su interés muy particular es social, crear condiciones que vayan a mejorar la vivencia de la gente, de la comunidad, orientar como mejora sus condiciones. Mientras que un particular o alguien que vende una bomba, es un interés económico para beneficio muy propio, de hecho lo que le interesa es beneficiar su bolsillo y no dar todas las recomendaciones necesarias para que el hombre que compró la bomba se le esté descomponiendo a cada rato, entonces, es un interés económico y el nuestro es un interés social".

Humberto: "Yo me he sentido hasta más tranquilo en mi trabajo cuando yo llego a los comunitarios y dicen: "Fíjese que esta bomba aquí se reventó el mecate porque se pegó, pero que ya lo compramos y está funcionando". Yo siento como que nuestro trabajo ha tenido éxito, me siento que estoy desarrollando mi trabajo".

¿Cómo consideran el aspecto del control de calidad de agua y el control social en cuanto a la bomba de mecate?

Concepción: "El grado de contaminación no está en función de la bomba o del tipo de bomba que puede instalarse en un pozo, sino está en función de los usuarios. Porque por muy bien tapado que esté el pozo, o herméticamente sellado, si el usuario no sabe utilizar la bomba, o no sabe darle el uso adecuado al agua, si no ha existido una educación sanitaria sostenida, entonces, tiende a contaminarse aunque así sea el tipo de bomba".

Humberto: "Mucho control social se puede decir de que ni tanto, porque la comunidad te aprecia una bomba de ese tipo. Se ha notado en los comunitarios como si le tienen más amor a ese tipo de bombita, como la miran mas débil. Por eso ellos mismos le ponen más cuidado con referente a la otra bomba que miran si es posible le pueden amarrar hasta un buey; Pero ellos la consideran que es competente y por eso es que le tiene mas cuidado a esa bombita o como más amor se pudiera decir".

sigue...

...viene

¿Quiénes deciden o definen en el tipo de bomba a usar, que futuro o perspectivas existen?

Humberto: "La misma comunidad te ha mostrado en sí la bomba que a ellos les soluciona, es la bomba de mecate. Porque no podemos poner algo, que mañana la comunidad va a tener el mismo problema del agua; no tienen como sacar el agua, comienzan a meter trastes en el pozo, y al poco tiempo lo tenemos otra vez como estaba antes; peor, porque ya tienen una agua más concentrada con todo los microbios, no tiene circulación y estamos generando más enfermedades en las comunidades con este montón de bombas desbaratadas que vamos a tener en X tiempo".

Concepción: "Prácticamente eso va a depender de la conciencia que adquieran en cuanto al mejoramiento que ha tenido la bomba de mecate y al problema que resuelve en el área rural; Eso va a depender del grado de conciencia que adquieran tanto los organismos donantes como las instituciones para conocer a fondo, de que aquí, en este país, lo que se necesita es algo que nosotros podamos resolver, con nuestros recursos. Tiene mejor futuro la bomba de mecate, porque tiene mayor aceptación en cuanto a los menores costos y mayores ingresos que es particularmente lo que les interesa al productor privado".

Humberto: "Yo pienso que es mejor que se realicen aquí de este tipo de bomba porque es la más factible para las comunidades. Además yo pienso que durante este trayecto que nosotros hemos trabajado, aquí la bomba de mecate tiene el primer lugar".

¿Cómo sienten su participación directa en esta tecnología?

Concepción: "De hecho, nosotros como promotores, nos hemos inmerso en ese desarrollo prácticamente. ¿Que pasa? El ingeniero puede diseñar la bomba, o el hombre que la hace la puede hacer, pero las experiencias vivas, quienes las viven y las transmiten, somos nosotros con la comunidad. A partir de esas experiencias vividas o transmitidas es que se hacen todas las mejoras necesarias para poder ir mejorando esa tecnología. Entonces, al desarrollo de esa nueva tecnología, de hecho, estamos inmerso en ella, eso considero".

3.2 Confiabilidad

Para poder ampliar el tema de la confiabilidad, introducimos primero su definición. La definición de 'confiabilidad de un equipo' usada más comúnmente, es el 'Tiempo Promedio Antes de Fallar' (TPAF). Sin embargo, esta definición no considera el tiempo necesario para reparar el equipo, y en consecuencia es inadecuada para sistemas dispersos de abastecimiento de agua potable, donde el mantenimiento correctivo es un gran problema, tanto financiero como de tiempo.

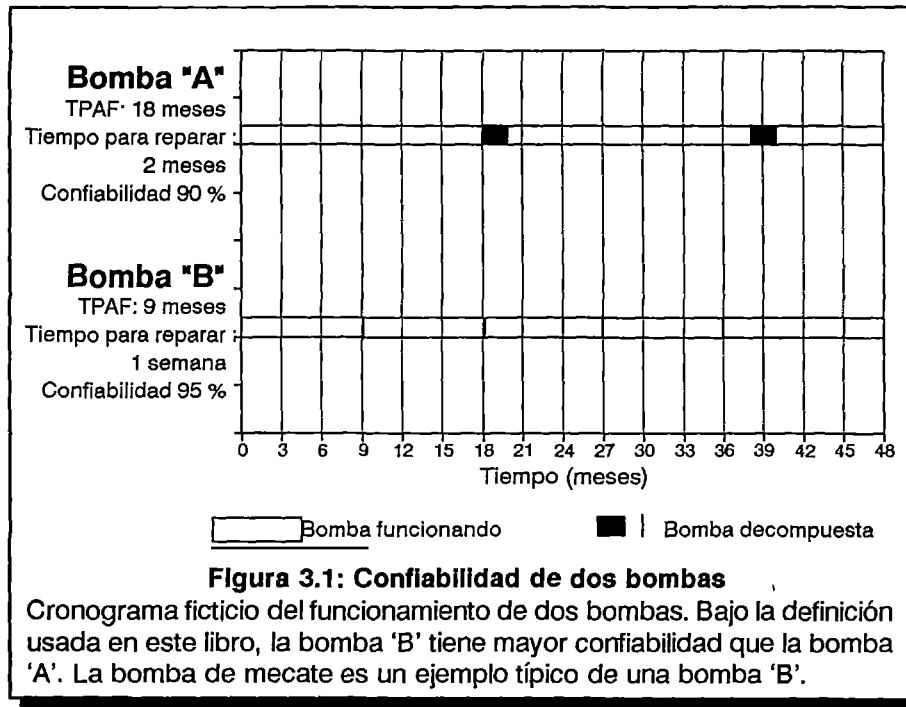
Una definición claramente distinta es usada por Arlosoroff e.a., 1988 que definen la confiabilidad de una bomba de la siguiente manera: 'Confiabilidad es lo que los ingenieros mecánicos llaman 'disponibilidad': la probabilidad de que el equipo esté funcionando en cualquier día, calculando el tiempo de funcionamiento como porcentaje del tiempo total:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Total del tiempo recorrido}} \times 100\%$$

En este libro, usaremos esta segunda definición. Las dos definiciones son ilustradas en la figura 3.1. Aunque la bomba 'B' tiende a fallar con más frecuencia que la bomba 'A', su confiabilidad bajo nuestra definición es mejor porque la reparación se efectúa con más rapidez: no se necesita traer repuestos, herramientas o técnicos de ciudades lejanas, sino que es posible hacer la reparación a un nivel más bajo (y cercano).

La bomba de mecate es un ejemplo típico de una bomba tipo 'B': no es muy robusta; sin embargo, su reparación es muy fácil y rápida. Lo único por lo que hay que preocuparse en este aspecto es la transferencia de tecnología a los usuarios y la distribución de repuestos.

La confiabilidad, bajo la definición usada aquí, no es sólo cuestión técnica: también interfieren aspectos socio-económicos y culturales como son por ejemplo:



- motivación de las usuarias para tomar acciones para reparar la bomba;
- posibilidad de seguir sacando agua del pozo aunque la bomba esté descompuesta;
- disponibilidad y calidad de fuentes de agua alternativas;
- complejidad de la reparación (costos y disponibilidad de los repuestos necesarios);
- grado de capacitación y auto-confianza de las usuarias. Aquí se demostrará si se logró realmente capacitar a las principales usuarias (las mujeres) en el mantenimiento de la bomba o solamente a quienes les tocaba hacer el pozo (los hombres).

Todos estos aspectos son puntos importantes que deben ser considerados tanto para proyectos institucionales de agua potable y saneamiento como para la venta de bombas. El uso de la bomba de mecate en sí no garantiza una alta confiabilidad, pero sí tiene el

potencial de garantizarlo siempre y cuando las usuarias estén dispuestas y capacitadas.

No se ha hecho un monitoreo sistemático en el campo sobre los porcentajes de confiabilidad de la bomba, pero podemos afirmar en base a observaciones puntuales que es buena:

- Las reparaciones se efectúan generalmente dentro de pocos días. Si se tarda, es por falta de recursos para comprar los repuestos necesarios.
- Muchas veces la reparación es realizada por la misma dueña/cuidadora, a veces alguien pagado, pero siempre algún miembro de la comunidad.
- La falta de herramientas o conocimientos técnicos nunca se menciona como obstáculo para no reparar la bomba.

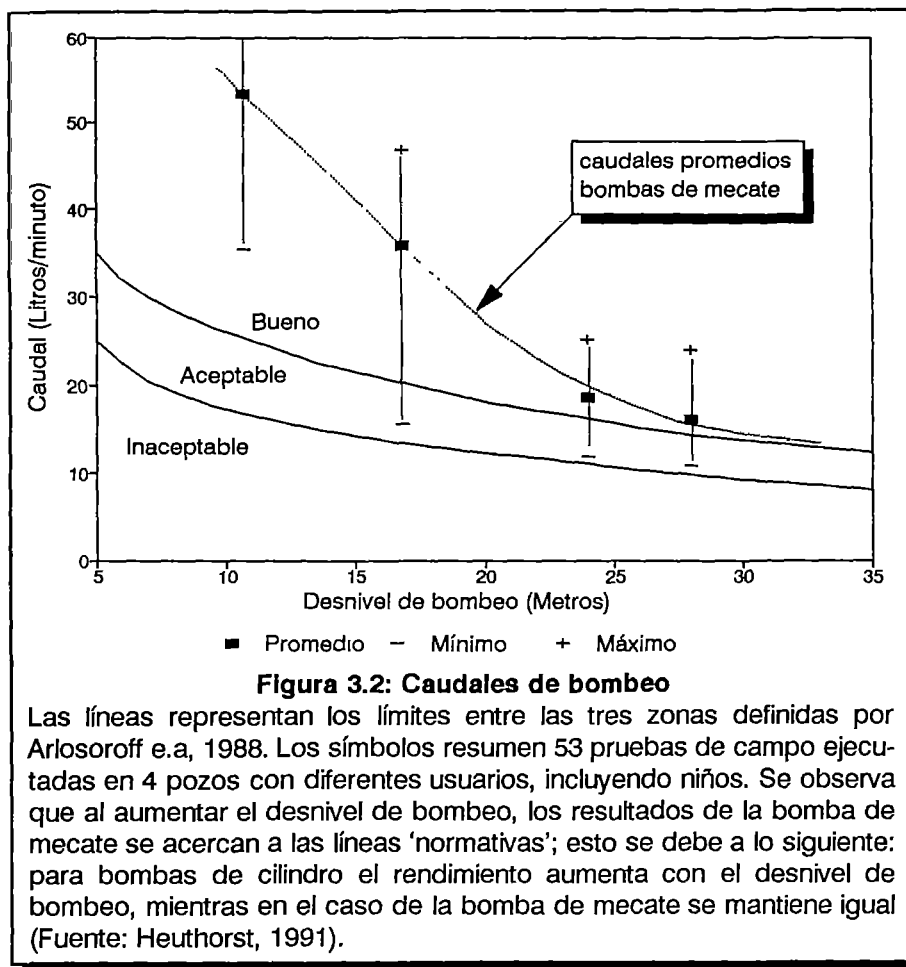
Don Emilio Miranda, miembro del CAPS de un pozo comunal, comenta:

"... Cuando se fregó la guía de porcelana, me puse a pensar: ¿por qué no puedo hacer yo esta pieza de madera? ¿Para qué voy a hacer todo el viaje a Nueva Guinea para comprar una nueva guía si aquí me la hago en medio día? Y a lo mejor la guía mía funciona mejor que estas de Ustedes que las traen desde Managua..."

Concluimos entonces, en base a estas observaciones puntuales, que la confiabilidad de la bomba de mecate es buena.

3.3 Caudales, desniveles de bombeo y rendimientos

Para las usuarias, un gran caudal de agua es casi siempre primordial, más importante que un accionamiento liviano. Casi toda la gente prefiere hacer un gran esfuerzo y obtener un gran chorro de agua antes que cansarse menos pero dilatar más tiempo en llenar su balde. Varias veces hemos instalado temporalmente una bomba con un tubo de subida de mayor diámetro que el aconsejado por las normas teóricas



de la ergonomía (por falta de tubos o pistones de las medidas correctas), pero al instalar unas semanas después una bomba 'bien diseñada', según los parámetros ergonómicos, las usuarias querían regresar a su bomba original. O sea, encontramos generalmente que las usuarias aplican una potencia muy por arriba de los 100 Wattios. Sin embargo, consideramos que hay que evitar bombas con un accionamiento pesado para no dificultar el uso por parte de los niños y las mujeres.

Arlosoroff e.a., 1988 definen en la figura 3.2 caudales buenos, aceptables e inaceptables para diferentes desniveles de bombeo. Como estos caudales dependen directamente de la potencia desarrollada por el usuario, la gráfica no es única: un hombre fuerte saca más agua de la misma bomba que una niña. Resulta de la gráfica que también en este aspecto, la bomba de mecate cumple perfectamente con las normas establecidas; especialmente para pozos relativamente poco profundos, los caudales son muy superiores a lo requerido.

En base a las experiencias de campo, entre otros el estudio de caso de El Pochote, podemos definir la tabla 3.3 para dar una idea global de las posibilidades de la bomba de mecate en cuanto a cobertura.

Tabla 3.3: Horas de bombeo diario				
Nº de usuarios	Caudal m ³ /día	Profund. → 10 m	20 m	30 m
		Caudal → 0.9 l/s	0.5 l/s	0.3 l/s
75	1.5	0.5 horas	0.9 horas	1.4 horas
200	4.0	1.2 horas	2.7 horas	5.0 horas
400	8.0	2.5 horas	5.0 horas	7.8 horas

La categorías de caudal diario son tomadas de Arlosoroff, 1988. La cantidad de usuarios es estimada en base a este dato asumiendo un consumo de 20 litros por persona por día.

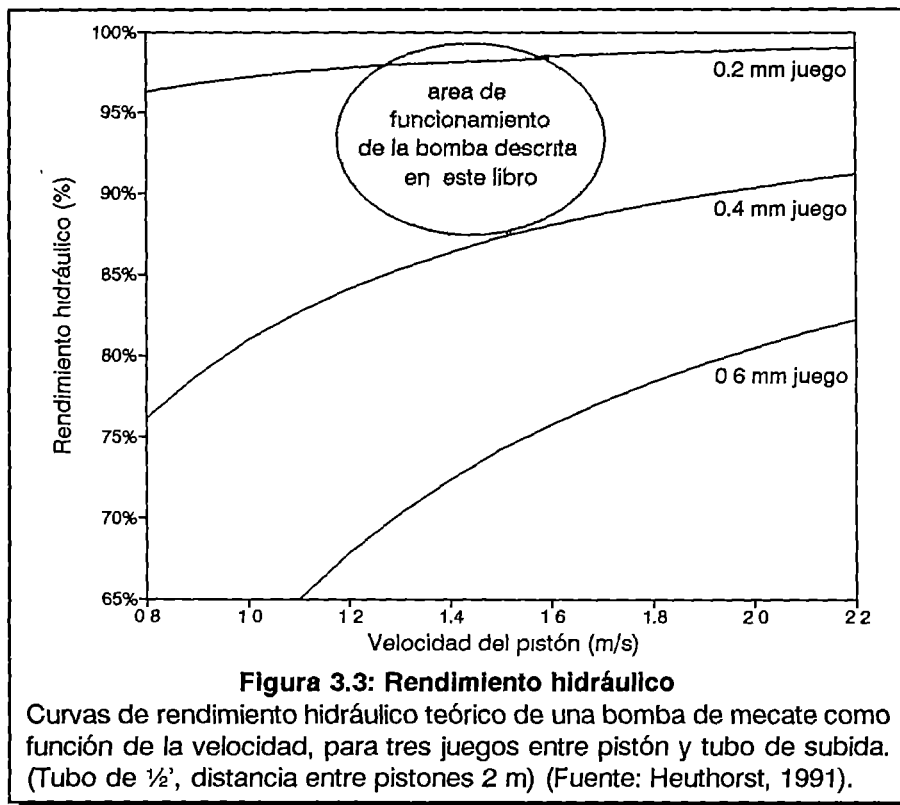
Una tema relacionado directamente con los caudales diarios es el de los rendimientos de la bomba. Aunque analizamos más profundamente este tema en el capítulo 7, vale la pena tocar aquí la problemática.

El **rendimiento total** de la bomba varía entre 60 y 90%, lo que es alto para una bomba manual. Un rendimiento alto es de especial interés en los pozos profundos donde el bombeo del agua se vuelve un trabajo serio. En pozos con un desnivel de bombeo de unos 35 - 40 metros (que son lo más profundos en los cuales hemos instalado bombas de mecate), los rendimientos siempre son buenos.

El rendimiento total de una bomba es el producto del rendimiento hidráulico por el rendimiento mecánico.

El **rendimiento mecánico** consiste en las pérdidas de fricción entre las diferentes partes móviles de la bomba. Es difícil establecer por medio

de pruebas el rendimiento mecánico pero lo estimamos en base a experiencias de campo en un 80% - 90%. (Como se amplió en el párrafo 2.8, las pérdidas mecánicas de una bomba de mecate son en principio menores que en una bomba de desplazamiento con cilindro y pistón.)



El **rendimiento hidráulico** consiste en la fuga del agua por el angosto anillo que existe inevitablemente entre el pistón y la pared del tubo de subida. Este rendimiento sí es fácil de medir, y pruebas de campo demuestran que varía entre 80% y 95%. El rendimiento hidráulico depende de varios factores de producción, principalmente el juego entre pistón y tubo de subida y la velocidad del pistón. La dependencia de estos dos factores es reflejada en la figura 3.3.

Hablando del rendimiento de la bomba, no se puede dejar de tocar el tema de la ergonomía: la facilidad de movimiento, o sea el 'rendimiento' del usuario. Es conocido que en un movimiento fácil de accionar la bomba permite al usuario desarrollar más energía con menos cansancio. El movimiento uniforme circular de la manivela es en este aspecto mucho más favorable que el movimiento de basculación de una palanca. Estos no sólo son los criterios de las usuarias en Nicaragua, también es una conclusión de las pruebas de campo y de laboratorio reflejadas en Arlosoroff e.a., 1988.

Se podría mejorar un poco más este aspecto incluyendo un volante en la polea, elemento que se debe considerar para pozos de gran profundidad o para gran caudal.

Concluimos entonces que también en materia de rendimientos, la bomba de mecate cumple completamente con los requisitos.

3.4 Protección de la calidad del agua

Una de las principales razones para instalar bombas manuales es proteger la calidad del agua potable en el pozo: la bomba sella el pozo e impide infiltraciones de aguas contaminadas. Si bien es cierto que la bomba de mecate no sella herméticamente el pozo (piense en el mecate y en los orificios de los tubos protectores), sí ha probado dar una muy buena protección. Por lo visto, la tapadera de concreto con los tubos protectores hace imposible la intrusión en el pozo de aguas contaminadas caídas en la tapadera, y las posibilidades de contaminación por medio del mecate también parecen mínimas, más aún cuando se ha instalado la protección de la polea.

La figura 3.4. refleja un estudio comparativo de la calidad del agua en pozos sellados con bombas de mecate y con bombas Dempster. Se puede observar que no hay grandes diferencias entre las dos categorías de pozos, y aunque la muestra es pequeña, se podría concluir que otros factores no muy tangibles son más importantes en el control de la calidad del agua que los diferentes tipos de bombas.

En este estudio, sólo hemos considerado pozos en buenas condiciones, descartando casi un 40% de los pozos por imperfectos en la construcción, ubicación o mantenimiento. Tampoco tiene sentido instalar una bomba que selle herméticamente estos pozos.

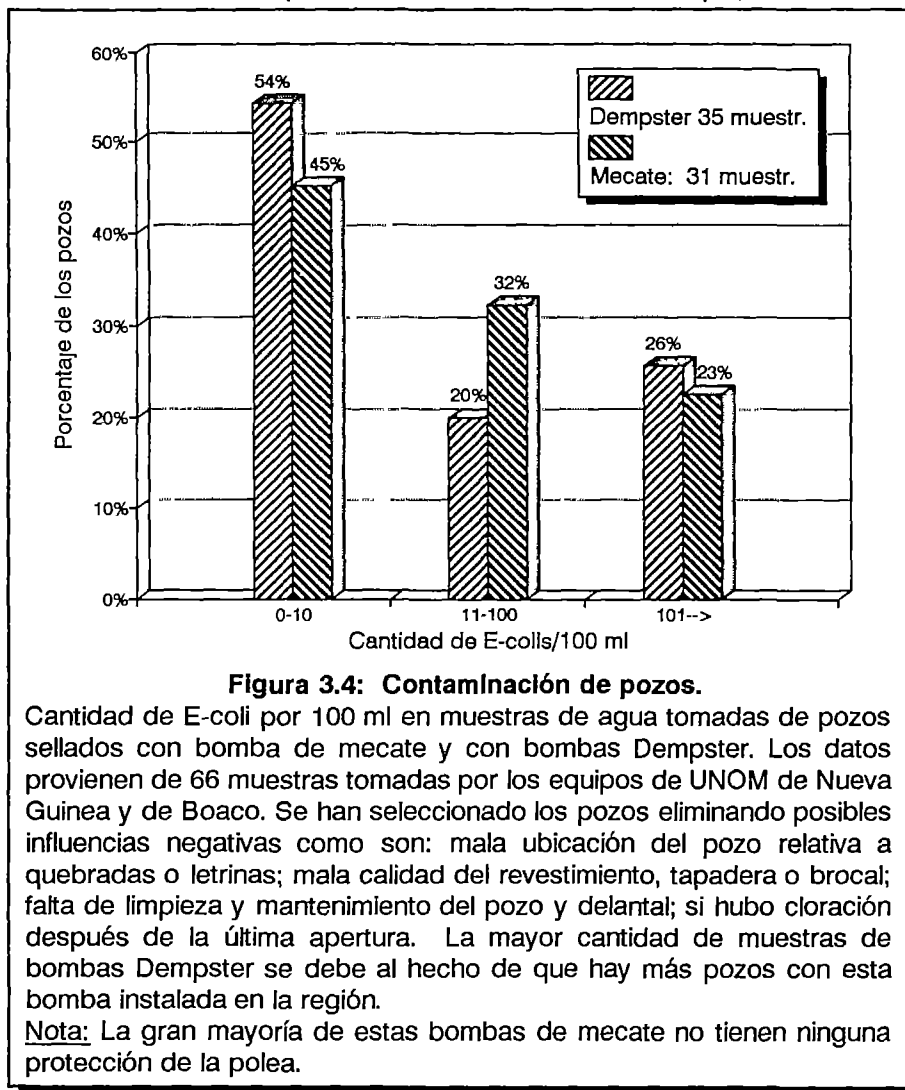


Figura 3.4: Contaminación de pozos.

Cantidad de E-coli por 100 ml en muestras de agua tomadas de pozos sellados con bomba de mecate y con bombas Dempster. Los datos provienen de 66 muestras tomadas por los equipos de UNOM de Nueva Guinea y de Boaco. Se han seleccionado los pozos eliminando posibles influencias negativas como son: mala ubicación del pozo relativa a quebradas o letrinas; mala calidad del revestimiento, tapadera o brocal; falta de limpieza y mantenimiento del pozo y delantal; si hubo cloración después de la última apertura. La mayor cantidad de muestras de bombas Dempster se debe al hecho de que hay más pozos con esta bomba instalada en la región.

Nota: La gran mayoría de estas bombas de mecate no tienen ninguna protección de la polea.

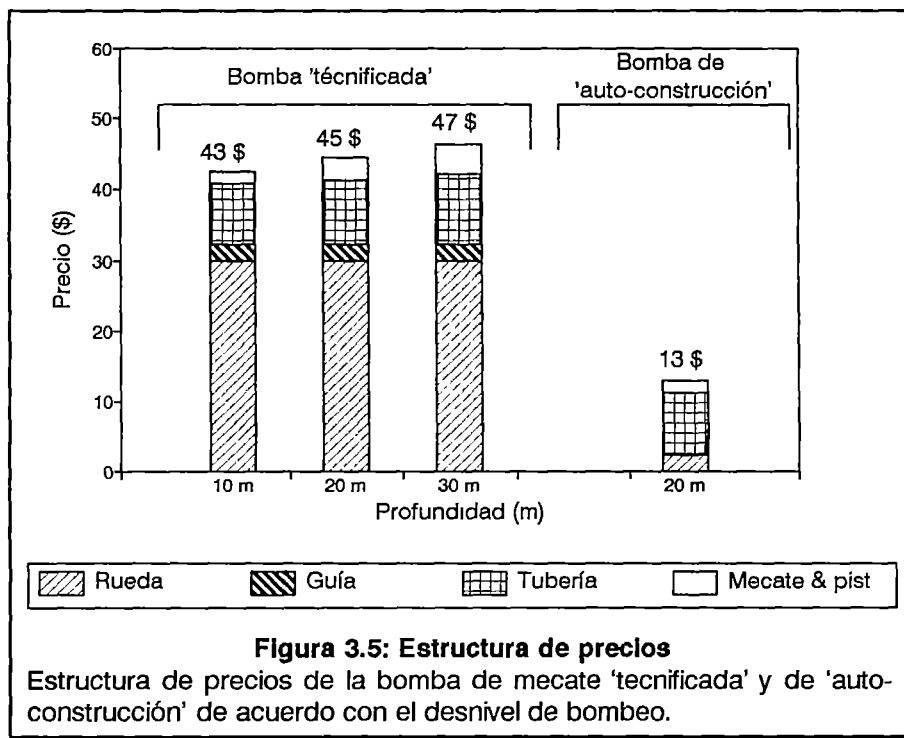
En la discusión sobre la protección de la calidad del agua hay que tomar en cuenta también otro factor: la confiabilidad de la bomba. De poco sirve una bomba que da muy buena protección al agua si la bomba en sí no es confiable: resultará en que gran parte del tiempo las usuarias sacan agua del pozo con un balde con mecate. También es importante mantener en mente que cada vez que se abre un pozo, hay posibilidad de contaminación, lo que implica la necesidad de clorar el pozo al cerrarla. Si no se hace adecuadamente, puede afectar la calidad del agua. Humberto, coordinador de promotores no deja ninguna duda:

"... No podemos poner algo que mañana, la comunidad va a tener el mismo problema del agua, que no tienen como sacar el agua. Comienzan a meter trastes en el pozo y al poco tiempo está otra vez como estaba antes, peor porque ya tienen una agua más concentrada con todos los microbios, no tiene circulación y estamos generando más enfermedades en las comunidades con este montón de bombas desbaratadas que vamos a tener."

Por fin una última consideración al respecto. Muchas bombas de mecate en Nicaragua están instaladas en pozos sin tapadera o con tapadera de madera. Aunque es cierto que en estos casos la protección del pozo no es tan buena como con una tapadera de concreto, sí es bueno enfatizar que la bomba también en estos casos significa una mejora sustancial en las condiciones higiénicas de las beneficiadas, porque la facilidad de sacar el agua invita a usar cantidades mayores (Ver párrafo 2.2: El impacto en la salud).

3.5 Costos

La bomba de mecate es una bomba sumamente barata: el precio de costo del modelo 'tecnificado' varía de 43 \$ a 47 \$ según la profundidad, mientras una bomba de auto-construcción vale unos 13 \$ (¡Este precio no atribuye un valor económico a la madera para la rueda! El precio de mercado de esta madera sería de 8 - 10 \$, pero la práctica muestra que casi siempre se usan pedazos viejos).



Para un programa de inversión de proyectos de agua potable y saneamiento este dato no es muy significativo: el costo de una bomba significa un porcentaje mínimo del costo total de un proyecto, y las demás características de la bomba son valoradas -con razón- más importantes que su precio de compra. Pero bajo otro concepto -el de la auto-suficiencia de la población rural de escasos recursos- el valor de consecución de la bomba sí es sumamente importante. El bajo costo de la bomba de mecate hace posible una gran divulgación de ella ya que mucha gente (sea como núcleo familiar, sea uniéndose varias familias) está dispuesta y es capaz de pagar tal suma por una bomba, tomando en consideración además los bajos costos de instalación y de mantenimiento.

La gráfica 3.5 y la tabla 3.4 muestran detalles del costo de las bombas por pieza y por profundidad.

Se pueden hacer las siguientes observaciones:

- El costo aumenta relativamente poco con la profundidad del pozo: mucho menos que para otras bombas. Esto se debe principalmente al uso de tubería PVC de pequeño diámetro, que es un producto relativamente barato, y además se observa el siguiente fenómeno: a mayor profundidad del pozo, menor diámetro de tubería y por ende menores costos de tubería por metro.
- Sólo el valor del mecate con los pistones crece casi linealmente con la profundidad: aunque relativamente este valor no significa mucho, sí incide en los gastos de mantenimiento (Ver párrafo 3.1).

Tabla 3.4: Costos por pieza de una bomba de mecate en \$
(desnivel de bombeo: 24 m.)

Pieza	Bomba tecnificada		Bomba auto-construcción	
	Valor US \$	%	Valor US \$	%
Rueda (materiales)	12.00	27%	2.50	19%
Rueda (producción)	18.00	40%	-	0%
Guía	2.50	6%	-	0%
Tubería de descargue	2.23	5%	2.23	17%
Tubo de subida	6.72	5%	6.72	51%
Mecate & pistones	3.28	7%	1.68	13%
Totales:	44.73	100%	13.13	100%

Analizando los datos de la gráfica y de la tabla, hay que tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Usamos tanto para la bomba de 'auto-construcción' como para la 'tecnificada' los mismos precios al por mayor. En la práctica, si la bomba de auto-construcción no es apoyada por algún proyecto, su costo real puede duplicarse o hasta triplicarse por la gran diferencia que existe entre los precios al por mayor y los precios en las ferreterías departamentales.
- La Nicaragua de hoy es un país caro para producir; la eficiencia de producción es muy baja y los salarios son relativamente altos. Es

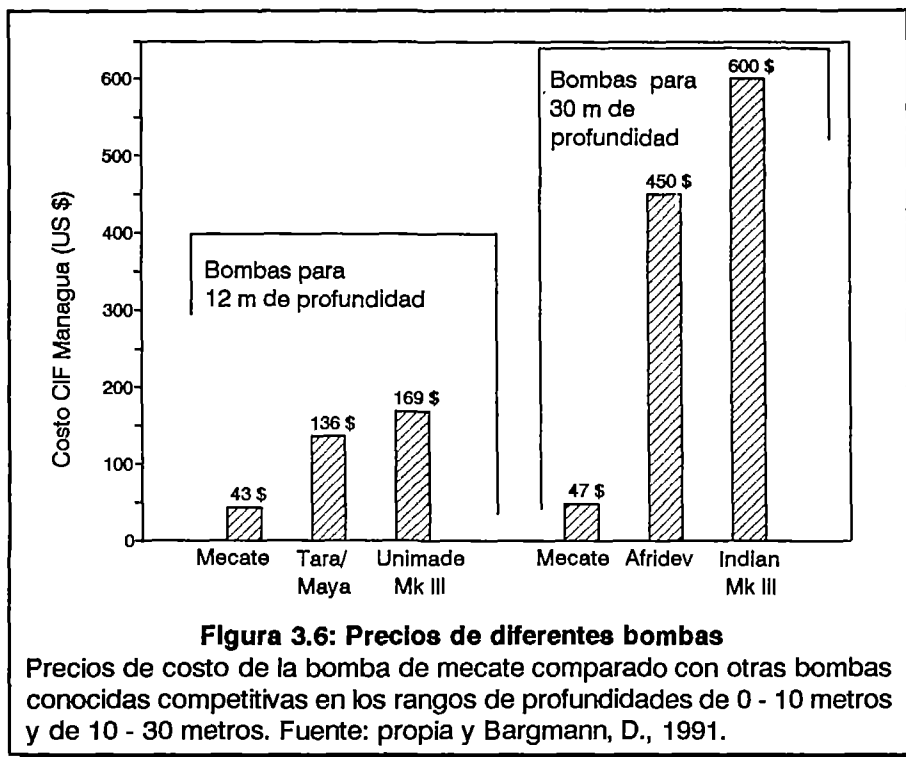
probable que los costos sean menores en otros países.

- Los valores reflejados son los precios de venta de los suplidores de cada pieza. Los costos de ensamblaje e instalación son pequeños: en el caso de una tapadera de madera 1-2 horas-hombre, en el caso de una tapadera de concreto 8 horas-hombre. También existe una inversión significativa en recolectar todas las piezas en las diferentes pequeñas empresas que las producen:
 - el taller de soldadura para la rueda;
 - la cordelería para el mecate;
 - el taller de inyección para los pistones;
 - el taller de cerámica para la guía, y finalmente
 - la fábrica de tubos PVC.

Este costo de andar buscando todas las piezas -aunque puede ser significativo- no es posible atribuirle un valor y no es tomado en cuenta.

- El costo de una máquina no dice mucho si no se conoce su vida útil. Estimamos la vida útil de la rueda (que representa el mayor costo) en unos 10 años: las demás partes serán cambiadas cada cierto tiempo, como se refleja en el anexo A. Incluimos estos gastos dentro de los costos de operación y mantenimiento.

Para comparar el costo de la bomba de mecate con otras bombas más conocidas, véase la figura 3.6.



Analizamos en este capítulo las diferentes características de la bomba de mecate: operación y mantenimiento, confiabilidad, caudales, desniveles de bombeo, rendimientos, protección de calidad de agua y finalmente, los costos. Pasamos ahora a los aspectos de producción.

Capítulo 4: Producción

Uno de los puntos fuertes de la bomba de mecate es que no requiere un alto nivel tecnológico para su producción, y puede fabricarse en cualquier país con bajo nivel industrial. Como existen muchos diseños de la bomba no es posible generalizar y tenemos que diferenciar por modelo y por pieza para analizar los aspectos de producción. Haremos esto en la segunda parte. Aquí, nos limitamos a analizar los niveles de producción requeridos para los modelos típicos de bombas (Párrafo 4.1) y a hacer apuntes sobre la organización de la producción y cómo involucrar la pequeña y micro industria en ésta (Párrafo 4.2).

4.1 Niveles de producción

Para concretar la discusión sobre la factibilidad de producir una pieza en X o Y lugar, definimos en la tabla 4.1 cuatro niveles tecnológicos de producción, dependiendo de las herramientas y materiales que están disponibles en cada nivel⁽³⁾.

Ahora que hemos definidas las características relevantes de los diferentes niveles tecnológicos, podemos analizar cuál pieza puede ser producida en cuál nivel. Hacemos esto en la tabla 4.2 para los dos tipos de bomba: la 'tecnificada' y la de 'auto-construcción'.

Como podemos observar en la tabla 4.2, la bomba de auto-construcción puede realmente ser construida **'en casa'**, comprando únicamente el mecate y la tubería PVC, que es el mayor obstáculo. En cuanto a la bomba 'tecnificada', esta puede perfectamente ser construida a **nivel regional** mientras la rueda, que representa el 67% del valor de la

⁽³⁾ Nos limitamos a las herramientas y materiales relevantes para la producción de la bomba y de los moldes, pero no siempre se necesita cada herramienta mencionada para hacer una bomba.

Tabla 4.1: Definición de niveles tecnológicos de producción.		
Nivel de prod.	Herramientas disponibles	Materiales y semi-productos disponibles.
Casero	<ul style="list-style-type: none"> - Herramientas corrientes de albañilería y de carpintería (sin energía eléctrica). 	<ul style="list-style-type: none"> - Madera fina y de construcción. - Arena, cemento, hierro de construcción ¼". - Llanta usada.
Local	<ul style="list-style-type: none"> - Torno sencillo para madera 110 V, 200 W. - Soldador eléctrico 110V, 50 A. - Rueda manual para hacer mecate. 	<ul style="list-style-type: none"> - Soldadura, hierro de construcción de diferentes medidas, tubería de hierro galvanizado. - Fibra de PE para hacer mecate.
Regio- nal	<ul style="list-style-type: none"> - Torno para acero a 220 V. - Pie de rey. - Horno de cerámica con alcance de 1,300°. - Prensa manual. - Extrudora manual para PE y PP con presión de 100 N/mm² calefacción 110 V. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hierro o bronce redondo hasta 50 mm ø. - Arcilla refractaria, feldespato. - PE o PP como materia prima.
Nacio- nal	<ul style="list-style-type: none"> - Múltiples extrudoras eléctricas par PVC. 	<ul style="list-style-type: none"> - PVC como materia prima.

bomba, puede ser fabricada a nivel local. En ambos casos no hay ninguna necesidad de importar piezas, aunque la materia prima (llantas, acero, PE) sí es importada.

En el anexo B enumeramos en detalle todos los materiales, herramientas y moldes requeridos para la producción de los dos tipos de bomba.

Tabla 4.2: Nivel de producción de las piezas de una bomba de mecate				
	Casero	Local	Regional	Nacional
Tapadera	A,T			
Rueda	A	T		
Guía	A		T	
Pistones	A		T	
Mecate		A,T	A,T	
Tubería				A,T

La bomba 'tecnificada' tiene el indicador 'T' y la bomba de 'auto-construcción' el indicador 'A'.

4.2 Organización de la producción

Como vimos en el párrafo anterior, los aspectos técnicos de la producción de la bomba de mecate no tienen nada complejo. La mayor dificultad está en la **organización de la producción**. Se necesita recolectar seis tipos de elementos con muy diferentes características, probablemente de seis diferentes proveedores.

Para la bomba tipo 'tecnificada' estos son:

- materiales para el concreto de la tapadera en la venta de materiales;
- la rueda en el taller metal-mecánico;
- la guía en el taller de cerámica;
- los pistones de PE o PP en el taller de extrusión;
- el mecate en la mecatra o el mercado y
- la tubería PVC en la fábrica.

Ignacio López Pérez tallerista

¿Cuántas bombas de mecate hacen y de que diseños?

"En cuanto a cantidades, hacemos sesenta bombas al mes. Estamos en ensayos de bombas con aeromotor, que ya hemos instalado. Producimos bombas para pozos perforados, y con motor para achicar pozos. En cuanto a bombas manuales, la bomba de mecate es la mejor, porque da más caudal con menos esfuerzos. Tiene un repunte asombroso".

¿Que han hecho para satisfacer la demanda?

"Al crecer la demanda ha provocado que nosotros hagamos moldes especiales para invertir menos horas/hombres, porque esto lo hacemos por un compromiso social, abaratar los precios por producción. Decidimos idear moldes y diseños mejores, hacemos análisis estructural del equipo para equilibrar el tiempo y materiales como soldadura para la fabricación, y garantizar el balanceo de la rueda. Usamos dispositivos para cortar materiales, con esos nos ahorramos en la producción, por eso los precios son bajos.

¿Como logran hacerle mejoras a las bombas?

"Cuando nosotros vamos al campo nos gusta observar como se comportan. Lo que hacemos es que los instaladores nos dan las pautas, por ejemplo, el ruido del freno que no le gusta al cliente. En este aspecto tenemos buena comunicación, hemos mejorado muchos detalles como soldaduras, las partes que están mas sometidas a mayores esfuerzos. Además, tenemos nuestros propios criterios".

¿Que perspectivas tiene la bomba de mecate?

"La bomba de mecate en los próximos años va a tener buenas perspectivas, tiene un futuro bastante próspero para las clases pobres. Aunque todas las comunidades rurales las electrifiquen, no van a tener condiciones económicas para comprar una bomba eléctrica. Con ese objetivo se ha construido ésta bomba y mientras existan pobres, nosotros tenemos que marchar al paso de la demanda. Además, capacitar al personal para enfrentar ese reto, eso consideramos".



Foto 11: Producción de ruedas en serie

El uso de moldes para soldar la polea es una de las innovaciones que permiten lograr calidad y uniformidad, manteniendo un alto rendimiento de trabajo (taller Ignacio López, Managua).

Aunque la rueda metálica sea estandarizada al máximo, todavía tiene seis diferentes semi-productos de hierro, aparte de la llanta vieja, la soldadura y la pintura.

Para la bomba de auto-construcción, la situación es algo más sencilla, pero no mucho. Aunque no haya muchos sub-productos, sí es cuestión de conseguir **todos los materiales** (sin ninguna excepción):

- para la tapadera y la rueda, madera de construcción y tubería HG;
- para la guía, madera fina;
- para los pistones: una llanta vieja;
- mecate y

- tubería PVC.

En muchos países en desarrollo los sistemas de comunicación son débiles, el sistema bancario eficiente no es accesible a la mayoría de los pequeños talleres; el suministro de materia prima o de semi-productos no es fluido y las supuestas fechas de entrega no son muy

fijas. Tomando en consideración estos factores, se llega a la conclusión inevitable de que la instalación de una bomba de mecate necesita una **excelente planificación**.

La solución más fácil al problema es mantener una gran existencia de piezas, pero esto es caro y significa un capital inactivo. Además, induce el peligro de mala planificación en cuanto a ordenar a tiempo nuevos sub-productos. Como lo comenta con frecuencia un bodeguero: "*...todavía hay mucho en bodega...*".

Otra estrategia empleada es reunir las herramientas para hacer la mayoría de las piezas dentro de **una sola empresa**: el valor de la maquinaria para producir las ruedas, guías, pistones y el mecate suma unos 5,000 \$, lo que es relativamente poco. Las ventajas de esta estrategia son:

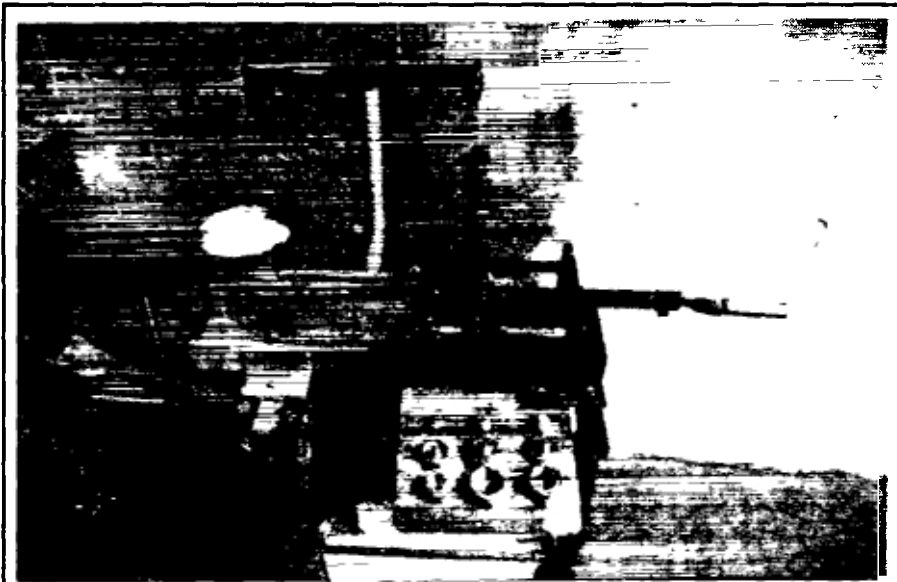
- Fácil planificación de la producción;
- Todos los operadores de máquina saben qué es una bomba de mecate y cuál es la importancia de cada pieza dentro de la bomba.

Sin embargo, las desventajas son considerables:

- El suministro de materia prima y de los sub-productos es complejo: se ha solucionado sólo parte del problema. Aún es siendo necesario conseguir una considerable variedad de materia prima: PE o PP, 6 tipos de acero, soldadura, pintura, fibra de PE para el mecate, tubería, arcilla, esmalte.
- Gran parte de la maquinaria queda sub-utilizada (excepto el equipo de soldadura);
- Se desaprovecha la experiencia y los conocimientos específicos que existen en los talleres especializados;
- Esta forma de producción no se basa en la pequeña industria existente, lo que debilita el cimiento de la tecnología en la sociedad como lo discutimos en los párrafos 2.7 y 2.8.

Consideramos más recomendable organizar la producción en base a una red de pequeñas o micro-empresas existentes. Para realizar esto, es necesario **apoyar y controlar cada una de las micro-empresas** en los siguientes aspectos:

- Es muy importante que conozcan desde la práctica la bomba de mecate, cómo funciona, porqué fue diseñada así, etc. Hemos tenido muy buenos resultados con esta estrategia, tanto en



**Foto 12: Máquina Inyectora
antes de un pedido de 6,000 plstones...**

La manivela izquierda alimenta la materia prima. Las pelotas de polyetileno bajan desde el depósito en forma de embudo y pasan por el calentador eléctrico (se ve el 'control de voltaje' arriba) hacia el molde (no está puesto). Al lado derecho, la manivela que prensa el molde.

motivación como en cuanto a ideas útiles sobre cómo producir o adaptar el sub-producto.

- Buscar formas de pago mediante las cuales se ayude a la micro-empresa a invertir y crecer, por ejemplo pago en maquinaria importada.
- Hacer énfasis en lo estricto de la fecha de entrega acordada, incluyendo dentro del contrato el pago de multas por día o semana de retraso.
- Exigir desde el inicio suficiente calidad de los sub-productos.
- En la industria es común que se aproveche un contrato grande para hacer inversiones en el mejoramiento del método de producción. En el caso de las micro-empresas consideramos importante separar explícitamente el desarrollo de un sub-producto o un nuevo

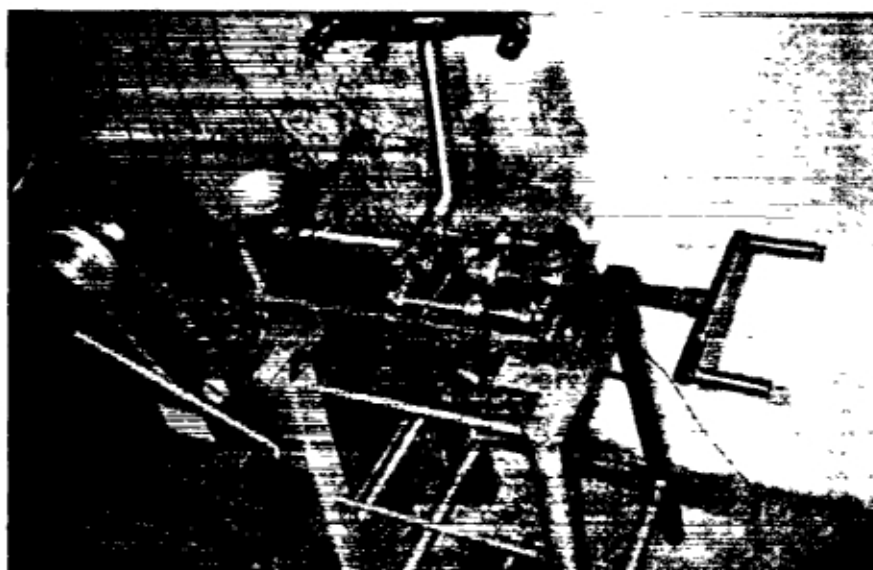


Foto 13: ...y después

La alimentación ha sido ampliada y es ahora por medio de un motor eléctrico con una transmisión de banda. Por medio de la palanca se activa la alimentación. En esta foto, se ve la boca por la cual sale el polietileno líquido (Taller de José Evaristo, Managua).

método de producirlo, con la producción a mayor escala del mismo, haciendo dentro de un contrato cláusulas diferentes:

1. Desarrollar tal sistema de producción, con X y Y moldes, por un valor de xx C\$;
 2. Producir tal cantidad de piezas a un valor unitario de yy C\$.
- Así el taller no pierde mucho al fracasar en un intento, ni se ve obligado a entregar productos de insuficiente calidad.

Con estas observaciones concluimos el tema de la producción, para pasar a las perspectivas y futuro desarrollo de la bomba de mecate.

Capítulo 5: Perspectivas

En el último capítulo de esta parte discutimos brevemente las perspectivas de la bomba de mecate en cuanto a la implementación de la bomba actual (5.1) y a la investigación y desarrollo (5.2). También incluimos las perspectivas de los modelos especiales de la bomba de mecate descritas en la cuarta parte: la bomba sobre pozo perforado, sobre poste, para gran caudal, con motor y con molino de viento. Y finalmente, mencionamos algunos aspectos de investigación con respecto a la construcción, haciendo referencia a los respectivos párrafos de la segunda parte.

5.1 Implementación

En base a las características descritas anteriormente, podemos concluir que **se puede implementar la bomba de mecate sin ningún peligro bajo las siguientes condiciones:**

- El pozo puede ser perforado o excavado a mano y tener hasta 25 metros de profundidad.
- Puede ser un pozo público o particular, pero sí debe existir un control social.
- El bombeo diario es de 4 m³ o menos.
- La bomba puede ser del modelo para pozo excavado o perforado, para gran caudal o sobre poste.

Teniendo un seguimiento de cerca, se puede **considerar también la implementación de la bomba bajo las siguientes condiciones:**

- Pozo hasta 40 metros de profundidad y/o con una demanda de hasta 8 m³ diarios.
- Bomba con motor.

En Nicaragua crece cada vez más el convencimiento que la bomba de mecate es realmente una bomba muy adecuada para las condiciones mencionadas. A la par de este convencimiento aumenta la demanda

por la bomba, tanto de particulares como de grandes y pequeños proyectos institucionales. Preguntando a Humberto, coordinador de promotores su visión sobre el futuro de la bomba, responde:

"... esto va a depender de la conciencia en cuanto al problema que resuelve la bomba en el área rural. Eso va a depender del grado de conciencia que adquieren tanto los organismos donantes como la institución que vaya a asumir cualquier proyecto como para conocer a fondo que aquí, en este país, lo que se necesita es algo que nosotros podamos resolver, con nuestros recursos..."

Para la implementación a mayor escala, la red de productores, suplidores, distribuidores e instaladores tiene todavía que crecer. Esto es importante no solamente para aumentar la cobertura, sino más bien para fomentar el desarrollo continuo de la bomba; tanto en los aspectos técnicos como en las diferentes metodologías de implementación (auto-construcción, venta, proyectos institucionales). Este fomento se puede dar por intercambio de experiencias (constructivo) o por competencia (conflictivo). Dada la situación de que existen muchas empresas y cooperativas privadas interesadas en proteger su producto y su mercado, una combinación de los dos factores impulsores del desarrollo será lo más probable.

5.2 Investigación y desarrollo

Un problema central en la investigación acerca de la bomba de mecate es que actualmente ningún organismo tiene recursos destinados específicamente a **la investigación y el desarrollo** de la bomba. Esto tiene como consecuencia que la investigación se hace según las necesidades sentidas por alguna organización en algún momento, de una manera ad-hoc, sin afán de ser completa ni una planificación a mediano o largo plazo.

Otro aspecto relacionado es que las posibles aplicaciones de la bomba de mecate cubren diferentes campos: abastecimiento de agua potable mediante pozos públicos, uso en pozos privados, uso para aguar el ganado, para riego a pequeña escala, etc. Todos estos

terrenos son atendidos tradicionalmente por diferentes organizaciones. Aunque para cada aplicación los problemas son diferentes (tanto en lo técnico como en la metodología de implementación), no es probable ni recomendable que para cada aplicación haya un organismo aparte que se dedique a su desarrollo. Pero tampoco existe en la actualidad en Nicaragua una organización tan multi-disciplinaria que pueda atender todos los campos mencionados.

Por estas dos razones es difícil predecir cómo y dónde se desarrollará la investigación en los próximos años. En general, podemos definir algunos campos de interés en los cuales creemos que se debería trabajar con prioridad:

- En cuanto al modelo implementado por la DAR-Región V^a, que se describe ampliamente en la segunda parte, hay que estudiar la necesidad y posibilidad de mejorar algunos elementos, en especial el sistema de bloqueo.
- Para pozos comunales con más usuarios y menos control social (especialmente para pozos perforados), se debería desarrollar un modelo más robusto y resistente al vandalismo, con una mejor protección especialmente del mecate. El precio no importa tanto en estos casos: como un pozo perforado vale unos 2,000 a 3,000 \$, los 50 - 100 \$ de la bomba de mecate no son un componente significativo. Actualmente, la DAR-Región V^a está trabajando en esto.
- Sería interesante trabajar en el desarrollo de bombas aptas para desniveles de bombeo mayores de 40 metros, manteniendo rendimientos altos. Actualmente, la DAR-Región V^a está trabajando en esto.
- Sería importante monitorear gran cantidad de bombas de mecate en cuanto a la vida útil de las diferentes piezas, tanto para saber dónde mejorar el diseño como para conocer más sobre los requerimientos de mantenimiento y la vida útil de la bomba. Esto en especial para el sistema de bloqueo y los diferentes tipos de pistones y guías.
- Sería importante investigar de manera más sistemática la protección que da la bomba de mecate contra posibles contaminaciones del agua del pozo, y las posibles medidas para mejorar esta

- protección si fuese necesario.
- Para optimizar el rendimiento de la bomba, especialmente para grandes profundidades y a largo plazo, se podría investigar el desgaste de pistones inyectados de diferentes materiales flexibles (PVC blando, hule) que permiten menor juego.
 - En cuanto a los modelos especiales descritos en la cuarta parte:
 - Los modelos para pozos perforados, de gran caudal y sobre poste no presentan necesidades de mejoramiento por el momento. Sin embargo, un monitoreo seguido sería apropiado.
 - La bomba de mecate con motor funciona de manera satisfactoria para pozos de relativamente poca profundidad. Sería importante ampliar su área de funcionamiento y buscar sus límites (por ejemplo, hasta qué profundidad se puede bombear desde un pozo perforado). También un monitoreo seguido sería muy importante. Actualmente, la 'sociedad de bombas de mecate' está involucrada en este trabajo.
 - A la bomba de mecate con molino de viento, le hace falta un desarrollo completo en el campo constructivo, en el estudio de caudales bombeados según el régimen de viento, las demandas para riego y/o agua potable, y estudios de factibilidad económica antes de pensar en implementarla. El taller de Ignacio López está involucrado en el desarrollo técnico del molino.

Con estas perspectivas hacia el futuro concluimos la primera parte, que es la parte general de este libro. En la segunda parte entramos en los detalles constructivos de la bomba.

Foto 14 (página derecha): Bomba auto-construida

Se puede observar el uso exclusivo de materiales locales. Interesante es la construcción de la tubería de descargue por medio de un bidón (Chinandega.)

2



Construcción

**Consultando suficientes expertos,
se puede confirmar cualquier opinión.**

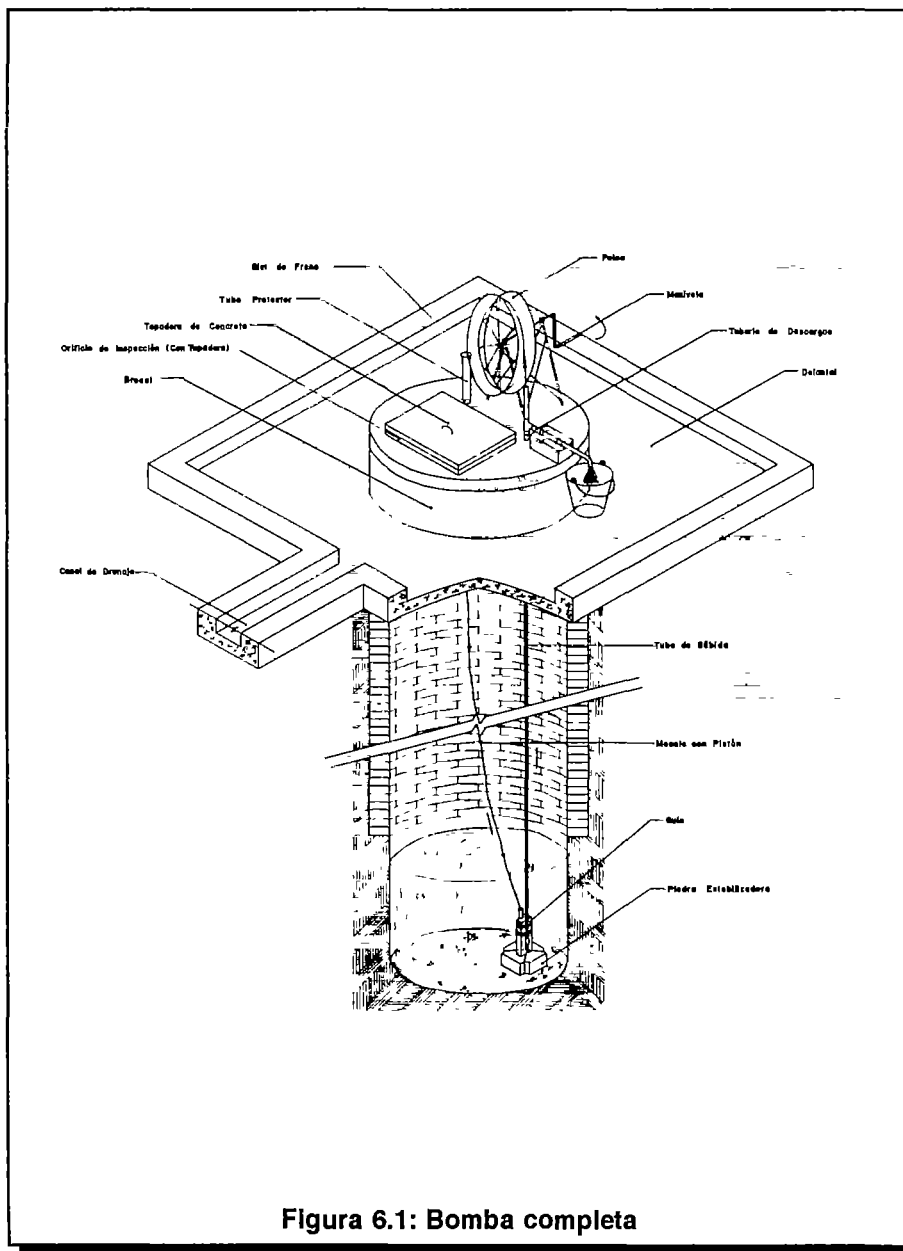


Figura 6.1: Bomba completa

Capítulo 6:

Descripción de la bomba

En esta segunda parte, que está dirigida a los técnicos que van a diseñar y construir la bomba, vamos a entrar en detalles de construcción y de diseño.

Después de una descripción general de la bomba, más detallada que la del párrafo 1.1, analizamos las diferentes partes:

- tapadera;
- rueda;
- pistones, mecate y tubo de subida;
- guía y piedra estabilizadora;
- tubería de descargue.

Usamos como ejemplo la bomba que instala la DAR-Región V^a en los pozos comunitarios, pero siempre presentamos otras alternativas. Comparamos las diferentes alternativas generalmente en tablas, en las cuales la opción de la DAR-Región V^a ocupa siempre la primera columna y está resaltada con sombrilla. Donde es posible, se cuantifican las características, pero en algunos casos recurrimos a dar una valoración comparativa relativa que varía de muy mal a muy bien: --, -, +-, + y ++. No todas las características son mencionadas: sólo las que marcan una diferencia entre las alternativas.

Si sabemos de alternativas pero no tenemos experiencias propias, nos limitamos a mencionarlas en una nota al pie de la página.

6.1 Descripción general

La figura 6.1 muestra una bomba de mecate como la que instala la DAR-Región V^a. La parte visible se compone de una **manivela** que activa a una **polea**, debidamente conectadas a la **estructura de soporte** mediante **cojinetes** partibles. La estructura de soporte -en este caso hecha de hierro soldado- puede ser de madera también.

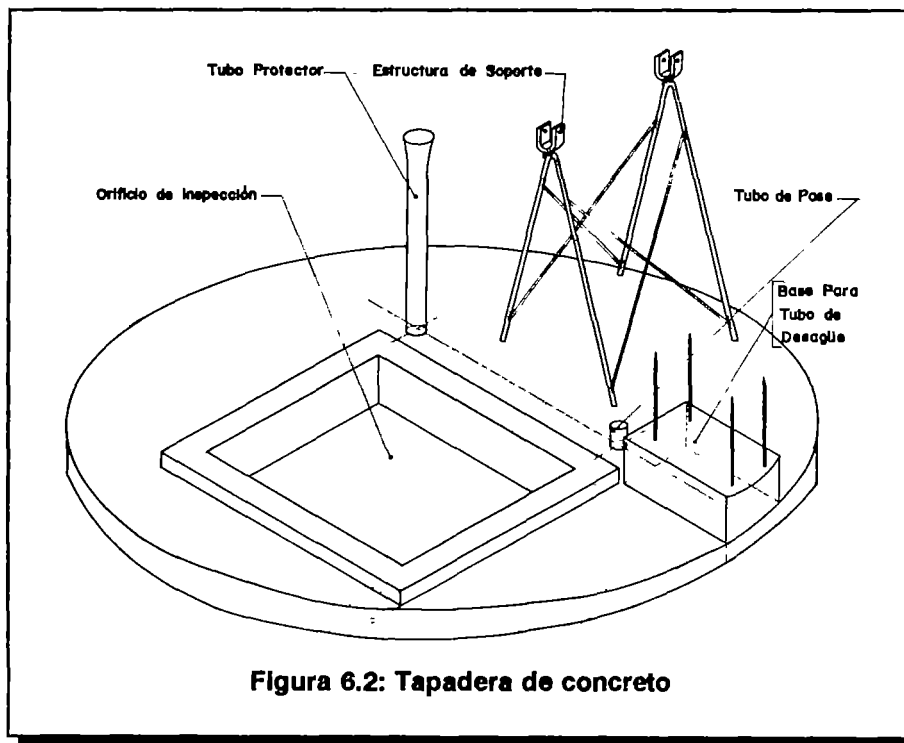
Además está visible la **tubería de descargue** de tubería PVC. Sin embargo, el corazón de la bomba es un **mecate** sin fin que lleva **pistones** a cada cierta distancia (alrededor de 2 metros). Estos pistones pueden ser cortados de llanta vieja, torneados de madera o inyectados de PE o PP. El mecate pasa por encima de la polea y entra en el **tubo protector**, que sirve de guía para pasar por la **tapadera** de concreto o madera. Dentro del pozo, el mecate baja suelto. En el fondo, bajo el nivel del agua, una **guía** (de arcilla esmaltada o de madera) asegura la entrada fluida del mecate con sus pistones en el **tubo de subida** (PVC corriente, el diámetro depende de la profundidad, comúnmente $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " o 1"). Al subir, el mecate con los pistones pasa por dentro del tubo de subida y vuelve a pasar por la polea. Para dejar visible las partes más importantes, la figura no refleja la **protección de la polea**.

Al girar la manivela se activa la polea y ésta, por fricción, da vuelta al mecate. Los pistones caben con un juego mínimo en el tubo de subida y cada uno lleva una cierta cantidad de agua hacia arriba. Una vez que el tubo está lleno de agua, la columna de agua se mueve uniformemente hacia arriba, empujada por los pistones, con una velocidad un poco menor a la del mecate (esto se debe a la fuga entre los pistones y el tubo de subida). Se podría decir que todo el tubo de subida funciona como un cilindro muy largo en el cual los pistones se mueven en una sola dirección. Al llegar arriba, el tubo de subida está conectado a la tubería de descargue, y mediante un TEE el agua bombeada se desvía hacia el balde del usuario. La tubería de descargue tiene mayor diámetro para permitir que el agua se desvíe alrededor de los pistones y no se desborde por arriba.

El peso de la columna de agua ejerce fuerza en los pistones, éstos en el mecate, y éste transmite por fricción la fuerza a la polea. Al dejar de bombear, la polea y la manivela dan vuelta en dirección contraria a la del bombeo, por el peso de la columna de agua. A profundidades mayores de 10 metros, se necesita un **sistema de bloqueo** para prevenir que la manivela golpee a las usuarias, y para que no se pierda toda la columna de agua. Así, una siguiente usuaria no debe volver a llenar todo el tubo de subida, a menos que el agua se haya perdido por la fuga que siempre existe entre los pistones y el tubo de subida.

Hasta aquí la descripción general de la bomba junto con su funcionamiento. En el resto de este capítulo describimos parte por parte todas las piezas de la bomba.

6.2 La tapadera



La figura 6.2 muestra la tapadera del pozo: es una **plancha** de concreto reforzado con hierro de $\frac{1}{4}$ " ($\frac{3}{8}$ " si el diámetro es mayor de 1.2 m). En la plancha va empotrado el **soporte** de la bomba. El **orificio de inspección** sirve para instalar y desarmar la bomba, y para limpiar y profundizar el pozo si fuese necesario. Debe ubicarse muy cerca del soporte para facilitar la instalación y desinstalación de la bomba. Tanto

su borde como su tapa pueden ser de concreto o de hierro (el hierro es más caro pero más hermético y por el mayor calor repele los insectos etc.). El **tubo de subida** con el mecate dentro, sale del pozo por el **tubo de pase**. El mecate cruza la tapadera hacia adentro del pozo por el **tubo protector**. Ambos son de PVC empotrados en la plancha de concreto. El uso de estos tubos, junto con el borde del hoyo de inspección impide que el agua (contaminada) que cae en la tapadera penetre en el pozo. La ubicación de los dos tubos debe ser precisa para evitar que el mecate roce con las entradas de los tubos. El uso y la ubicación de la **base** del tubo de descargue son obvios. (El párrafo 8.1 amplía la construcción de la tapadera).

Construcciones alternativas

Criterio	1 concreto	2 tablas	3 dos vigas
Facilidad de construcción	+	++	++
Tiempo de construcción e instalación	8 horas- hombre.	2 horas- hombre	2 horas- hombre
Protección del pozo	++	+-	--
Facilidad de desmontaje	-	++	++
Peso	150 Kg.	60 Kg.	22 Kg.
Vida útil	20 años	5 años	5 años
Precio de los materiales	10 \$	50\$ / 2\$*	15\$/2\$*
Nivel de producción	casa/local	casa	casa
Años de experiencia de campo	3 años	8 años	8 años

* El primer precio considera la compra de la madera a precio de mercado; el segundo no considera el valor de la madera. Es muy común en el campo sencillamente cortar algunas tablas o vigas cuando uno las necesita.

Aunque el modelo de este libro tiene una tapadera de concreto, como es lo común en proyectos comunales de agua y saneamiento, lo más corriente en Nicaragua es dejar descubierto el pozo y fijar la bomba a

dos vigas de madera. También es común una tapadera de tablas. Las características de cada opción se reflejen en la tabla 6.1.

Alternativa 1: La construcción de esta tapadera de concreto requiere algunos conocimientos de albañilería, además necesita una semana de fraguado.

6.3 La rueda

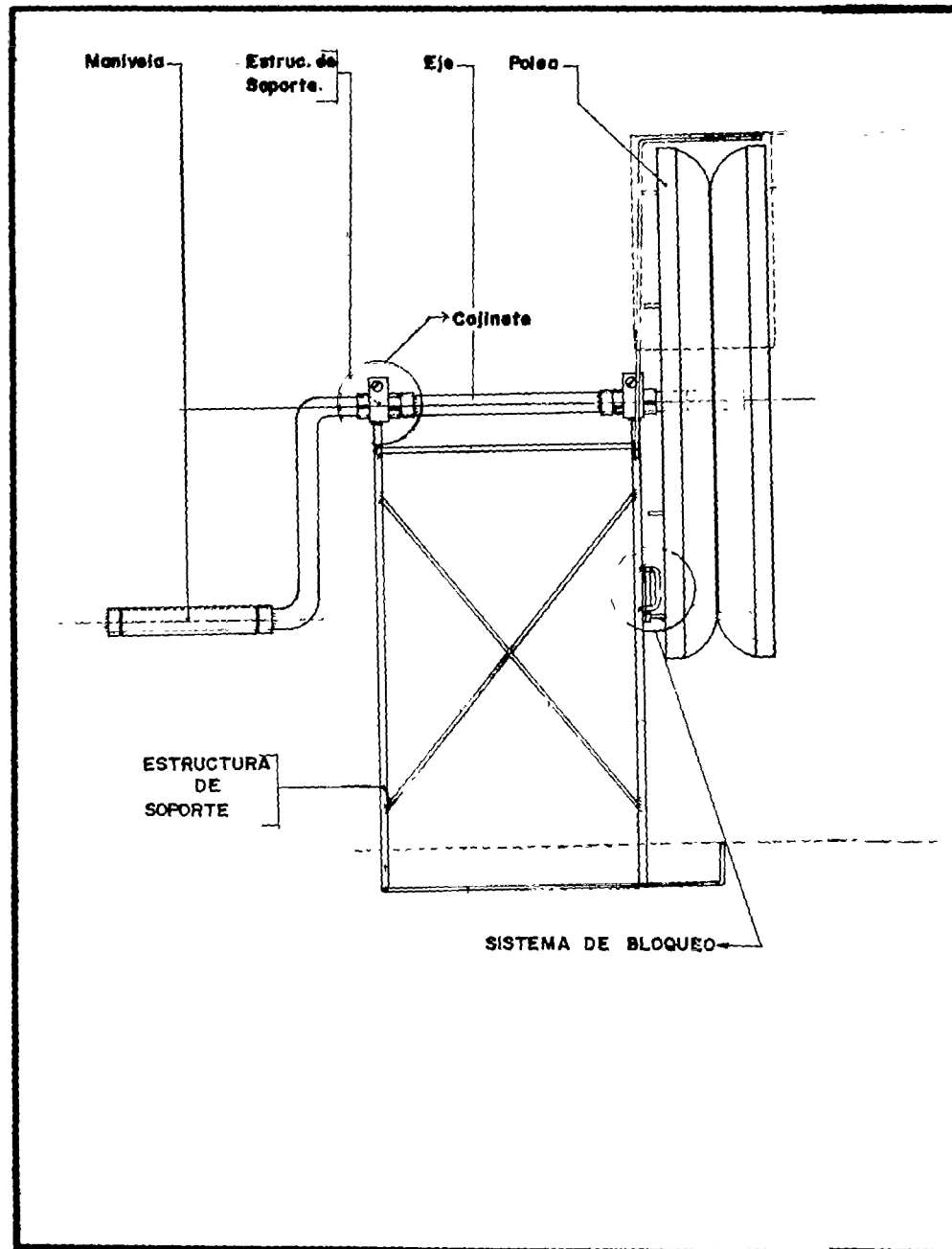
La **rueda** (Ver figura 6.3 y anexo C) se compone de la estructura del soporte, el eje con la polea y la manivela, y el sistema de bloqueo. Es la pieza más compleja: contiene todas las partes móviles y de mayor concentración de fuerza.

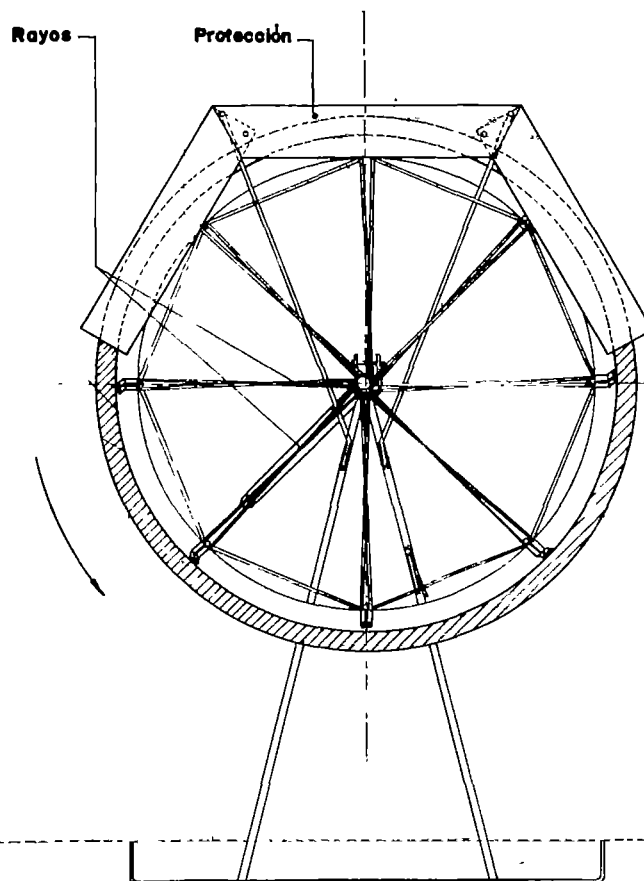
El **eje**, hecho de un tubo de hierro galvanizado de $\frac{1}{2}$ " o de $\frac{3}{4}$ ", forma una sola pieza con la **manivela** a un extremo y la **polea** al otro. En el párrafo 7.1 explicamos porqué la altura del eje debe ser entre 800 y 900 mm, y el radio de la manivela entre 250 y 300 mm.

Como la estructura de soporte va empotrada en el concreto, es importante que las partes móviles sean fácilmente movibles. Por eso, el eje gira en dos **cojinetes partibles** que son reemplazables con mucha facilidad y que hacen posible un rápido desarme del eje.

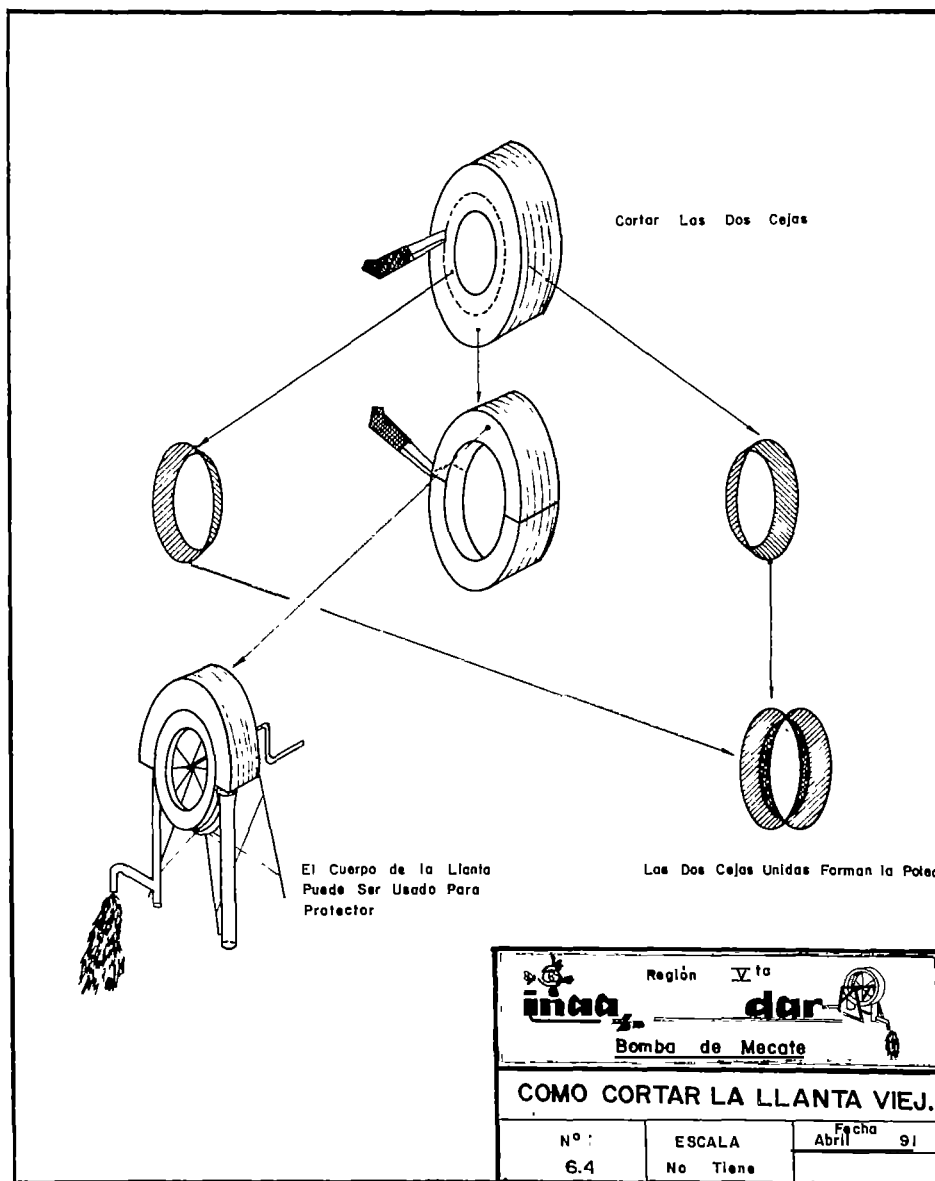
La figura 6.4 muestra cómo la **polea** es hecha de dos cejas de llanta unidas bajo presión por las porta-poleas. La forma así obtenida es de una 'V', y garantiza una alta fricción entre el mecate y la polea. Las 8 porta-poleas son conectadas al eje mediante rayos cruzados tipo 'bicicleta'. El diámetro de la polea depende, por supuesto, de la disponibilidad de llantas pero en el párrafo 7.2 damos criterios en cuanto a la selección del diámetro óptimo de la polea en relación a los demás factores que influyen. Nosotros usamos principalmente llantas de 20", con un diámetro efectivo de 540 mm. Es importante que sean llantas de vehículos pesados para que las cejas sean rígidas y no se abran por la presión del mecate.

La **estructura de soporte**, como va empotrada dentro de la tapadera, es fija: es importante protegerla bien contra la corrosión. Nosotros





Región <u>V</u> ta		
inaa dar		
Bomba de Mecate		
RUEDA (de Hierro)		
N°: 6.3	ESCALA:	Fecha: Septiembre 91 Medidas en (mm)



usamos un hierro extra grueso ($\frac{5}{8}$ ") para las patas, también se puede galvanizar la pieza⁽⁴⁾. La estructura debe resistir a fuerzas en todas direcciones; especialmente las usuarias pequeñas usan todo su cuerpo para mover la manivela.

El **sistema de bloqueo** (Ver fotos 15 y 16) evita que la polea y la manivela den vuelta en dirección contraria a la del bombeo. Está sujeto a golpes. Su funcionamiento es sencillo: la palanca deja pasar los pines soldados en la polea en una dirección pero no en la otra. La palanca es revestida con manguera o neumático para amortiguar los golpes y disminuir el ruido (que molesta a los usuarios). **Una deficiencia del diseño es que no es móvil**, ya que está soldada a la estructura de soporte empotrada. A la hora de presentarse algún problema, no hay solución fácil.

La **protección de la polea** es opcional. Es hecha de zinc liso y descansa en dos soportes de hierro $\frac{1}{4}$ ". Su función es principalmente proteger al mecate y los pistones de los rayos UV del sol, de las manos sucias de las (niñas) usuarias, y -en alguna medida- del vandalismo.

Antes de considerar algunas alternativas de construcción, enfatizamos lo siguiente: la rueda como fue descrita aquí y reflejada en los planos, está hecha en dos pequeñas empresas, en base a los materiales más comunes y baratos en Nicaragua. El diseño se puede adaptar sin problema a otros materiales si estos son más corrientes. También se pueden cambiar las curvas pronunciadas, características de un trabajo de forja, por construcciones diferentes usando soldadura.

Si se abandona el diseño típico presentado en este libro con todas sus variantes descritas, existe un sinnúmero de diseños de muy diferentes aspectos, que van desde estructuras de madera solamente hasta ejes torneados con balineras etc. Todas son válidas y dependen de la creatividad del constructor y de los materiales que tiene a su disposi-

⁽⁴⁾ Hemos intentado una estructura móvil fijándola mediante pernos empotrados en la tapadera (parecido al sistema usado por la bomba Dempster), pero la rosca de los pernos sufre una fuerte corrosión.

ción. Sin embargo, siempre es importante entender el trasfondo de las alternativas de construcción para diseñar correctamente bajo condiciones diferentes. También es importante monitorear innovaciones durante suficiente tiempo antes de implementarlas a gran escala.

Construcciones alternativas

Presentamos aquí alternativas de construcción para tres piezas que estaban en discusión continua en Nicaragua en los últimos años: el sistema de bloqueo, la ubicación de la polea, la suspensión del eje, y la protección de la polea.

Tipo de cojinetes

Tradicionalmente, las bombas de mecate en Nicaragua tienen como cojinetes simplemente una pieza fija de tubo de $\frac{3}{4}$ " dentro del cual gira el eje de $\frac{1}{2}$ ". Esta construcción no permite cambiar piezas a menos que se use una sierra y soldadura. Especialmente cuando la bomba va empotrada en concreto, es de suma importancia poder quitar las piezas móviles para cualquiera reparación o cambio. Para esto, diseñamos cojinetes partibles cortados de tubo de HG $\frac{3}{4}$ ".

Tabla 6.2: Comparación de tres tipos de cojinetes			
	1 Cojinetes partibles soldados (fig. A.2)	2 Cojinetes partibles doblados (foto 24)	3 Cojine- tes fijos.
Facilidad de reemplazar	++	++	--
facilidad de construcción	-	-	++
Precio inicial por cojinete	3.00 \$	2.50 \$	0.4 \$
Precio de cambio de cojinete	1.50 \$	1 \$	--
Años experiencia de campo	-	1 año	8 años

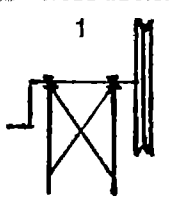
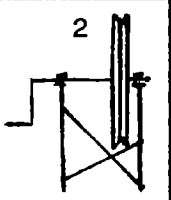
Alternativa 2: Hemos constatado que las usuarias tienen dificultad para armar bien estos cojinetes. Hay que prestar mucha atención durante la capacitación. Por eso procedemos a diseñar los cojinetes del tipo 1.

Así comenta el promotor Humberto, sobre estas cojinetes:

"En estas doce bombas una se nos ha dañado por los cojinetes que lleva, los chavalos lo pierden porque los cojinetes son un poco movibles, entonces eso ha ocasionado que el cojinete se pierda y que la bomba quede dando vueltas ella misma pero para que sostenga a la manivela le va ocasionando desgaste..."

Ubicación de la polea

Mientras el modelo descrito aquí tiene una polea fuera del soporte, la mayoría de las bombas en Nicaragua tienen la polea entre los dos cojinetes. Aunque esta construcción en sí no es mala, consideramos que no tiene ninguna ventaja sobre el diseño presentado en este libro. Ver tabla 6.3.

Tabla 6.3: Comparación de dos ubicaciones de la polea		
	1 	2 
Rigidez del soporte	++	+-
Fuerza máx. sobre cojinete de polea*	3.1	3.3
Fuerza máx. sobre cojinete de manivela*	3.6	4.3
Facilidad de instalar la bomba**	++	+
Años de experiencia de campo	1 año	8 años
<p>* La fuerza máxima sobre los cojinetes es al mismo tiempo una medida según la carga máxima del eje. Se expresa como factor de la fuerza estática del peso de la columna de agua (que tiene asignada el valor '1'). Se asume para los dos modelos una misma distancia del tubo de subida a la pared del pozo.</p> <p>** La distancia entre la polea y el orificio de inspección (Ver figura 6.1) debe ser mínima para facilitar la (des)instalación del tubo de subida).</p>		

En la alternativa 2, el cojinete de la manivela es el único que tiene rigidez en la dirección del eje.

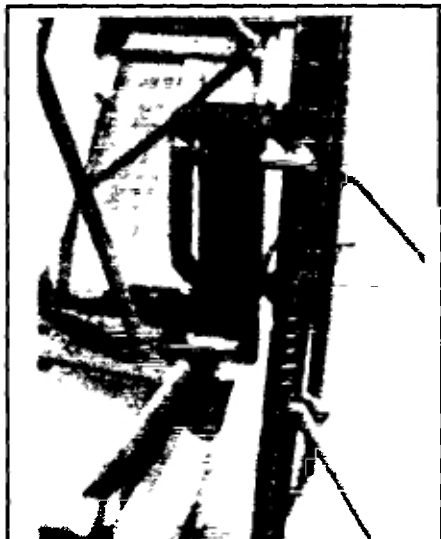
Sistema de bloqueo

Foto 15: Sistema de bloqueo usado en la DAR-Región-Vª

La palanca deja pasar los pines soldados a la polea en una dirección, pero no en la otra (El Pochote).



Foto 16: Sistema de bloqueo alternativo

Este sistema tiene las características de una matraca. Es fuerte pero requiere de bastante trabajo y materiales (Papaya).

Tabla 6.4: Comparación de dos sistemas de bloqueo

	1 Ver foto 15	2 Ver foto 16
Nº de paradas por vuelta	8	16
Angulo máximo libre (°)	50°	22.5°
Energía cinética a absorber (J)	18 J	8 J
Brazo (mm)	250 mm	80 mm
Energía/brazo (J/m)	72 J/m	100 J/m
Posibilidad de amortiguación	++	-
Facilidad de producción y precio	+	+
Años de experiencia de campo	1	1

Sólo en el caso de pozos de poca profundidad o de usuarios adultos y experimentados, se puede pensar en obviar el sistema de bloqueo. En todos los demás casos, hay que considerar al freno como un sistema de seguridad importante. Una construcción que puede competir con el diseño de este libro es el trinquete reflejado en la foto 16 (Ver tabla 6.4).

Nota: Existe un diseño de sistema de bloqueo que consiste en tres dientes sobre el eje que, aunque no tenga suficiente fuerza, es muy divulgada. La mencionamos porque está reflejado en varios fotos.

Protección de la polea

Para proteger el mecate y la polea del sol, de las manos sucias y de posibles moscas, existen varias alternativas, de las cuales hasta ahora ninguna ha sido implementada a gran escala, principalmente porque los usuarios no le atribuyen prioridad.

Tabla 6.5: Comparación de cuatro tipos de protecciones

	Zinc liso	Llanta vieja	Caja de madera	Nada
Protección del agua	??	??	??	??
Protección contra vandalismo	-+	-	++	--
Protección del mecate	++	++	++	--
Protección contra nidos de insectos	+	+	--	++
Estética	++	-	+	++
Aceptación de los usuarios	??	??	+	++
Precio	6 \$	0 \$	13/0\$*	0 \$
Nivel de producción	local	casa	casa	casa
Años de experiencia de campo	½ año	½ año	1 año	8 año

* El primer precio considera la compra de la madera a precio de mercado; el segundo no considera el valor de la madera.

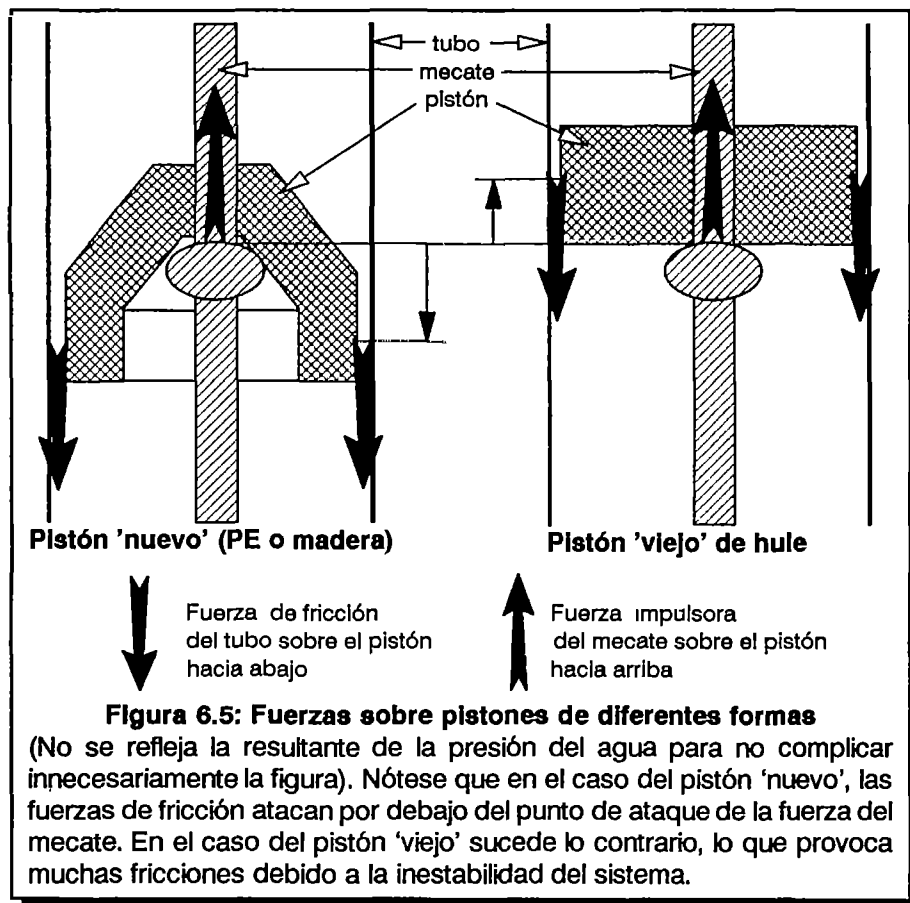
6.4 Pistones, mecate y tubo de subida

El **mecate** que lleva los pistones tiene de 3 a 6 mm de diámetro (generalmente 5 mm), independientemente del diámetro del tubo de subida y de la profundidad (por lo menos, hasta los 40 metros). Hecho de fibra de polietileno y con 3 ramales es un mecate muy corriente y puede ser hecho fácilmente por cualquier artesano, aunque una buena calidad garantiza mayor vida útil: el mecate es la pieza de la bomba que más sufre desgaste, ver párrafo 3.1.

El **tubo de subida** es de PVC corriente. Aunque los procedimientos para su ensamblaje se analizan en detalle en el párrafo 8.2, damos aquí una descripción general de la tubería. Los diferentes tubos están pegados con la campana hacia abajo para minimizar la fricción en los pistones. El extremo inferior lleva una campana para facilitar la entrada de los pistones, y está fijado con neumático a la guía. Unos 0.3 m debajo de la tapadera, se amplía mediante un sencillo reductor al diámetro del tubo de descargue; este tubo cruza la tapadera por el tubo de pase. La ampliación de diámetro tiene como fin disminuir la velocidad vertical del agua para que salga por la tubería de descargue y no se desborde por encima.

Toda la tubería de subida con la guía y piedra estabilizadora es colgada al tubo de pase mediante una **cuña**, hecha de un pedazo de tubo del mismo diámetro que el tubo de descargue. En seguida, está conectada **sin pegamento** (para facilitar el desarme) con la tubería de descargue mediante un TEE.

Los **pistones** se fijan al mecate mediante un pedazo de ramal trenzado por el mecate y quemado en ambos extremos: ver párrafo 8.2. Si el mecate no está retorcido tensamente, este método no funciona, entonces se fijan los pistones entre dos nudos simples. Especialmente cuando se usan pistones de hule, es importante que el orificio por el cual pasa el mecate sea lo más pequeño posible para minimizar fugas y para que la tensión sobre el mecate 'oriente' al pistón. La distancia de pistón a pistón varía de 0.5 a 5 metros, dependiendo de la calidad del pistón. Por ejemplo, para un pistón con un juego de 0.4 mm,



recomendamos mantener unos 2 m. Si el juego es mayor, la distancia entre los pistones debe ser menor.

En los años de experiencia en Nicaragua, los pistones han pasado todo un proceso de mejoramiento fundamental, y es principalmente este diseño mejorado el que nos ha permitido llegar a mejores rendimientos y mayores profundidades que las bombas de mecate encontradas en la literatura. Los pistones actuales son hechos de Polietileno (PE) o Polipropileno (PP) inyectado, y su forma es cónica. Como se puede ver en la figura 6.5, en el pistón 'tradicional', el punto

de aplicación de las fuerzas de fricción (y también de la resultante de la presión que ejerce el agua sobre el pistón hacia abajo, no reflejada en la gráfica) se ubica en un punto **más alto** que la fuerza que ejerce el mecate sobre el pistón mediante el nudo. Esto provoca una situación de **inestabilidad**, que debe ser corregida continuamente por más fuerzas de fricción. Al contrario, en el 'nuevo' modelo, el punto de ataque tanto de las fuerzas de fricción como de la resultante de la presión del agua, se ubica **por debajo** de la fuerza hacia arriba del mecate, creando un equilibrio estable. De esta manera, se logra reducir significativamente la fricción entre los pistones y el tubo de subida, así como las pérdidas hidráulicas por inclinación del pistón. Además, la forma cónica facilita la pasada por la guía y la entrada en el tubo de subida.

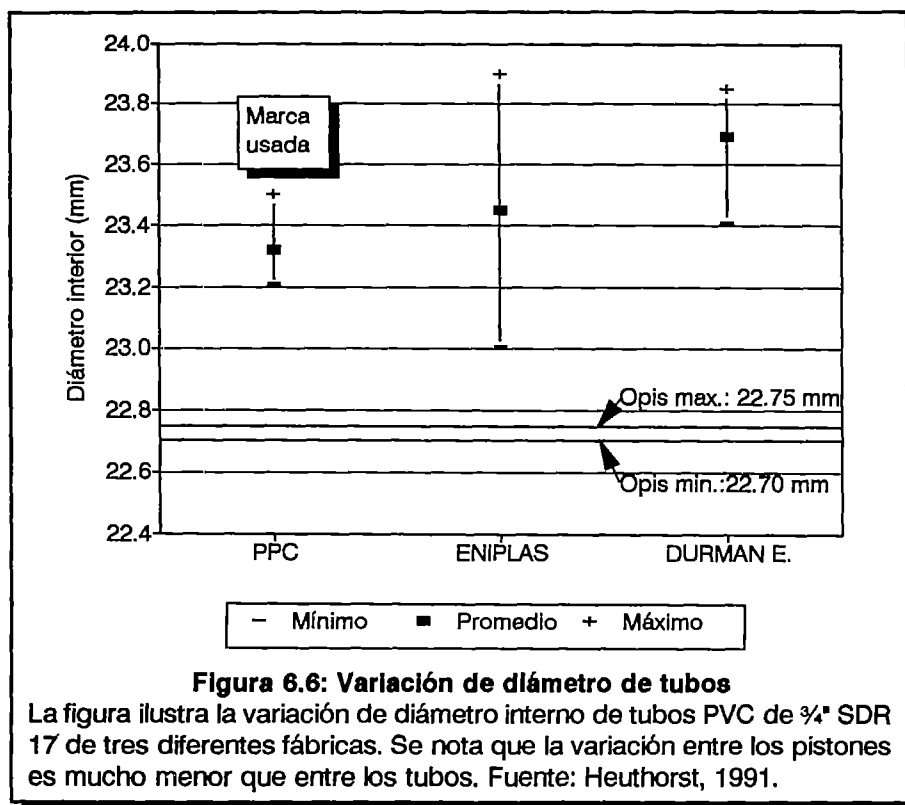


Figura 6.6: Variación de diámetro de tubos

La figura ilustra la variación de diámetro interno de tubos PVC de 3/4" SDR 17 de tres diferentes fábricas. Se nota que la variación entre los pistones es mucho menor que entre los tubos. Fuente: Heuthorst, 1991.

Aparte de la forma, hay otro factor crucial: el juego entre el pistón y el tubo de subida: debe ser mínimo. No es posible disminuir la diferencia entre los diámetros reales por debajo de 0.2 mm, porque la variación en diámetro de la tubería no lo permite. De hecho, los pistones se hacen con más precisión que la tubería. Ver figura 6.6. Este juego mínimo permite alcanzar rendimientos hidráulicos muy elevados, pero también tiene su costo: cualquier desperfecto en la tubería obstruye los pistones.

Un desperfecto puede ser cualquier cintura en el tubo (por ejemplo en la campana), un golpe recibido, cualquier suciedad. Especialmente si los desniveles de bombeo son menores, tiene sentido optar por un juego mayor (hasta de 1 mm) para evitar estos problemas. En el párrafo 7.3 estudiamos el efecto del juego sobre el rendimiento. Como ilustración, damos en la tabla 6.6 las medidas de pistones y tubos de subida que usa la DAR-Región V^a.

Más importante que el juego mínimo entre pistón y tubo es la uniformidad en la medida de los pistones. De no ser así, la fuga

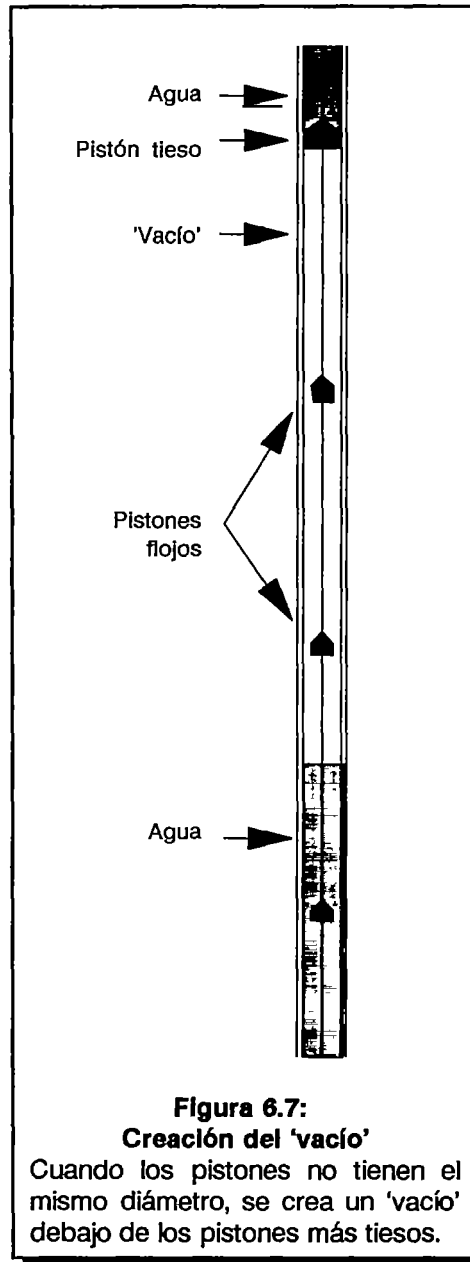


Figura 6.7:

Creación del 'vacío'

Cuando los pistones no tienen el mismo diámetro, se crea un 'vacío' debajo de los pistones más tiesos.

en un pistón será mucho menor que en los demás, y sólo algunos pistones estarán trabajando: figura 6.7. Al salir un pistón tieso, se oye una implosión, debido al 'vacío' que crea debajo de él. Este fenómeno, además de incidir negativamente en el rendimiento, provoca fuerzas muy grandes e irregulares en el mecate y la tubería. Este peligro se da especialmente cuando los pistones son hechos o corregidos a mano, y a mayores profundidades.

Tabla 6.6: Tubo de subida y pistones: datos básicos			
Características	1	¾"	½"
Cédula	SDR 26	SDR 17	SDR 13,5
Diámetro interior promedio \varnothing_{tub} (mm)	30.4 mm	23.3 mm	18.2 mm
Diámetro pistón \varnothing_{pis} (mm)	29.8 mm	22.8 mm	17.8 mm
Juego δ (mm)	0.6 mm	0.5 mm	0.4 mm
Diámetro tubo de descargue	1½"	1½"	1"
Apto para profundidades (m)	0 - 12 m	10 - 25 m	20 - 35 m

Estos datos son de pistones y tubos usados por la DAR-Región Vª.
¡Esta tabla no es una orientación, sino una ilustración!

Construcciones alternativas

Los pistones pueden hacerse de múltiples formas y materiales⁽⁵⁾, según la necesidad de un alto rendimiento y las posibilidades de producción. Presentamos aquí las alternativas más comunes con su valoración, si existen datos.

Alternativa 1: Las especificaciones técnicas de estos pistones se precisan en el anexo D.

Alternativa 2: En realidad, no tenemos significativas experiencias de campo con estos pistones.

Alternativa 3: Estos pistones pueden hacerse en un sencillo torno

⁽⁵⁾ Teijen, 1986 menciona plantas de chinelas hechas de espuma como materiales para los pistones. Por su flexibilidad, podría ser una opción interesante en vista de que minimiza el juego, pero no contamos con datos sobre el desgaste.

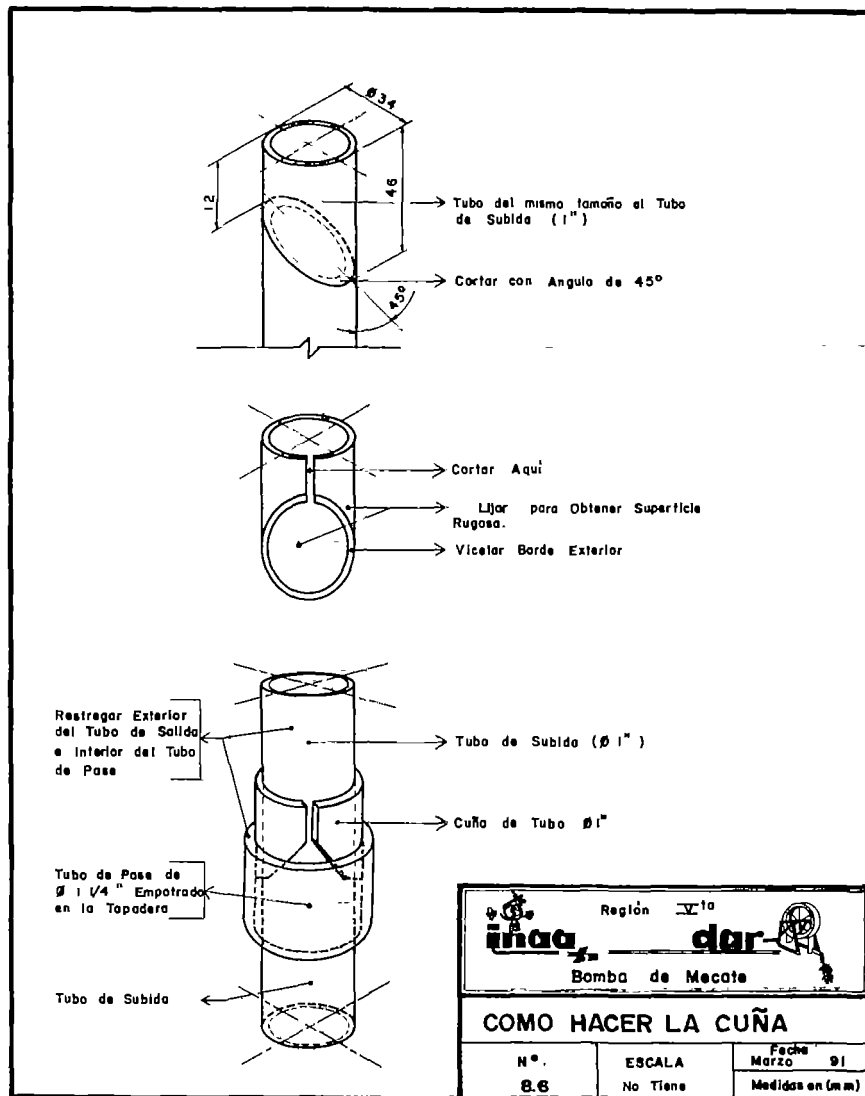
	1	2	3	4
	PE o PP inyectado	PVC blando inyectado	Madera torneada	Hule cortado
Forma óptima	++	+-	+	-
Precisión/ Juego mínimo	+	++	+-	+-
Resistencia al desgaste	++	??	-	++
Prof. máx. probada (m)	40 m	40 m	30 m	25 m
Precio unitario (\$)	.06-10 \$	0 ?? \$	0 10 \$	0 \$
Nivel de producción	Regional	Regional	Local	Casa
Experiencia de campo	6 años	2 (?) años	1½ año	8 años

manuál. La madera debe ser dura, fina y resistente al agua. Preferiblemente que tenga resina que sirva como lubricante⁽⁶⁾. Las especies usadas en Nicaragua son (en orden de preferencia descendente): Ñambara = Granadilla (*Albergia Retusa*); Cortez (*Tabebuia Guyacan*); Guapinol (*Hymenaea Courbaril*); Coyote (*Loncho Cartus latifolius*).

Alternativa 4: Como hule se puede usar una llanta vieja, preferiblemente de unos 8 - 12 mm de grosor, o lámina comprada. El sacabocado debe tener su punta de acero torneado, con un diámetro interior que mide 0.1 - 0.3 mm menor que el diámetro del pistón deseado. Se calienta el sacabocado al fuego y sin fuerza se perfora la lámina de hule. Dependiendo del tiempo de permanencia del pistón en el sacabocado y de su temperatura, el hule se quema más o menos. Esto influye en el diámetro final del pistón. Dorie como 'auto-constructora' tiene bastante experiencias con estos pistones:

"... Ese tipo de pistones de llanta de hule es para hacerlo más fácil en el campo y más barato, porque no es lo mismo hacerlo ahí no más, con un tubo caliente o con una navaja bien filudita, que venir a la fábrica a comprarlo, le sale mucho más barato hacerlo en la comunidad."

⁽⁶⁾ Una posible mejora a los pistones de madera podría ser cocinarlos en cera o estearina, para que la madera la absorba en sus cavidades. Así, la cera sirve de lubricante y como las cavidades ya no pueden absorber agua, el tamaño del pistón se mantiene fijo.



6.5 Guía y piedra estabilizadora

La **guía**, mostrada en la figura 6.8, es otra pieza clave de la bomba. Su función es guiar el mecate y especialmente los pistones hacia dentro del tubo de subida sin que rocen con éste. Lo esencial de la guía es encontrar la combinación de materiales que no se desgasten bajo el agua: mecate con esmalte o vidrio.

Mientras la guía se fija al tubo de subida con neumático, la conexión con la **piedra estabilizadora** se hace con alambre galvanizado, mecate o el mismo neumático. Esta piedra pesa unas 3 - 7 Kg. y descansa en el fondo del pozo. Evita movimientos del tubo de subida y garantiza una distancia mínima entre la entrada del tubo y el fondo del pozo (± 0.2 m).

Construcciones alternativas

Tenemos buenas experiencias con cuatro tipos de guías: arcilla esmaltada hueca y sólida, madera sola y con aislador. En la tabla 6.8 presentamos algunas características de cada opción.

Tabla 6.8: Comparación de cinco tipos de guías					
	1 Arcilla esmal- tada sólida	2 Arcilla esmal- tada hueca	3 Aislador con madera	4 Aislador con cemento	5 Ma- dera
Resistencia al desgaste	++	++	++	++	-
Resistencia a hendeduras	+	-	+	++	++
Resistencia al agua	++	+	+-	++	+
Precio	2.50 \$	3 \$	3 \$	1.50 \$	0 \$
Nivel de producción	regional	regional	cas./nac	cas/nac	casa
Experiencia de campo	2 años	4 años	7 años	-	8 años

Alternativas 1 y 2: Una descripción detallada de su producción se encuentra en el anexo E.

Alternativa 3: Este modelo consiste en un aislador de postes de energía eléctrica fijado en un pedazo de madera.

Alternativa 4: Esta guía tiene empotrado, además del aislador, dos pedazos de tubo que se conectan con el tubo de subida: ya no se necesita amarrar los tubos con hule. Además, el mayor peso hace innecesaria la piedra estabilizadora. O sea, esta guía tiene varias ventajas considerables. El único problema en cuanto a una implementación a gran escala puede ser el difícil acceso a aisladores.

Alternativa 5: En cuanto a la guía de madera valen las mismas observaciones que las hechas para los pistones de madera.

Don Ponpilio comenta acerca de su vida útil comparada con la guía de aislador: *"... Le llevé una guía nueva con aislador, antes le habíamos puesto un palo con el hoyo en este entonces, y ya no funcionaba porque iba sobre los tres años funcionando esta misma guía. Ya estaba demasiado gastada, no es lo mismo que éste con aislador."*

6.6 La tubería de descargue

La **tubería de descargue** sirve para desviar el agua bombeada del tubo de subida al balde del usuario. Como lo muestran fotos en este libro, su esencia consiste en un recipiente de mayor diámetro que el tubo de subida, para permitir que el agua se desvíe alrededor del pistón. En nuestro caso, se compone de tubería de mayor diámetro que el tubo de subida según la relación dada en la tabla 6.6. Incluye un TEE, un pedazo de tubo horizontal con un codo al final (no es indispensable) y un pedazo de tubo vertical para evitar que el agua se desborde. Se fija a la tapadera mediante dos esperas de hierro ¼". Para permitir la desinstalación de la bomba, el TEE **no** va pegado al tubo de subida.

Construcciones alternativas⁽⁷⁾

Aunque la gran mayoría de los tubos de descargue son de PVC, existen algunos de Hierro Galvanizado:

Alternativa 2: El uso de tubería de Hierro Galvanizado en la tubería de descargue para garantizar una mayor protección contra el vandalismo, tiene validez sólo cuando también se protege muy rigurosamente el mecate, que es la pieza más vulnerable al vandalismo. Su instalación requiere de herramientas de fontanería (corta-tubos, terraja, llaves ajustables para tubo).

	PVC	H. Galvanizado
Resistencia al vandalismo	-	++
Facilidad de instalación	++	--
Duración de vida	4 años	15 años*
Precio de la tubería de 1"	1.2 \$	8.4 \$
Precio de la tubería de 1½"	2.4 \$	12.5 \$
Nivel de producción	nacional	nacional
Experiencia de campo	8 años	3 años

* Notese que ésto es más que la vida útil que atribuimos a la estructura de soporte (10 años).

Hemos presentado en este capítulo las diferentes alternativas de construcción de todos los elementos de la bomba: la tapadera, la rueda, los pistones, el mecate, la tubería y la guía. En el próximo capítulo, veremos cómo calcular algunas medidas clave de la bomba.

⁽⁷⁾ En Guatemala se ha experimentado cambiando la tubería de descargue por una cámara de cemento (llamada campana). Parece funcionar bien, pero como de todas formas se necesita el tubo de subida de PVC, no vemos mucha ventaja en usar en otro método de construcción, con mucha inversión de trabajo, para una pieza que puede ser hecha con la misma tubería estándar PVC.

Dorie Bargmann
y
Willian Israel Torrez Munguía
promotores "Puente de Paz"

¿Cuales son los propósitos y objetivos de promover la bomba de mecate?

"Aquí, como "Puente de Paz" hemos trabajado con proyectos de agua potable en el campo. El propósito y el objetivo de instalar bombas de mecate es para hacer más seguro el método de sacar el agua. También es para impactar en la salud por que el pozo, está más o menos tapado; cuando son pozos comunales nosotros les ponemos o les exigimos como de concreto, y cuando son pozos particulares de acuerdo a las posibilidades de las personas; pero siempre se tapa y se le da un tratamiento de cloro para impactar en la salud y para ser más fácil".

¿Que características lleva la bomba de mecate producida por ustedes?

"En las comunidades con los dueños, todos construimos las bombas así de madera, porque tiene un costo más accesible a la población. La madera se encuentra en el campo, la tubería es lo que llevamos o compramos, lo importado, y hay manera artesanales para construirlo, el tipo de empaque nosotros lo hacemos de una manera totalmente artesanal de una llanta vieja ya sin uso, la rueda que va en la manivela también es de hule, todo es sencillo.

El tipo de manivela que nosotros hacemos es fácil desarmar. Son tres piezas, es más fácil para desarmarla y para que se componga, cualquier desperfecto que sufra la bomba con el uso, el usuario perfectamente bien puede desarmarla sin llave inclusive, porque es de rosca, entonces con solo dándole un poco de fuerza se desarma.

Si la madera se les pudre, pueden buscar un carpintero que lo puede hacer, mientras que una de hierro, tendrían que buscar un soldador y en algunos lugares donde uno tiene que caminar horas para llegar y no hay acceso con vehículo, sacarlo a la carretera para que lo reparen, mucha gente no van a poner amor al trabajo. Sólo van ha destapar el pozo y comenzar con el balde".

¿Para el sostenimiento hacen capacitaciones?

"La capacitación es suficiente porque ellos la construyen con nosotros y nosotros le vamos explicando paso a paso. La construcción no es mucha; solamente es de medida; la instalación sí, es una cuestión más práctica.

En cuanto al mantenimiento, los dueños o las comunidades han construido la bomba con nosotros. Ellos van a sentir la capacidad y confianza para desarmarla y volverla a armar y cambiar piezas".

¿Quienes participan más en la construcción e instalación y cuales han sido los resultado?

"Quienes más participan en la construcción son los varones. A la hora de la instalación es cuando más se involucran ellas, porque es solamente de fijarse, y son ellas las que sacan el agua.

El primer modelo que nosotros hicimos, tenía sus deficiencias y la fuimos componiendo un poco, más anexándole ciertas cosas, poniéndole, quitándole hasta que hemos llegado a esta que tenemos. Según la práctica nos ha dado buenos resultados, nosotros le llevamos muestras a la gente, le decimos cuales son sus ventajas y cuales son sus desventajas, les llevamos muestras de madera, y le damos otras alternativas más fáciles para construir guía, y ellos deciden.

Es una tecnología desarrollada aquí en Nicaragua la bomba de mecate, entendida aquí, Dempster es otra de ese tipo de bomba de mano, es de los EEUU, y con el embargo ¿Quién iba hallar repuesto para esto durante la guerra? Pero aunque no hay embargo ya, es difícil y caro, y la destrucción o deterioro de repuesto no es garantizado su reposición en el campo, quizás en la ciudad si en el campo no.

Quien la construye es la población, los usuarios con la ayuda nuestra. Ellos apoyan estos proyectos de bomba de mecate, porque son más accesibles, más baratos. Según la práctica están dando buenos resultados hasta el momento; nadie nos ha reclamado, más bien nos dan la mano, nos buscan para que le ayudemos a construir su bomba".

Capítulo 7:

Características mecánicas e hidráulicas

Para lograr un accionamiento agradable y eficiente es importante que la bomba esté **diseñada a la medida de la usuaria**, o sea, que asegure el mejor aprovechamiento del trabajo humano. Por un lado, se trata de las medidas de la manivela, por otro lado la demanda de energía y fuerza requerida para el bombeo deben coincidir con las que dispone la usuaria. El estudio de esta temática es la ergonomía.

En este capítulo definimos primero los parámetros ergonómicos relevantes; en seguida vemos cómo seleccionar el diámetro de la rueda y del tubo de subida según la profundidad del pozo, y por último vemos cómo estos factores influyen el rendimiento de la bomba. En el texto, nos limitamos a presentar lo mínimo para entender los fenómenos, y damos orientaciones generales. Para los cálculos completos, referimos a los anexos F y G.

7.1 Parámetros ergonómicos

Detallamos a continuación los parámetros ergonómicos más relevantes. Les atribuimos valores estimados en base a las experiencias de campo y a la literatura.

- El factor determinante en el bombeo manual consiste en la **energía humana disponible**, es decir la potencia con la cual la usuaria da vuelta a la manivela. En un período de 1 a 5 minutos, **un niño puede desarrollar aproximadamente 40 Watios, mientras un hombre adulto puede desarrollar hasta 150 Watios**. Visualicemos estos valores: un niño que desarrolla una potencia de 40 Watios bombeando desde un pozo de 10 metros de profundidad dilata poco más de un minuto para llenar un balde de 20 litros. Un



Foto 18: ¿ Por qué tan alto ?

¡En la selección de parámetros ergonómicos, hay que tomar en cuenta no sólo el promedio de las usuarias, sino también las más chiquitas! (El Pochote).

hombre adulto que desarrolle 150 Watios hace lo mismo en 20 segundos. Si asumimos el pozo con una profundidad de 40 metros, el niño tiene que bombear durante casi 5 minutos, mientras el hombre poco más de un minuto y medio.

- Para desarrollar el máximo en potencia, la **fuerza máxima sobre la manivela es de 50 a 120 Newtons** (de 5 a 12 kilos). Esto es, si puede usar los dos brazos.
- Para desarrollar el máximo en potencia, la **velocidad giratoria de la manivela es de 0.7 a 1 revoluciones por segundo**.

De gran importancia son algunas medidas que determinan cuánta energía puede desarrollar una persona y en cuánto tiempo se cansa:

- Como el accionamiento de la bomba de mecate consiste en un movimiento giratorio, la altura ideal del eje coincide con una altura un poco por encima del codo del promedio de la usuarias. Con

esta altura, hay un mínimo de movimiento inútil del resto del cuerpo. Para mujeres latino-americanas adultas, la altura ideal del eje varía de 1 a 1.2 metros.

- Con el mismo fin de evitar movimientos inútiles, el largo de la manivela debe ser igual a la distancia del codo al centro de la mano cerrada, o sea unos 0.27 a 0.33 metros, otra vez para mujeres latino-americanas adultas.
- Para poder accionar la manivela con las dos manos, la manivela debe tener 0.3 metros de largo como mínimo. También el delantal debe ser de tal forma que la usuaria pueda ubicarse bien.

Con la selección de medidas es importante no sólo adaptarse al promedio de las usuarias, sino también tomar en cuenta a los más chiquitos y débiles. Por ejemplo, un pozo comunal debe ser diseñado para niños, mientras una bomba para riego será usada únicamente por hombres. Los valores que implementa la DAR-Región V^a en las bombas para pozos comunales son:

- altura del eje: 0.8 a 0.95 metros
- radio del eje: 0.28 metros
- potencia de entrada: 40 - 100 Watios.

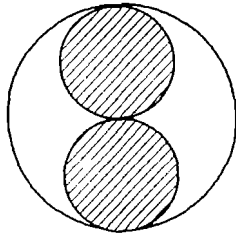
Con lo anterior podemos calcular cuál será la cantidad de agua que puede levantar una persona en un cierto tiempo, y cómo deberían estar la carga y la velocidad de la manivela para que la persona accione de una manera óptima. A base de esto calculamos en los próximos dos párrafos algunos factores que deben ser respetados para que no sólo la persona sino también la bomba funcionen con el mejor rendimiento posible.

7.2 Selección de diámetros de polea y tubo de subida

Cuando el desnivel de bombeo es mayor, el peso de la columna de agua también es mayor. Para lograr que a pesar de esto, la fuerzas sobre la palanca se mantengan dentro de lo permitido, podemos variar dos factores: el diámetro del tubo de subida y el diámetro de la polea.

Eso lo experimentó muy directamente un usuario, Ramón Enrique:
"... El problema con la bomba fue que se le puso un tubo de una pulgada, no de $\frac{3}{4}$ ", y no dio función. Entre más grande los pistones da más fuerza, a 20 metros de profundidad el pozo, pesaba darle vuelta. El mecate no daba problemas, el mecate trabajó bien, claro que el mecate con esa clase de tubo dura menos, trabaja más, porque hace más fuerza. Al mirar que se arruinó la polea con un serio problema yo traje al muchacho. Y ahora mirando que con este tubo de $\frac{3}{4}$ " trabaja bien, es bueno ponerla en cualquier pozo, un pozo que tenga bastante agua pues."

Ampliamos primero la influencia del **diámetro del tubo de subida**. La fuerza sobre la manivela depende del peso de la columna de agua que levanta el mecate. Es como si estuviera levantando un balde muy estrecho y muy alto (del ancho del diámetro del tubo de subida y del alto del desnivel de bombeo). Si el pozo es profundo, la fuerza es mayor. Si el diámetro del tubo de subida es grande, también la fuerza es mayor. O sea, para un pozo poco profundo se puede escoger un tubo de mayor diámetro; para un pozo profundo se prefiere un tubo de pequeño diámetro. Un tubo de subida con mayor diámetro implica más esfuerzo, pero también más caudal.



Es importante recordar que si se elige un diámetro de tubo, por ejemplo, dos veces mayor, el caudal (y por ende también el esfuerzo) aumenta dos por dos igual cuatro veces más. Esto se ilustra en la gráfica siguiente.

El segundo factor que influye es el **diámetro de la polea**. El conjunto de la manivela y la polea es como una palanca: si la polea tiene un diámetro menor, la fuerza que se siente sobre la manivela también es pequeña, pero al darle vuelta a la manivela, el mecate subirá con menor velocidad. Se necesita desarrollar menor fuerza, pero también sale menor caudal. Si, al contrario, la polea tiene un diámetro **mayor**, la fuerza sobre la manivela también es mayor, y el mecate subi-

rá más rápido (más caudal). Por razones de rendimiento, se busca cómo mantener el diámetro de la polea lo más grande posible.

Por lo general, recomendamos las orientaciones reflejadas en la tabla 7.1. Los datos son recomendaciones generales, que pueden variar según la situación específica.

Tabla 7.1: Diámetros recomendados de polea y de tubo de subida					
Rango de desniveles de bombeo (m)	0 - 6	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Llanta para polea (")	20"	20"	20"	20"	12"
Tubo de subida (")	1½"	1"	¾"	½"	½"
Diámetro efectivo de polea \varnothing_{pol} (mm)	540 mm	540 mm	540 mm	540 mm	350 mm
Diámetro de tubo de subida \varnothing_{tub} (mm)	44.5 mm	30.4 mm	23.3 mm	17.8 mm	17.8 mm
Los rangos sombreados son los más corrientes. El cálculo se hace en el anexo F.					

Sabemos que hay dos factores que podemos variar en función de optimizar el sistema: el diámetro de la polea y el diámetro del tubo de subida. Como se ve en la tabla 7.2, preferimos variar la polea sobre el tubo. La otra opción sería variar la polea y mantener igual el tubo. No tenemos mucha experiencia con esta alternativa, principalmente por temor al desgaste del mecate y de la polea por las grandes concentraciones de fuerza que ocurrirían en este caso. Sin embargo, esta opción podría ser ventajosa cuando las variaciones del desnivel de bombeo son relativamente pocas.

Ahora que vimos cómo seleccionar los parámetros para adaptar la bomba a la usuaria, vamos a investigar en el próximo párrafo cómo éstas variaciones afectan el rendimiento de la bomba.

Tabla 7.2: Variar el diámetro del tubo de subida contra el diámetro de la polea

<p>Variar diámetro de tubo de subida: Mantener fijo el diámetro de la polea</p>	<p>Mantener fijo el diámetro del tubo de subida: Variar diámetro de polea</p>
<p>Estandarización de ruedas (sólo 1); rango de tubos y pistones. Implica mayor inversión inicial (moldes para los pistones) y mayor diversificación de accesorios PVC y pistones (15 accesorios).</p> <p>Costos relativamente menores para pozos profundos por los menores diámetros de tubería.</p> <p>Velocidad máxima de los pistones garantiza rendimiento óptimo.</p> <p>Fuerzas sobre el sistema de bloqueo, fuerzas de tensión en el mecate e intensidad de fuerzas de fricción entre mecate y polea no varían significativamente con la profundidad.</p>	<p>Estandarización de accesorios PVC y pistones (sólo 6 accesorios); rango de 5 ruedas. La consecución de suficientes llantas de diferentes diámetros puede ser difícil.</p> <p>Costos se incrementan de manera lineal con la profundidad.</p> <p>Velocidad menor de los pistones, a grandes profundidades, implica baja en rendimientos.</p> <p>Fuerzas sobre el sistema de bloqueo, fuerzas de tensión en el mecate y intensidad de fuerzas de fricción entre mecate y polea se incrementan muy significativamente con la profundidad.</p>

7.3 Rendimientos hidráulicos y mecánicos

Los rendimientos de la bomba de mecate son, comparados con otras bombas de mano, bastante altos. Especialmente para pozos de gran profundidad y para aplicaciones de riego, es importante optimizar los rendimientos. Para ello es imprescindible entender los factores que

influyen en estos rendimientos, con el fin de darles la debida atención en la fase de diseño y de producción.

El **rendimiento total** de la bomba varía entre 60% y 90%, lo cual es muy alto para una bomba manual. Un rendimiento alto es de especial interés en los pozos profundos donde el bombeo del agua se vuelve un trabajo serio. En pozos con un desnivel de bombeo de unos 35 - 40 metros, que son lo más profundos en los cuales hemos instalado bombas de mecate, los rendimientos siempre son muy buenos, y es sólo cuestión de probar la bomba en pozos más profundos. Hasta ahora, no se ha hecho esto porque no existen pozos de esta profundidad en la región.

Analicemos a continuación el rendimiento: **el rendimiento total de una bomba es el producto del rendimiento hidráulico por el rendimiento mecánico.**

El **rendimiento mecánico** consiste en las pérdidas de fricción entre los pistones y la tubería y el agua, entre el mecate y la polea, la guía y el agua, y en los cojinetes. Manteniendo bien engrasados los cojinetes, no hay mucho qué mejorar en este aspecto: las fricciones mencionadas son pocas e inevitables⁽⁶⁾. Es difícil establecer por medio de pruebas, el rendimiento mecánico pero lo estimamos en base a experiencias de campo en un 80% - 90%.

El **rendimiento hidráulico** consiste en la fuga del agua por el angosto anillo que existe inevitablemente entre el pistón y la pared del tubo de subida. En otras palabras, es la diferencia de velocidad entre la columna de agua y el mecate con los pistones. Este rendimiento sí es fácil de medir, y pruebas de campo demuestran que varía entre 80% y 95%. El rendimiento hidráulico depende de varios factores de producción, especialmente del juego del pistón y su velocidad. Para entender más sobre la influencia de cada factor, la DAR-Región V^a desarrolló un modelo teórico que fue comprobado por 53 pruebas de campo (Ver anexo G). La dependencia de los rendimientos hidráulicos

⁽⁶⁾ Como se amplió en el párrafo 2.8, las pérdidas mecánicas de una bomba de mecate son en principio menores que en una bomba de desplazamiento con cilindro y pistón.

de los diferentes factores se refleja en las figuras 7.1 hasta 7.3.

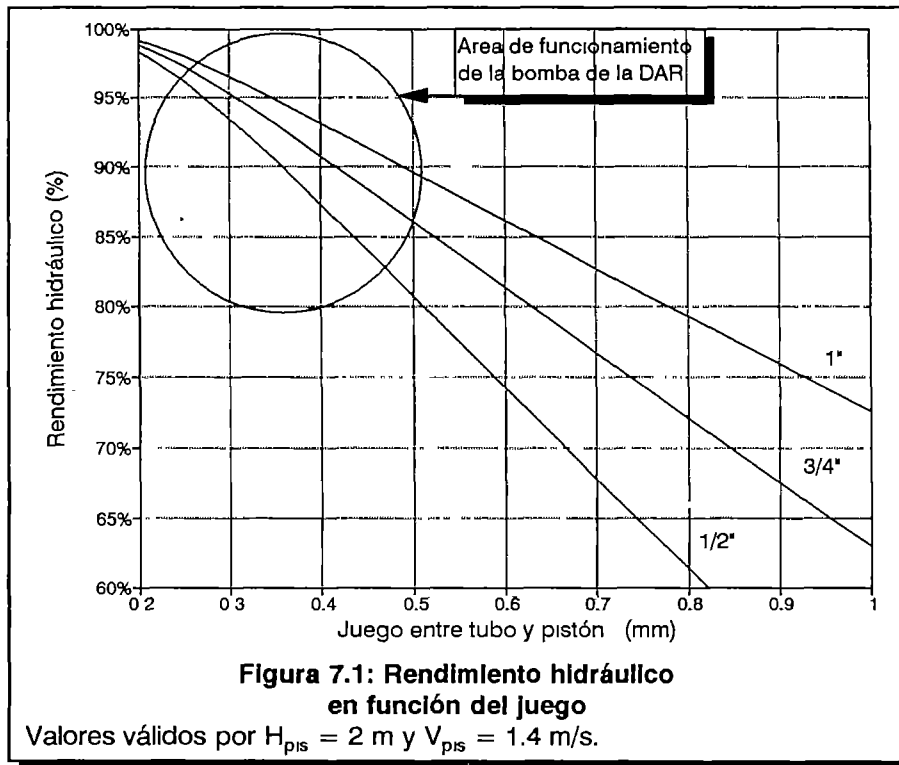
Presentamos a continuación los factores que inciden en el rendimiento hidráulico en orden de importancia descendente:

- el juego entre el pistón y el tubo de subida;
- la velocidad del pistón;
- la distancia entre los pistones, y por último;
- el diámetro del tubo de subida.

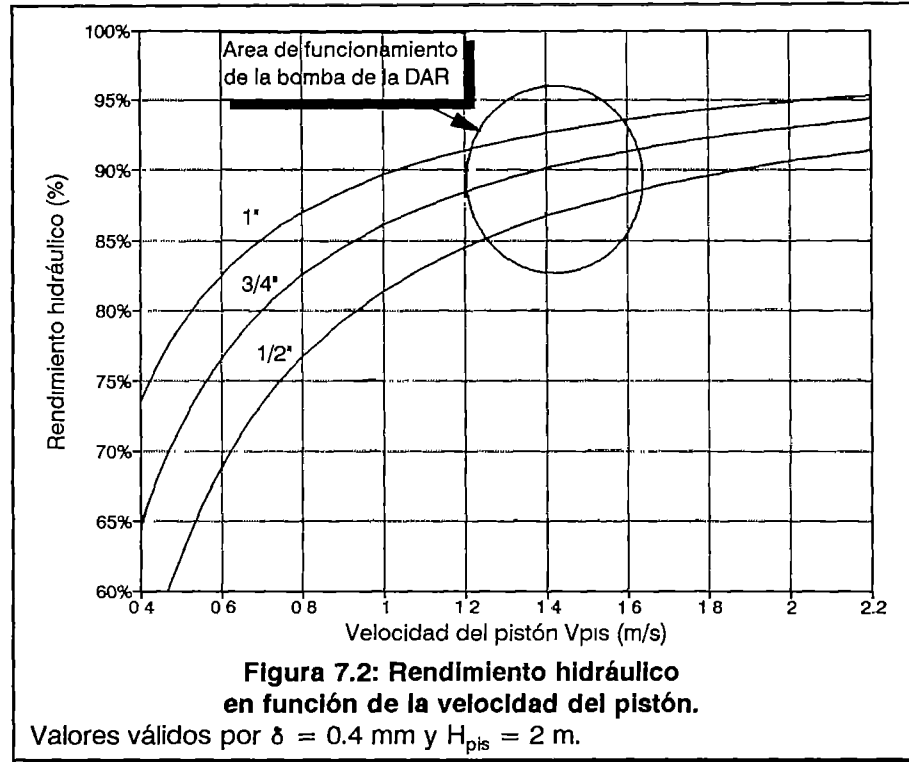
El factor más importante y más difícil de optimizar es el **juego entre el pistón y el tubo de subida** llamado δ . Como se puede observar en la figura 7.1, el rendimiento hidráulico depende fuertemente del juego; las curvas bajan más inclinadamente que en las demás gráficas. ¡Cada décimo de milímetro es importante! También vemos que el rendimiento de un tubo de mayor diámetro es mejor que el de un tubo menor. Esto se explica comparando la superficie del anillo por el cual se escapa el agua con la superficie total del tubo. En un juego determinado, en tubos de menor diámetro esta superficie es mayor que en tubos de mayor diámetro.

Consideramos que una diferencia de diámetro entre el tubo de subida y un pistón de 0.2 mm, es lo mínimo absoluto. Este valor es alcanzable únicamente cuando la tubería es de buena calidad y los instaladores trabajan con precisión. En este sentido, una tubería de buena calidad se refiere a la uniformidad del diámetro interior (Ver figura 6.6), la redondez, y la ausencia de irregularidades como, por ejemplo, las cinturas en la base de las campanas⁽⁹⁾. Los instaladores deben trabajar de manera muy precisa para que los pistones no se peguen. También deben estar en capacidad de detectar los problemas que inevitablemente ocurren con un juego tan mínimo. Ampliamos esta problemática en la parte 3. Especialmente en pozos de menor profundidad, puede resultar más provechoso usar un juego mayor, por ejemplo de 0.6 - 0.8 mm.

⁽⁹⁾ Sería interesante profundizar la investigación sobre el uso de materiales flexibles para los pistones (hule, PVC blando, espumas), lo que permitirá juegos menores. Los aspectos que deben analizarse son la fricción y el desgaste.



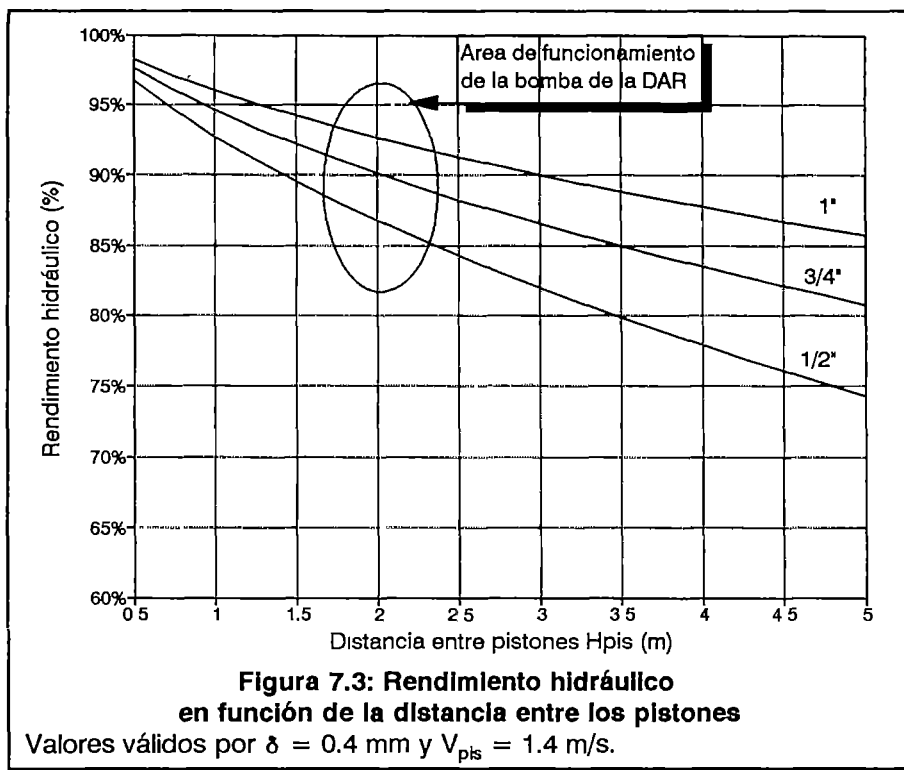
El segundo factor en importancia es la **velocidad del pistón** (V_{pis}). Como se puede observar en la figura 7.2, al bajarse la velocidad por debajo de 0.8 m/s, el rendimiento baja drásticamente, pero por encima de 1.8 m/s ya casi no sube más. La velocidad actual se limita generalmente a 1.5 m/s por el diámetro de la polea (máximo 540 mm, o sea una llanta de 20") y las características ergonómicas de una velocidad gírotoria máxima de una revolución por segundo. Como vimos en el párrafo anterior, podemos variar la fuerza sobre la manivela mediante el diámetro del tubo y el diámetro de la polea. Esto último afecta directamente a la velocidad del pistón, y es preferible entonces seleccionar un tubo de menor diámetro y garantizar una alta velocidad mediante un diámetro de polea grande que lo contrario: utilizar un tubo de mayor diámetro, con una menor velocidad. Sin embargo, con las llantas de 20" usadas hasta ahora, difícilmente se logrará la velocidad



de 2 m/s considerada óptima.

El tercer factor es la **distancia entre los pistones** (H_{pis}). La figura 7.3 muestra que el rendimiento baja en forma continua pero no muy inclinada. Es lógico que minimizar esta distancia favorece el rendimiento hidráulico, pero al mismo tiempo, provoca serias bajas en el rendimiento mecánico por fricciones entre los pistones y el agua y el tubo de subida. No conocemos con exactitud la magnitud de estas fricciones, pero sí la sentimos por experiencia, y sospechamos que la distancia óptima sea alrededor de 2 metros.

Como se puede observar en las tres gráficas, un cuarto factor que influye es el **diámetro del tubo de subida** (\varnothing_{tub}). Ya explicamos este fenómeno anteriormente. Sin embargo, la influencia no es de una magnitud tal que nos permita optimizar la bomba. Por ejemplo: un tubo



de 1" a velocidad de 0.5 m/s provoca un peor rendimiento que un tubo de 1/2" a velocidad de 1.5 m/s, aunque ambos ejerzan la misma fuerza sobre la palanca.

La principal función de las gráficas es ilustrar los efectos de la variación de los diferentes factores. Si los parámetros de una bomba oscilan alrededor de los valores mencionados en las gráficas, se puede leer en ellas el rendimiento hidráulico de la bomba. Si los valores difieren mucho de éstos, las curvas serán más o menos pronunciadas, y habrá que recurrir a los cálculos del anexo G. Sin embargo, en la mayoría de los casos no es importante conocer de una manera muy precisa el rendimiento hidráulico. También hay que tomar en cuenta que a lo largo de los meses, los pistones se van desgastando, aumentando el juego y afectando el rendimiento. Dependiendo del

uso, recomendamos cambiar los pistones cada 1 ó 2 años, pero si se requiere un rendimiento alto, se pueden cambiar más frecuentemente.

Con lo discutido en este capítulo, se pueden seleccionar y diseñar bombas para todas las aplicaciones corrientes. En casos diferentes, por ejemplo para pozos muy profundos, para ruedas muy grandes o pequeñas, es oportuno recurrir a los cálculos (anexos F y G).

Foto 19 (página derecha): Todo el mundo puede participar

Instalación de bomba sobre pozo perforado. Nótese el tubo de subida de $\frac{1}{2}$ " al lado izquierda y el tubo protector de $\frac{3}{4}$ " al lado derecha (El Pochote).

3



Instalación, operación y mantenimiento

**Sólo confía en aquellos
que perderán lo mismo que tú
a la hora de que las cosas fracasen.**

Capítulo 8: Instalación sobre pozos excavados

En este capítulo describimos de manera detallada la instalación de una bomba de mecate sobre pozos excavados a mano con una tapadera de concreto como la que está implementando la DAR en la región Vª de Nicaragua. Estamos conscientes de que este tipo de tapadera y de bomba son sólo un ejemplo, y que existen muchas alternativas. Preferimos no ampliar éstas aquí, pero referimos a la segunda parte.

La instalación de la bomba en el pozo en la comunidad ofrece una excelente oportunidad para capacitar a las usuarias sobre la instalación, operación y mantenimiento de la bomba. Como todas las actividades se realizan en el mismo pueblo, es factible que las mujeres participen, comenta la promotora Cony:

"... prácticamente todo el mundo tiene derecho a participar, todo el mundo puede participar, las mujeres incluso, los chavalos puedan participar en la instalación, la reparación y entonces no es nada difícil, yo lo veo así".

Igual que en toda actividad de construcción en el campo, **una buena planificación es esencial**. Teniendo **todos** los materiales y recursos en el lugar, se puede instalar la bomba en menos de dos mediodías; uno para fundir la tapadera de concreto y unas horas la semana después para hacer la instalación.

Antes de empezar a recolectar los materiales, hay que escoger el diámetro del tubo y de la polea de acuerdo a la profundidad del pozo. En el párrafo 7.2 describimos estos procedimientos.

8.1 Construcción de la tapadera

Damos a continuación las condiciones y herramientas necesarias para la construcción de la tapadera. Las cantidades de materiales requeri-

das valen para una tapadera de 1.2 m de diámetro; para otros tamaños, habrá que adaptarlas. Terminamos con un resumen del desarrollo de las actividades.

Condiciones:

- lugar plano cerca del pozo donde se pueda fundir la tapadera; un lugar embaldosado es perfecto, pero no necesario.
- posibilidad de hacer fuego en el lugar (si no hay, se puede hacer la campana antes de salir al campo).
- dos personas como mínimo, de los cuales uno debe tener experiencia de albañilería.
- disponibilidad de agua para hacer la mezcla y para limpiar las herramientas.
- haber definido el diámetro del tubo de subida y de la polea de la rueda.

Herramientas Imprescindibles:

- 1 machete para limpiar el terreno donde se va a hacer la fundición (si fuese necesario)
- 1 piocha para nivelar el terreno donde se va a fundir la tapadera (si fuese necesario)
- 1 tiza para dibujar en el embaldosado si es que existe
- 1 plástico de 2 x 2 m para cubrir el suelo
- 1 cinta de zinc liso de 75 mm x 4 m para el molde exterior⁽¹⁰⁾
- 2 palas para batir la mezcla
- 1 o 2 baldes para agua
- 1 o 2 cucharas de albañilería
- 1 o 2 alicates para fijar el alambre de amarre
- 1 sierra para cortar el hierro
- 1 serrucho
- 1 escofina
- 1 martillo
- 1 plomo

⁽¹⁰⁾ También se puede usar una cinta de 60 mm de alto, pero no será posible un fraguado bajo agua como se explicará más adelante, lo que incide negativamente en la fuerza de la plancha.

- 1 cinta métrica de 3 m
- 1 navaja.
- 1 botella con cuello de menor diámetro que 18 mm.

Herramientas opcionales:

- 1 escuadra
- 1 regla de 1 m para aparejar
- 1 zaranda fina de arena

Materiales:

- 3 latas de 20 litros de pedrín de ¼"
- 4 latas de 20 litros de arena
- 1 quintal de cemento
- 24 metros de hierro ¼"
- 10 metros de alambre de amarre #18 o #20
- 1 rueda de bomba con adecuado diámetro de polea
- 4 metros de reglas 1" x 4" para el molde del orificio de inspección y la base para el tubo de descargue
- 3 metros de reglas 1" x 4" para el molde del orificio de inspección
- 3 metros de reglas 1" x 1" para el molde del borde del orificio de inspección
- 3 metros de reglas 1" x 2" para el molde de la tapadera de inspección
- ± 25 clavos de 2"
- si el terreno es de tierra, ± 12 estacas de 1" de diámetro x 300 mm de alto; si es embaldosado, unas 10 piedras de 2-5 kilos.
- Tubo de pase PVC de 100 mm. Su diámetro debe ser ¼" más que el del tubo de descargue (Ver tabla 6.6)
- Tubo protector PVC 1½" de 450 mm.
- Cualquier material que pueda proteger del sol a la tapadera fresca (p.e. hojas de chagüite, periódicos viejos, plástico).

Desarrollo de las actividades:

Es importante no meterse uno solo a trabajar sino que organizar bien las diferentes actividades e involucrar la mayor cantidad posible de gente: hombres, mujeres y niños. Esto no sólo para avanzar, sino más bien para demostrar qué tan fácil es hacer una tapadera e instalar la



Foto 20: Armazón de la tapadera

El molde de la tapadera consiste en una cinta de zinc mantenido en su lugar por piedras. Observe el orificio de inspección, el tubo de pase, el tubo protector, los hierros para fijar la tubería de descargue

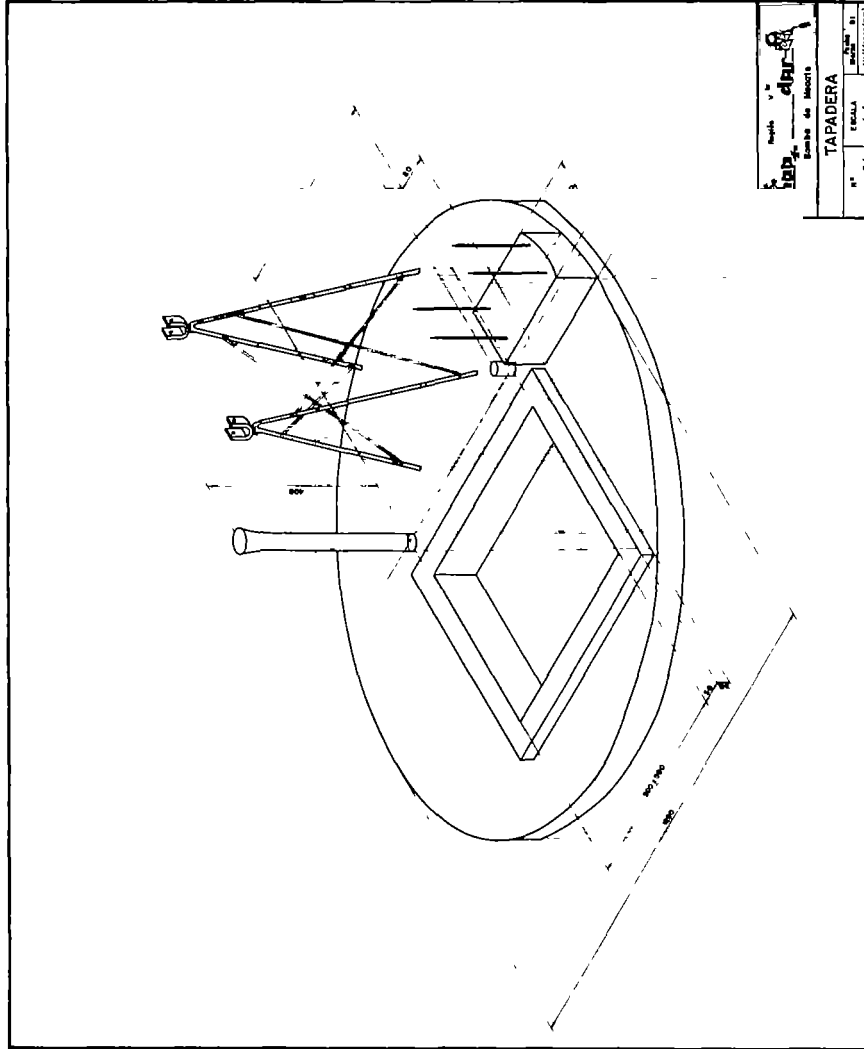


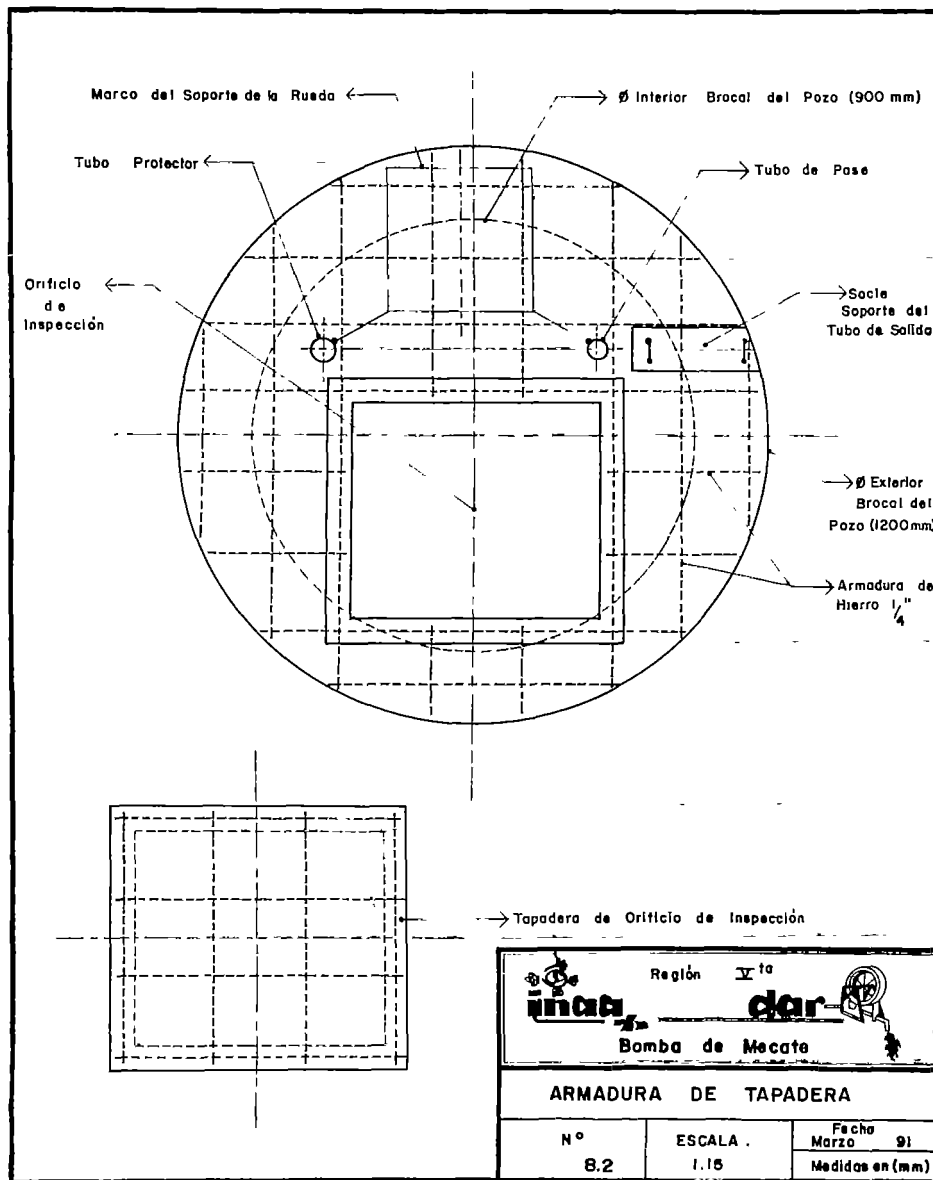
Foto 21: Tapadera fundida

La misma tapadera que la de la foto izquierda. Se ha quitado la polea, que solo era necesario para bien ubicar el tubos de pase y el tubo protector. Se nota la campana en el tubo protector (Papayal).

bomba. Muchas de las actividades descritas aquí abajo pueden realizarse simultáneamente:

- ▶ Limpiar el sitio donde se va a fundir la tapadera: debe ser plano y preferiblemente horizontal. Tender el plástico.
- ▶ Amarrar la cinta de zinc liso según el diámetro del pozo. Ubicarlo sobre el plástico con las estacas o piedras adentro. ¡Cuidado con cortarse las manos con el zinc!
- ▶ Definir la posición de la bomba, del tubo de descargue y de la tapadera de inspección (Ver figuras 8.1 y 8.2).





- ▶ Hacer el molde del orificio de inspección clavando tres reglas en 'U', el otro queda libre para facilitar el desencofre. Hacer los moldes del borde del orificio de inspección y de la base del tubo de descargue.

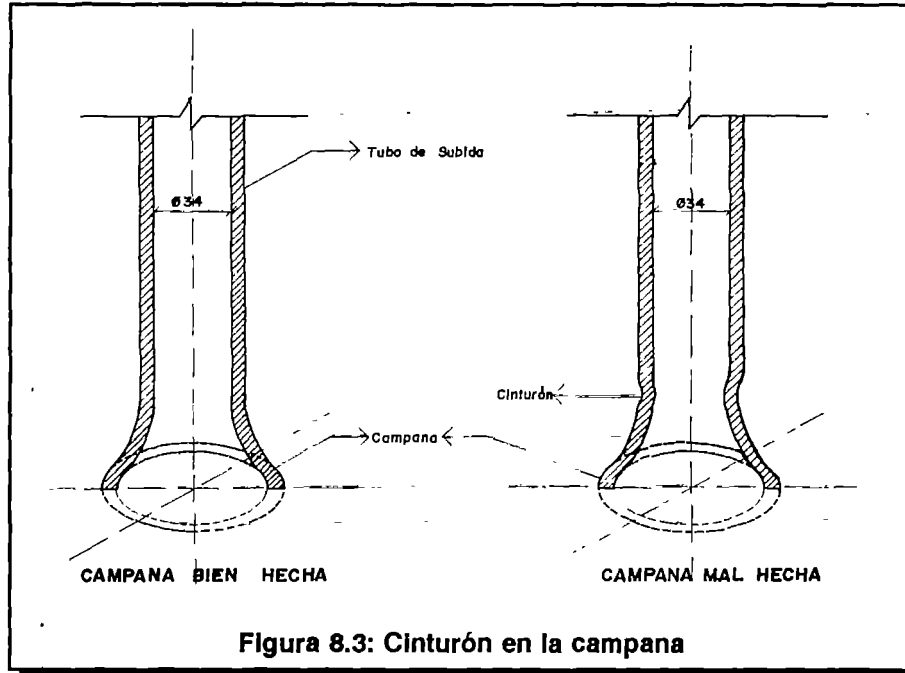


Figura 8.3: Cinturón en la campana

- ▶ Hacer una campana al tubo protector (una campana parecida se hará también en el tubo inferior, ahí es más delicado). Para hacerla campana se calienta el extremo del tubo encima de un fuego y se le introduce un cuello de botella. Es importante no calentar gran parte del tubo, sólo el extremo, de lo contrario se deforma y se crea un 'cinturón' (Ver figura 8.3) que impide el paso de los pistones. Se evita el calentamiento exagerado enrollando el tubo con trapos o periódicos mojados dejando expuesta al fuego únicamente la parte de la campana.
- ▶ Ligar los 100 mm inferiores externos del tubo protector y del tubo de pase que se empotrarán en el concreto. El tubo protector va con la campana hacia arriba para facilitar la entrada del mecate y los pistones.
- ▶ Cortar el hierro y amarrar el armazón. La distancia entre las varillas

es de 150 - 200 mm. (Ver figura 8.2). Ubicar el soporte de la bomba, acomodándolo de tal forma que el hierro no impida la ubicación correcta del tubo de pase y del tubo protector. Es importante ubicar estos dos tubos exactamente por debajo de la polea, usando el plomo. Si no están bien ubicados, o no están bien verticales, el mecate rozará por los tubos y se desgastará en poco tiempo; ver foto 22. Cuando estén bien ubicados, amarrar el soporte al armazón y los tubos a sus respectivas guías de la rueda y si es posible al armazón.



Foto 22: Mala ubicación del tubo protector

Este tubo protector no tiene campana y además está mal ubicado: el mecate, y más en especial los nudos y los pistones rozan continuamente al tubo y se desgastarán en pocos meses.

- ▶ Cortar, ubicar y amarrar al armazón las dos 'U' altas de hierro $\frac{1}{4}$ " que servirán para fijar el tubo de descargue.
- ▶ Hacer el molde para la tapadera de inspección, amarrar su armazón.
- ▶ Colar media lata de arena que se ocupará después para el fino.
- ▶ Batir una mezcla de 3 latas de piedrín, $3\frac{1}{2}$ de arena y $1\frac{1}{2}$ de cemento. Mojar bien el armazón y fundir la tapadera. A medida que

se va llenando la tapadera, se pueden retirar las estacas o piedras. Chequear bien la ubicación y verticalidad de los tubos protector y de pase. El espesor de la tapadera debe ser de 50 a 60 mm; ique no llegue a la altura de la cinta de zinc! Dejar secar la mezcla unos diez minutos, sólo después ubicar el molde para el borde del orificio de inspección y el molde de la base del tubo de descargue sobre la mezcla fresca y llenarlos.

- ▶ Mojar el armazón de la tapadera de inspección y fundirla.
- ▶ Hacer una mezcla de la media lata de arena colada con $\frac{1}{4}$ lata de cemento, para dar el fino.
- ▶ Proteger las tapaderas del sol y del viento.
- ▶ Después de 3 horas, se puede inundar la tapadera con agua, aprovechando los 15 - 25 mm que la cinta de zinc sobrepasa el nivel del concreto. Si no es posible, procurar que alguien **riegue la tapadera 6 veces al día como mínimo.**

8.2 Instalación de la bomba

Una semana después de haberse fundido la tapadera, podemos proceder a instalar la bomba. Pero antes que todo, necesitamos garantizar las siguientes condiciones, herramientas y materiales:

Condiciones:

- pozo lavado con su brocal de 300 mm de altura aproximadamente y la tapadera fundida ya bien fraguada durante una semana.
- para ubicar la tapadera sobre el brocal, se necesitan por lo menos 6 personas fuertes. Para la instalación misma, dos personas como mínimo, preferiblemente la nueva dueña y algunas usuarias.

Materiales Imprescindibles:

- tubería de subida para toda la profundidad. Como describimos en el párrafo 6.4, **ies imprescindible uniformar la marca y cédula del tubo de subida!**, ya que hay diferencias de diámetros entre ellas que pueden provocar serios problemas para los pistones.
- tubería de descargue: reductor, TEE, codo, ± 1 m de tubo de descargue (Ver tabla 6.6 para sus dimensiones)).

- 1 guía.
- mecate (dos veces la profundidad del pozo, más dos metros, más 5% por los nudos).
- suficientes pistones (uno por cada metro de desnivel de bombeo).
- neumático (bandas de ± 30 mm ancho x en total 2 metros).
- 2 m de alambre galvanizado para amarrar la piedra estabilizadora.
- piedra estabilizadora (de 2 - 7 kilos), de forma más o menos cuadrada (bloques de cemento funcionan bien pero no en aguas ácidas: se disuelven en pocos meses.)
- un poco de grasa para lubricar los cojinetes.

Materiales opcionales:

- ½ lata de arena colada.
- 1/6 lata de cemento.
- 1 Kilo de cal
- Protección de la rueda.
- Cloro para desinfectar el pozo.

Herramientas Imprescindibles:

- Llave ajustable o fija para los pernos de seguridad de los cojinetes.
- navaja
- alicate
- sierra para cortar tubo
- pegamento PVC
- martillo
- cinta métrica
- vara para levantar la tapadera.
- alambre de amarre grueso, preferiblemente con una longitud mayor a la profundidad total del pozo (7 metros es lo mínimo para cruzar un tubo).
- encendedor para quemar los extremos del mecate.

Materiales opcionales:

- 2 baldes.
- cuchara de albañilería.
- pipeta para medir el cloro.

Desarrollo de las actividades:

► Fijar los pistones en el mecate mediante un pedazo de ramal de unos 25 mm de largo, trenzado por el mecate y quemado en ambos extremos (Ver figura 8.4). Tanto abajo como arriba del pistón va un tal ramal. Los pistones tienen una distancia entre uno y otro de ± 2.5 m. Cerciorarse de que todos los pistones apunten en la misma dirección. Este es un trabajo algo demoroso, en el cual bien pueden participar los niños. También, se puede hacer de antemano.

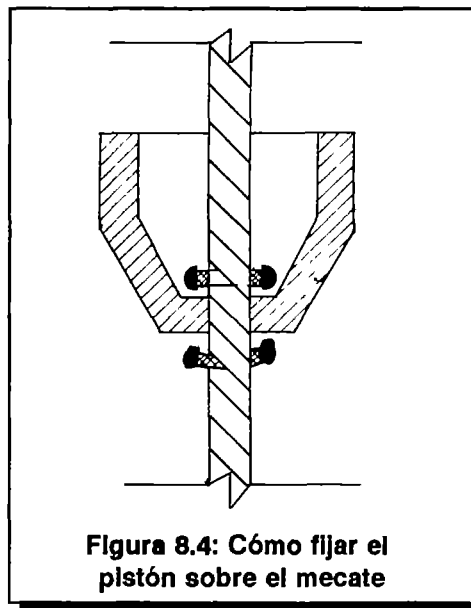
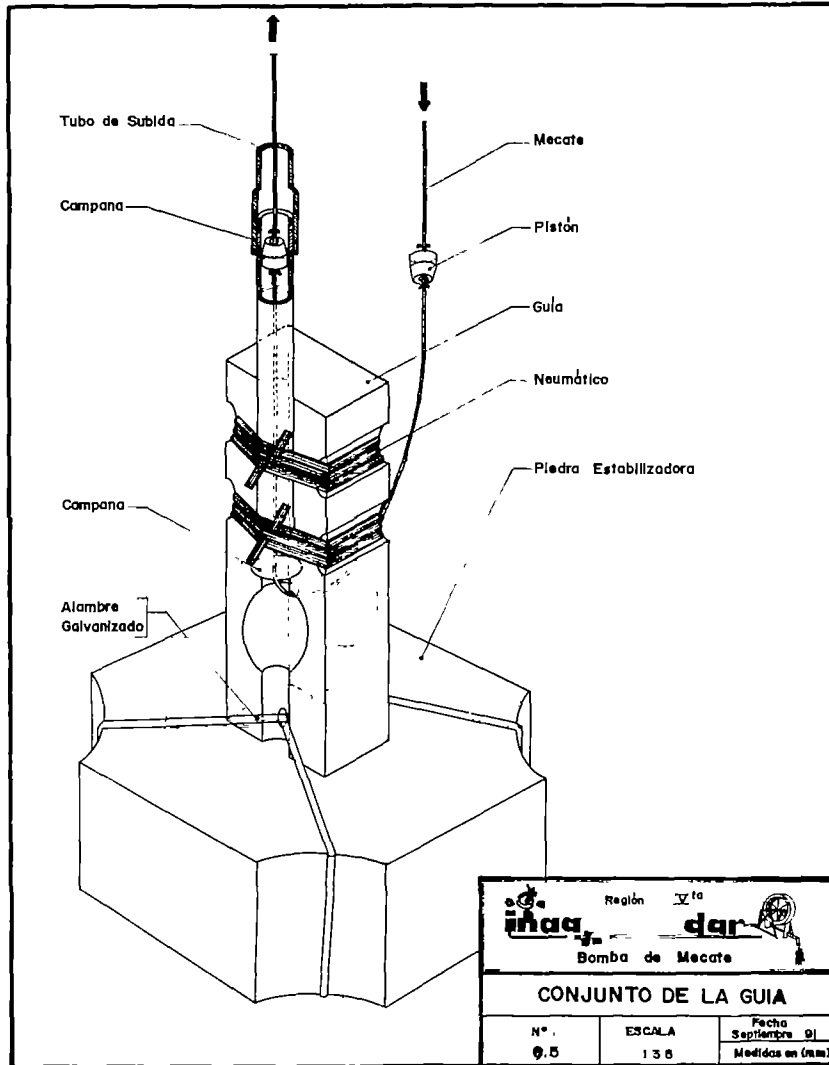


Figura 8.4: Cómo fijar el pistón sobre el mecate

- La campana de uno de los tubos debe ser ampliada de manera similar al tubo protector (ver descripción arriba), sólo que aquí es más delicado porque pasan los pistones.
- Cantear el borde interior de los tubos de subida y pegarlos con pegamento PVC, con sus campanas hacia abajo para evitar fricción y desgaste de los pistones en las uniones (Ver figura 8.5). Procurar no ensuciar los tubos con tierra, ya que se pegarán los pistones. El tubo inferior debe tener la campana ampliada. Medir (con los tubos) la profundidad total del pozo y cortar el tubo superior de manera preliminar dejando unos 300 mm de sobra.
- Fijar la guía con neumático al tubo de subida, procurando que la campana ampliada descansa en la cuneta de la guía (ver figura 8.5). No meter más de 2 a 3 capas de neumático, ya que la presión de cada capa se suma y puede deformar el tubo.
- Si el tubo tiene menor diámetro que la cuneta en la guía, reforzarla con un niple cortado del mismo tubo para ampliar su diámetro y al mismo tiempo reforzarlo.



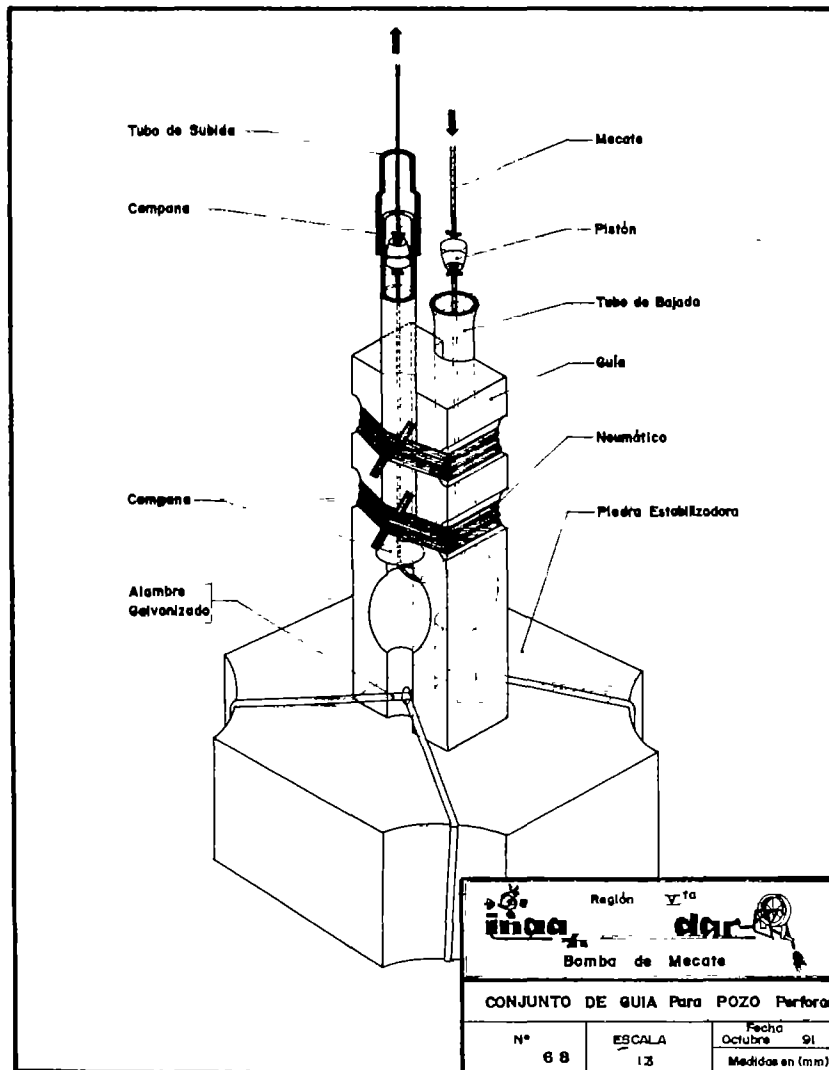
- ▶ Usando el alambre de amarre, introducir el mecate con los pistones por los tubos de subida, iniciando desde abajo⁽¹¹⁾. ¡Ponga especial atención en la dirección de los pistones!
- ▶ El mecate debe pasar por el orificio grande de la guía. Es importante mostrar muy bien estos pasos a los usuarios/dueños, ya que la reposición del mecate es la operación de mantenimiento correctivo más común, y ocurren muchos errores (Por ejemplo, que el mecate no pasa por la guía, o que los pistones van cabeza hacia abajo).

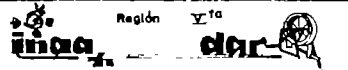
Don Ramón vivió la experiencia:

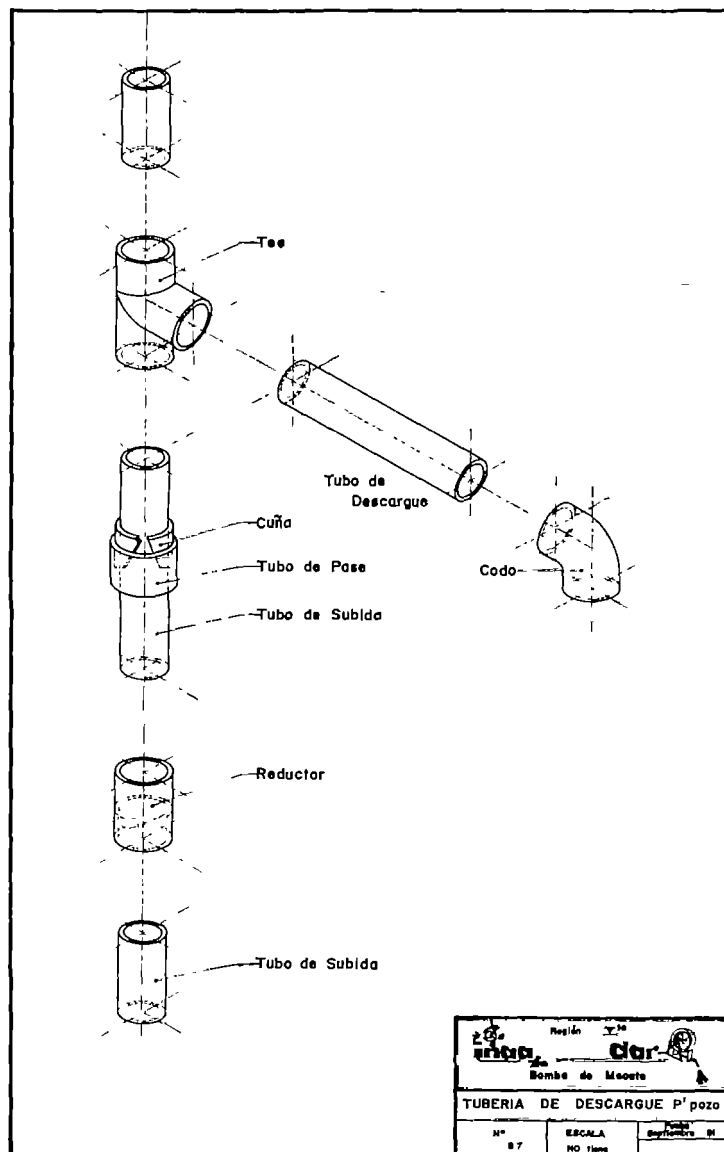
"... Yo la instalé mal, metí el tubo de viaje, metí el mecate y no lo puse por la pieza de porcelana; eso va bien amarrado con sus vueltas para que no pegue el mecate y los pistones. Entonces yo me olvidé de la pieza de porcelana, le quise dar vuelta pero ya no. Cuando miré a Alfonso, muy responsable el muchacho, él vino a armar el tubo. Donde le dábamos vuelta el mecate iba entrando abriendo el tubo y a seguido rajó el tubo y reventó el mecate."

- ▶ Probar si los pistones pasan por la guía y si entran por la campana en el tubo de subida sin dificultades.
- ▶ Amarrar temporalmente los extremos del mecate para que no se pierda en el tubo.
- ▶ Amarrar la piedra estabilizadora a la guía con alambre galvanizado.
- ▶ Desencofrar la tapadera y ubicarla encima del brocal. ¡Cuidado los dedos! Verificar que el tubo de pase sobresale 30 mm de la tapadera. Si sobresale más, cortarlo. Lijar la parte interior superior donde se ubicará la cuña.
- ▶ Con un sobrante del tubo de subida, hacer la cuña como está representada gráficamente en la figura 8.6.
- ▶ Bajar el conjunto de la piedra estabilizadora, guía, tubo de subida y mecate por el orificio de inspección, procurando que la ubicación correcta del tubo de subida y del mecate se mantenga continuamente: el tubo de subida al lado del tubo de pase, el mecate suelto

⁽¹¹⁾ Si el pozo es muy profundo, resulta más fácil introducir primero el mecate por los tubos individuales, y solo después pegar los tubos. ¡Cuidado, no hay que ensuciar el mecate con pegamento!



		
Región <u>Y^{ta}</u> Bomba de Mecate		
CONJUNTO DE GUIA Para POZO Perforad		
N°	ESCALA	Fecha
68	1:3	Octubre 91
Medidas en (mm)		



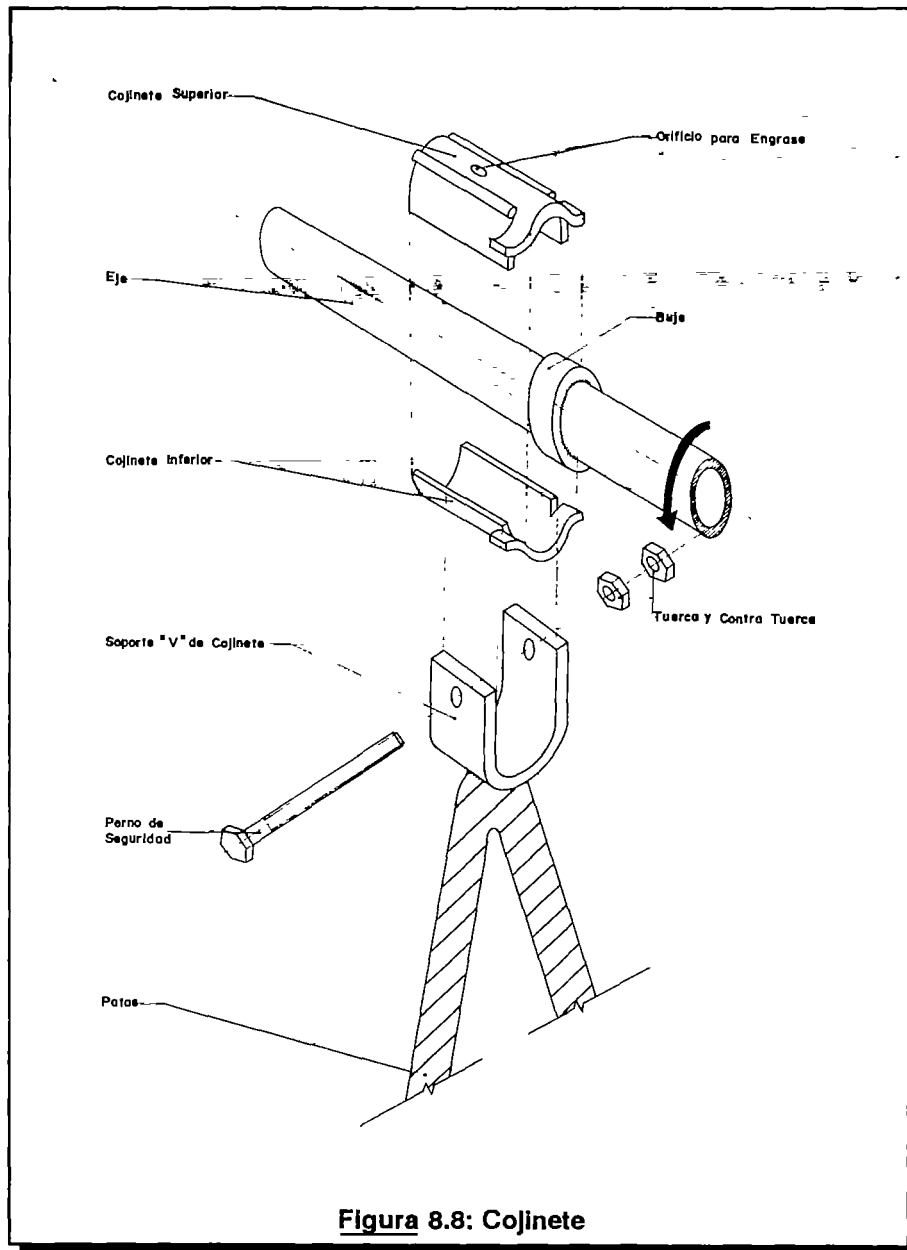


Figura 8.8: Cojinete



Foto 23: Cojinetes bien puestos

La 'ala' ancha de la concha superior descansa contra el soporte e impide la rotación de las conchas. Las 'alas' angostas en conjunto con el buje soldado al eje impiden que las conchas se salgan. (Papayal).

al lado del tubo protector. Si el pozo es profundo, o si tiene mucha agua, no se puede controlar esta ubicación una vez bajada la tubería. Mantener cierta tensión en el mecate suelto para que no se enrede con la guía o la piedra estabilizadora.

- ▶ Cortar, cantear y pegar los dos tubos de descargue, el codo, la TEE y el reductor (Ver figura 8.7).
- ▶ Soltar el nudo temporal, pasar el mecate por el tubo de pase y el tubo protector (usando el alambre) y por la tubería de descargue. Volver a hacer el nudo temporal.
- ▶ Introducir el tubo de subida por el tubo protector, y cortarlo a unos 30 mm por encima del tubo de pase. ¡Cuidado no cortar el mecate! Dentro del pozo, el tubo de subida debe ir recto, no pando, pero la piedra estabilizadora debe descansar en el fondo. Cantear el extremo del tubo, y hacer rugosa la parte que será prensada por la

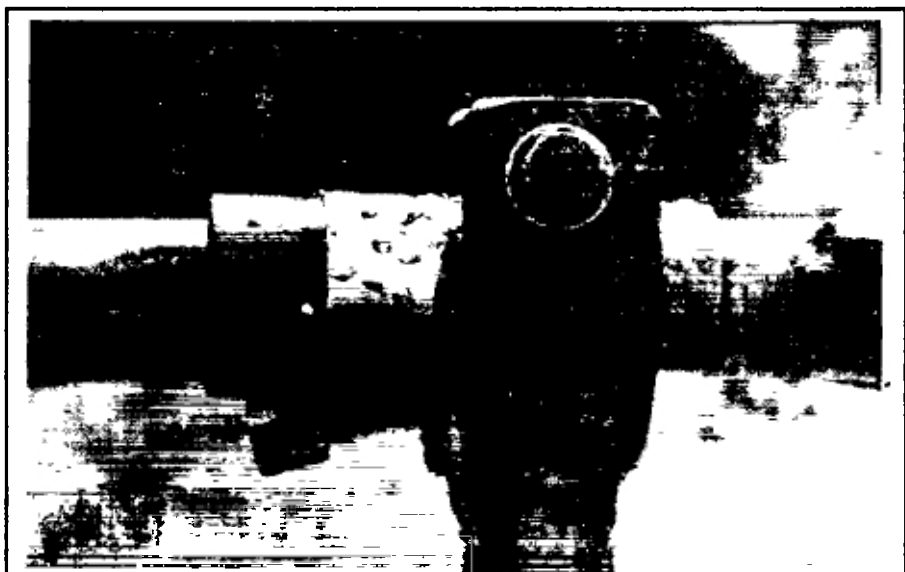


Foto 24: Cojinetes mal puestos

La 'ala' ancha de la concha superior está prensada equivocadamente entre el soporte y el buje soldado al eje. La concha inferior tiene juego y está soltándose. Esperamos superar este problema con el diseño nuevo presentado en la tabla 6.2 (Pochote).

- cuña (Ver figuras 8.6 y 8.7). Es importante hacer la cuña de esta forma para que presione de manera uniforme al tubo de subida.
- ▶ Fijar el tubo de subida al tubo de pase introduciendo la cuña y martillar suavemente la cuña.
 - ▶ Unir el reductor de la tubería de descargue al tubo de subida y doblar las esperas para fijar el tubo de descargue. Es muy importante **no usar pegamento** en la cuña ni en la unión entre el tubo de subida y la tubería de descargue, ya que esto impediría la desinstalación de la bomba.
 - ▶ Hacer un buen nudo, sin tensionar el mecate, pero dejando un juego de unos 100 - 200 mm. Cortar el mecate, dejando extremos de unos 100 mm, quemar los extremos y entrelazarlos.
 - ▶ Engrasar los cojinetes, y verificar su correcta ubicación. Nótese que las conchas van por par y que la concha inferior no es igual a la

superior (ver figura 8.8 y fotos 23 y 24). Poner el perno sin atornillar mucho la tuerca. Poner la contra-tuerca.

- ▶ Hacer un bombeo de prueba. Inicialmente, habrá mucha fricción entre los pistones y los tubos, debido a suciedades en el tubo. Si no se mejora después de algunos baldes de agua bombeados, volver a sacar la tubería e investigar dónde pega el pistón en el tubo.
- ▶ Una vez que todo el mundo ha probado la bomba, es recomendable soltar el nudo y dejar caer el mecate 'por descuido' en el pozo, para que los dueños mismos desinstalen la bomba, recuperen el mecate, y vuelvan a instalarla. Aunque inicialmente les dará miedo, lo lograrán hacer en unos diez minutos y se sentirán seguros de poder manejar estas operaciones de la bomba.
- ▶ Poner la protección del mecate y de la rueda.
- ▶ Sellar la tapadera sobre el brocal con una mezcla de cemento con arena.
- ▶ Poner la tapadera de inspección, sellarla herméticamente con una mezcla de cal y agua. Esta mezcla permite re-abrir fácilmente la tapadera a la hora de una desinstalación.
- ▶ Desinfectar el pozo con cloro según la dosificación.
- ▶ Procurar que no se toque la bomba mientras se seca la mezcla.
- ▶ En las primeras horas de operación, el mecate y los nudos se estiran y puede ser necesario recortarlo un poco.

Ahora que vimos qué tan fácil es la instalación de una bomba de mecate, podemos proceder a estudiar la operación y mantenimiento, que -aunque técnicamente es aún más sencilla que la instalación- requiere de nuestra debida atención.

Capítulo 9:

Mantenimiento

En este capítulo, analizamos primero la planificación del mantenimiento, en seguida damos una breve descripción de las actividades a ejecutar.

9.1 Planificación del mantenimiento

Igual que toda herramienta que tiene partes móviles, el mantenimiento oportuno y adecuado es imprescindible para un buen funcionamiento y una larga vida de la bomba. El **mantenimiento preventivo** es siempre mejor que el **mantenimiento correctivo**; se puede planificar con tiempo (pudiéndose hacer el día que nos convenga), cuesta menos trabajo y evita que la bomba quede parada mientras uno busca o hace los repuestos necesarios. El veterano Don Ponpilio da las siguientes recomendaciones a sus clientes:

"... como yo les expliqué a ellos, verdad, para que les diera rendimiento, que tuvieran cuidado y estar reparando la bomba. ¿Se les gastan los mecates? Cambiárselos. Explicarles cómo se les cambian, que tengan listos los mecates y los empaques, y ya los trasladen sin sacar el tubo, sólo se suelta el mecate, se jala al revés para que ya no saque agua y fácilmente lo jalen..."

Si el mantenimiento se ejecuta debidamente, la vida útil de la bomba podría alcanzar los 10 años, pero sí es cierto que durante este período hay que cambiar algunas piezas mayores.

Presentamos en el anexo A una posible calendarización de las actividades de mantenimiento. Queda claro que esta calendarización es nada más que una guía general. Mucho depende de la calidad y del material del mecate, los pistones, la guía, la pintura, y la rueda. En las calendarizaciones presentadas se toman en cuenta dos factores: el desnivel de bombeo y la cantidad de agua bombeada.

9.2 Actividades de mantenimiento

A continuación describimos las actividades más corrientes del mantenimiento. Están ordenadas en orden descendente de acuerdo a la frecuencia con que se presentan. No entramos en detalles cuando las actividades son similares a la instalación, ya que fueron descritas en el párrafo 11.2.

Cambio de mecate

Dependiendo de la protección de la polea, del uso de la bomba, y de la calidad de la guía, hay que cambiar el mecate de vez en cuando. Lo más cómodo es hacerlo antes de que se rompa. Lo más fácil es cambiar el mecate junto con los pistones, aunque los pistones todavía no estén gastados (se les guarda hasta el próximo cambio de mecate). Se amarra el mecate nuevo con sus pistones al viejo (¡Cuidado con la dirección de los pistones!), se le pasa por la tubería y al llegar de vuelta, se amara. No hay necesidad de sacar la tubería.

- Materiales necesarios:
- Mecate nuevo;
 - Pistones nuevos o usados.
- Herramientas necesarias:
- Encendedor, fósforos o tizón.
 - Navaja.

Cambio de pistones

Usualmente, los pistones tienen una vida útil dos veces mayor que la del mecate. Se puede comprobar fácilmente si es tiempo de cambiarlos observando y escuchando qué tan rápido baja el agua en el tubo de subida al dejar de bombear. La velocidad con la cual baja la columna de agua no debería ser más de 0.1 a 0.4 m/s. ¡Al conseguir los pistones nuevos, es importante asegurarse de que son de la misma medida que los anteriores y que no fueron hechos para otra tubería! El cambio de los pistones se realiza conjuntamente con el cambio del mecate, por tanto, el procedimiento es igual.

Pintura

Para evitar la corrosión, es imprescindible pintar la estructura de la bomba. No es necesario desmantelarla, pero sí es importante limpiarla bien con un cepillo de acero y lija, y para terminar, pasarle un trapo con diluyente. Después, aplicar una o dos manos de pintura anti-corrosiva y una o dos de laca. Lijar ligeramente entre cada mano.

- Materiales necesarios:
- 1/16 litro de pintura anti-corrosiva.
 - 1/16 litro de laca.
 - Diluyentes.
- Herramientas necesarias:
- Cepillo de acero
 - Lija
 - Brocha fina

Cambio de guía

Se puede sospechar que es tiempo de cambiar la guía cuando el mecate demuestra más desgaste que lo normal. Para esta operación, es inevitable sacar la tubería (ver párrafo III.2), aunque el mecate pueda quedarse dentro del tubo.

- Materiales necesarios:
- Guía
 - Banda de neumático
- Herramientas necesarias:
- Navaja
 - Encendedor, fósforos o tizón

Cambio de Cojinetes

Cuando se observa demasiado juego en los cojinetes, se les debe cambiar. Sólo se saca el mecate de la polea (sin deshacer el nudo), se quitan los pernos de seguridad con la llave fija o ajustable, y se cambian los dos pares de conchas. ¡Es importante la correcta posición de las conchas, ver figura 8.8 y fotos 23 y 24!

- Materiales necesarios:
- Dos pares de conchas
 - Un poco de grasa
- Herramientas necesarias:
- Llave fija Nº 10 o llave ajustable

Cambio de la tubería de descargue

Cuando la bomba está a pleno sol, los rayos ultra-violetas afectarán a la tubería de descargue y la harán quebradiza. Su cambio es sencillo y no requiere de mayores explicaciones.

- Materiales necesarios: - TEE, Codo, Pedazo de tubo de descargue del diámetro correspondiente.
- Herramientas necesarias: - Navaja.
- Encendedor o fósforos.
- Tubito de pegamento PVC.
- Sierra para cortar tubos.

Cambio del tubo de subida.

Especialmente si el pozo lleva alguna arena suelta, ésta no solo afectará los pistones sino que también desgastará el tubo de subida.

- Materiales necesarios: - Tubos de subida.
- Banda de neumático
- Herramientas necesarias: - Navaja.
- Encendedor o fósforos.
- Tubito de pegamento PVC.
- Botella con cuello menor de 18 mm.
- Sierra para cortar tubos.

Cambio de la rueda

A lo largo de algunos años, el uso intensivo de la bomba puede debilitar y hasta quebrar la soldadura de los rayos, y el mecate junto con la acción del sol afectarán el hule de la polea.

- Materiales necesarios: - Rueda nueva.
- Un poco de grasa.
- Herramientas necesarias: - Llave fija o ajustable.

En este capítulo revisamos la planificación y las actividades del mantenimiento de la bomba de mecate. En el próximo capítulo, analizaremos algunos problemas comunes y sus soluciones.

Capítulo 10: Problemas comunes y sus soluciones

En este último capítulo de la tercera parte revisamos algunos problemas más comunes referentes a la instalación, operación y mantenimiento. Exponemos los síntomas, causas y posibles soluciones. Ordenamos tanto los problemas como las respectivas causas posibles en orden descendente de probabilidad.



Foto 25: Tubo de subida requebrada

En esta foto, se observa claramente en el primer plano la piedra estabilizadora, fijada con neumático a la guía de arcilla esmaltada. El tubo superior es el tubo protector; el tubo inferior, que es la de subida, se ha movido hacia abajo, y el mecate lo ha rajado. Los pistones se pegan en la resquebradura. Ver problema 3 (Pochote).

Problema 1

Síntomas: el mecate se mueve pero a intervalos regulares queda trancado. Al moverlo con más fuerza, se suelta y avanza otros pocos metros. El trancado puede variar de muy fuerte hasta apenas sensible.

Posibles causas	Soluciones
El tubo de subida tiene alguna estrecha que aprieta los pistones que traspasan.	Ubicar el defecto observando relación con la posición de los pistones al pegarse el mecate. También, observar si el mecate tiene mucha elasticidad, (el problema está abajo); si tiene poca, se encuentra cerca.
Puede ser:	
• La campana de la entrada tiene un cinturón;	▶ Cortar la campana y volver a hacerla
• El neumático que amara el tubo a la guía está demasiado tenso deformando el tubo;	▶ Soltar algo el neumático, usando no más de 3 capas. ¿Se usó el niple de refuerzo? Si aún persiste una deformación, no hay otro remedio que usar tubería de mayor cédula. ¡Esto implica también cambiar los pistones!
• Una de las campanas tiene un cinturón (falla de fábrica muy común);	▶ Cortar las campanas afectadas, y hacer campanas calentando el tubo, o usar uniones.
• Cualquier daño en el tubo de subida (p.e. que alguien lo pisó, o que se dobló);	▶ Cambiar la parte afectada.
• El diámetro interior del tubo no es uniforme (mala calidad).	▶ Cambiar de suplidor de tubos, o usar pistones de menor diámetro.

También puede ocurrir el mismo fenómeno, pero sólo cada 10 a 30 revoluciones (dependiendo de la profundidad): tiene las mismas causas que las descritas arriba, pero que afectan sólo a un pistón. En este caso, hay que identificar el pistón que tiene la irregularidad o un diámetro mayor, y pulirlo.

Problema 2

Síntomas: el mecate queda absolutamente trancado; no se mueve ni un milímetro ni hacia adelante ni hacia atrás. Alfonso, promotor del 'Palo de Hule' lo describe así:

"... En las diferentes visitas que he hecho después del funcionamiento, algunas veces han fallado algunas. Tengo una en que se nos fue basura en el tubo, hubo problemas entonces, se pegó de viaje. Pero el usuario la compuso, pues."

Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> • El mecate era muy flojo y se ha enredado con la guía. • Se ha agarrado algo entre la campana del tubo de subida y un pistón (p.e. un neumático, una bolsa plástica). 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sacar la tubería, desenredar el mecate, y acortar el mecate hasta que el juego sea de 100 - 200 mm. ▶ Sacar la tubería, tratar de sacar el obstáculo (puede resultar imposible; entonces hay que cortar un pedazo del tubo). Como prevención, mantener la tapadera cerrada; o hacer un filtro alrededor de la guía y los tubos, hecho de un pedazo de tubo PVC 4" o 6" ranurado.

Problema 3

Síntomas: Se puede mover el mecate con algún esfuerzo unos pocos metros hacia adelante o hacia atrás; después se pega. El mecate muestra un desgaste muy fuerte. Ver foto 26.

Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> • La guía se ha desentrecado del tubo de subida; el mecate ha restregado una resquebradura en el tubo de subida. • Se ha usado una guía que se ha desgastado mucho y tiene una resquebradura profunda. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cortar la parte afectada del tubo de subida y cambiarla. Volver a hacer la campana y fijar con cuidado la guía al nuevo tubo. ▶ Cambiar la guía.



Foto 26: Mecate metido en la polea

Quando las cejas no son muy fuertes, o la fuerza sobre elmecate es muy grande, el mecate puede meterse entre las cejas. Ver problema 5. (San Juan).

Problema 4

Síntomas: El mecate queda pegado entre las cejas de la rueda; ver foto 26.

Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> • Las porta-poleas no presan bien a las dos cejas de la polea. • La cejas de la polea están débiles y se abren. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Prensar más las porta-poleas, o introducir cuñas entre ellas y las cejas. ▶ Utilizar más rayos, o llantas más gruesas para las cejas.

Una solución general es cubrir la 'V' de la polea con una cama de neumático. Esta solución no funciona si la fuerza es muy grande: se desliza el mecate.

Problema 5

Síntomas: El mecate se desliza sobre la polea.

Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> • El mecate se ensució (probablemente por el tubo) con jabón, aceite, grasa, o gas. Esto ha afectado el factor de fricción. • La polea no tiene suficientemente la forma de 'V', por ejemplo porque le pusieron una cama de neumático muy gruesa. • El mecate tiene demasiado juego. (Este problema ocurre más en pozos poco profundos y con un gran tirante de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sacar el mecate y limpiarlo con mucha agua y jabón. ▶ Cambiar la cama de neumático o polea (en este caso, es problema de producción). ▶ Acortar el mecate, hasta que tenga un juego de 100 a 200 mm. Tensar el mecate no es recomendable: causa mucha fricción y desgaste de la guía.
<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza sobre el mecate es demasiado grande porque se pegan los pistones. • La fuerza sobre el mecate es demasiado grande porque se ha escogido un diámetro de tubo demasiado grande. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ver problema 1. ▶ Seleccionar un diámetro de tubo de subida menor. Si se quiere mantener el mismo caudal, usar una polea de mayor diámetro.

Problema 6

Síntomas: Se escucha un sonido de 'implosión' cada tantas revoluciones. El caudal es intermitente. Sólo ocurre en pozos profundos.

Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> • Uno o más pistones tiene mayor diámetro que los demás y trabaja 'solo'. Se produce un 'vacío' debajo de éste pistón. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Detectar estos pistones y pulirlos.

Foto 27 (página derecha): Bomba de mecate sobre poste

Esta bomba puede bombear agua hasta 8 metros sobre nivel del suelo. Se nota el poste con los tensores, el tubo de subida y el de descargue que baja antes de venirse hacia el fotógrafo. El mecate baja suelto desde la polea superior, da una vuelta casi completa alrededor de la rueda, y entra en el tubo protector por la guía superior (Santo Tomás).

4



Modelos especiales

Los inventos de ajenos
sólo funcionan
en los solares de ajenos.

Hasta ahora, nos hemos limitado a la bomba de mecate instalada sobre pozos excavados a mano. Sin embargo, el principio de la bomba de mecate puede ser adaptado a múltiples usos específicos, no sólo dentro del marco limitado del suministro de agua potable, sino más bien para aplicaciones en la producción. En la presente cuarta y última parte describimos cinco modelos especiales de la bomba de mecate:

- sobre pozo perforado o taladrado;
- sobre poste;
- para gran caudal;
- con motor;
- con molino de viento.

De cada modelo reflejamos la problemática, el alcance, la descripción del modelo y las experiencias y perspectivas.

Consideramos que los tres primeros modelos están tan desarrollados como para implementarlos sin mayores precauciones. Para estos casos presentamos la construcción e instalación, de manera similar a lo presentado en las partes dos y tres ('construcción' e 'instalación, operación y mantenimiento'). Si Ud. no está involucrado directamente en estas actividades, puede perfectamente saltar los párrafos respectivos.

Capítulo 11: Bomba de mecate sobre pozo perforado

Problemática

Aunque la mayoría de los pozos para abastecimiento de agua potable son excavados a mano, también se encuentran con frecuencia pozos perforados a máquina o taladrados a mano. En el marco de este libro, la única diferencia relevante entre los dos es la profundidad: los pozos taladrados tienen generalmente menos de 20 metros de profundidad, mientras que los pozos perforados de unos 60 metros son muy corrientes. Para no complicar innecesariamente el texto, nos limitaremos a usar la palabra de 'pozo perforado', aunque la mayoría de lo dicho también es aplicable a los 'pozos taladrados'.

Es fácil adaptar la bomba de mecate para instalarla sobre un pozo perforado. En un futuro próximo podría ser posible accionar una bomba de este modelo con energía eléctrica o de combustión para bombear agua desde grandes profundidades.

Alcance del modelo.

Las bombas de mecate que funcionan actualmente sobre pozos perforados (con un diámetro mínimo de 4") alcanzan un desnivel de bombeo de unos 40 m. Profundidades mayores -aunque todavía no han sido probadas- parecen factibles. El modelo descrito aquí (de dos manivelas) abastece 8 m³ por día.

Experiencias y perspectivas

En varios lugares se han experimentado modelos de la bomba para pozos perforados, sin haber encontrado serios problemas. La razón por la cual no se han difundido más bombas de este modelo que los 4 - 5 que están funcionando actualmente es la ausencia de demanda. El modelo descrito en el estudio de caso del Pochote ha funcionado bien bajo condiciones severas durante 9 meses sin ningún problema mayor. La DAR-Región V^a está trabajando en el desarrollo de este

modelo, haciendo énfasis en las profundidades mayores⁽¹²⁾.

Para concluir, consideramos que es apropiado divulgar este modelo a mayor escala, monitoreando los casos de mayor profundidad.

11.1 Descripción

La diferencia principal con una bomba de mecate sobre pozo excavado se debe al pequeño diámetro de un pozo perforado o taladrado (\varnothing 4" a 12"). El mecate al dejar la polea es conducido por una **guía** hacia adentro del pozo (la guía es la misma que la de abajo). Dependiendo de la forma del tubo de revestimiento del pozo y del pedestal (si hay), el soporte de la guía puede ser soldado a la tapadera metálica del pozo o a la estructura de soporte.

El mecate baja en el pozo por el **tubo protector**. La función de este tubo se amplía en este caso, pues protege el mecate y los pistones del roce con el tubo de revestimiento de acero y la pared del pozo (Si el pozo está completamente revestido con tubería PVC, no es necesario usar un tubo de bajada).

Generalmente, no se ubicará la guía en el fondo del pozo perforado, sino unos 10 metros debajo del nivel estático mínimo, dependiendo del abatimiento del pozo. Toda la tubería con la guía y la piedra estabilizadora cuelga entonces de la tapadera metálica mediante una brida

(12) Los principales puntos de atención del estudio de la DAR-Región Vª son:

- un modelo más robusto y resistente al vandalismo, con una mejor protección especialmente al mecate.
- mejorar la tubería de descargue haciéndola de HG.
- usar tubería de menor diámetro que el actual $\frac{1}{2}$ " ($\varnothing_{\text{tub}} = 18.2$ mm), por ejemplo tubería para tendidos eléctricos ($\varnothing_{\text{tub}} = 15.4$ mm) o para agua caliente ($\varnothing_{\text{tub}} = 12.0$ mm).
- definir la mejor ubicación de la polea referente a los cojinetes así como la fijación de la segunda palanca.
- probar cojinetes de madera o de polietileno inyectado.



Foto 28: Bomba sobre pozo perforado

Esta bomba fue diseñada a base de las experiencias de la bomba en El Pochote. El eje es de tubo HG $\frac{3}{4}$ ", y la polea está ubicada entre las cojinetes, pero fuera del centro para hacer posible el sistema de bloqueo. La tapadera cierra el pozo herméticamente (Nueva Guinea).

cubierta de neumático que prensa los tubos (el peso de la columna de agua siempre cuelga del mecate). Para evitar que se deforme el tubo de subida (lo que afectará el paso de los pistones), el reductor del tubo de subida al tubo de descarga se ubica debajo de la tapadera.

Otra diferencia con respecto a la bomba 'normal' proviene de que los pozos perforados no tienen brocal: la estructura de soporte (empotrado en el delantal) es más alta: la altura ideal del eje debe ser de 800 a 900 mm. Como consecuencia de la mayor altura debe ser más fuerte: para las patas hierro $\varnothing \frac{3}{4}$ " en vez de $\frac{5}{8}$ " , y con cruces en los cuatro

lados.

Además, se le puede añadir una segunda manivela, lo que significa mayores cargas en los cojinetes, en el eje y en los rayos. Para una óptima adaptación a las diferentes usuarias (iniñas!), se puede dar a

esta segunda manivela otro diámetro y altura (mediante un pedestal).

Aunque el diseño actual que se desarrolló en la DAR-Región Vª es ya de la segunda generación y supuestamente supera algunas de las deficiencias de las bombas anteriores (como la del Pochote), todavía no contamos con prolongadas experiencias de campo y preferimos no reflejar los planos detallados en este libro: nos limitamos a la foto.

11.2 Instalación

El diseño de la bomba (y por ende la instalación) depende principalmente de la conformación del pozo perforado: el material, diámetro y altura del tubo de revestimiento del pozo, las medidas de la base (si tiene), etcétera.

Igual que para la bomba sobre pozo excavado, se necesitan dos medio-días: uno para empotrar los soportes y el otro para la instalación.

Empotrar la bomba

Por lo general, la estructura de soporte de la bomba se empotra en el delantal. La ubicación debe ser tal que el tubo de subida quede a la orilla del tubo de revestimiento del pozo, pero exactamente a plomo debajo de la polea. La base para el tubo de descargue debe tener la altura máxima para colocar y quitar fácilmente el balde. Su sección es de 150 x 150 mm como mínimo, con un refuerzo de 4 varillas de ¼". Se le empotra el tubo de descargue. Si la altura de la salida lo permite, es recomendable hacer un pedestal para poner los baldes de los usuarios, manteniendo unos 500 mm entre la salida y el pedestal. En el embaldosado del delantal, hay que tomar en cuenta el espacio necesario para los dos usuarios. Se aprovecha la misma ocasión para fundir la triangular piedra estabilizadora, ver figura 11.1.

Instalar la bomba

Una vez definida la profundidad total de la bomba, se ubican los pistones en el mecate, y se le pasa por la guía y el tubo de subida. Como estos pozos son generalmente más profundos, puede ser más fácil

pasar el mecate por los tubos individuales antes de pegarlos. También se lo puede pasar de una sola vez, pero esto requiere una gran longitud de alambre de amarre grueso.

Si el pozo está completamente revestido con un tubo de PVC, el mecate puede bajar suelto, si el encamisado es de hierro o si es parcial, el mecate debe bajarse por un

tubo protector por toda la profundidad del pozo para evitar roce, desgaste y contaminación. Este tubo protector tiene igual diámetro que el tubo de descarga, y se une a la guía igual que el tubo de subida.

Después de haber fijado la guía, pegado la tubería, y prensado en la brida de la tapadera, se baja el conjunto en el pozo. Como el diámetro de la polea es mayor que el diámetro del tubo de revestimiento, el mecate no puede bajar así no más en el pozo: debe pasar por la **guía superior** (igual a la guía de abajo). La guía superior se fija con hule al tubo protector y/o a un dispositivo soldado al soporte de la rueda o a la misma tapadera.

No hay más diferencias con una instalación ordinaria.

Materiales extra comparados con una bomba 'normal':

- 1 guía superior
- La guía inferior debe ser del tipo de dos zanjas para los dos tubos.
- Tubería protectora por todo el desnivel de bombeo (si fuese necesario).

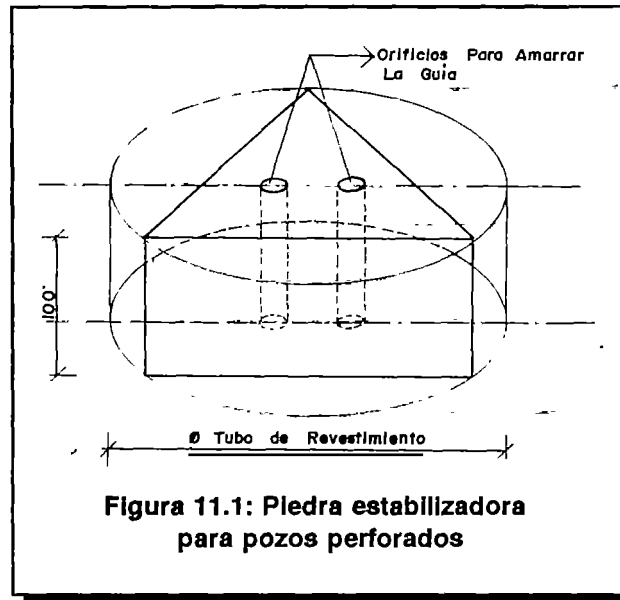


Figura 11.1: Piedra estabilizadora para pozos perforados

- Tapadera del tubo de revestimiento, con su brida.
- Madera para formaletear el delantal, base para el tubo de descargue, pedestal.

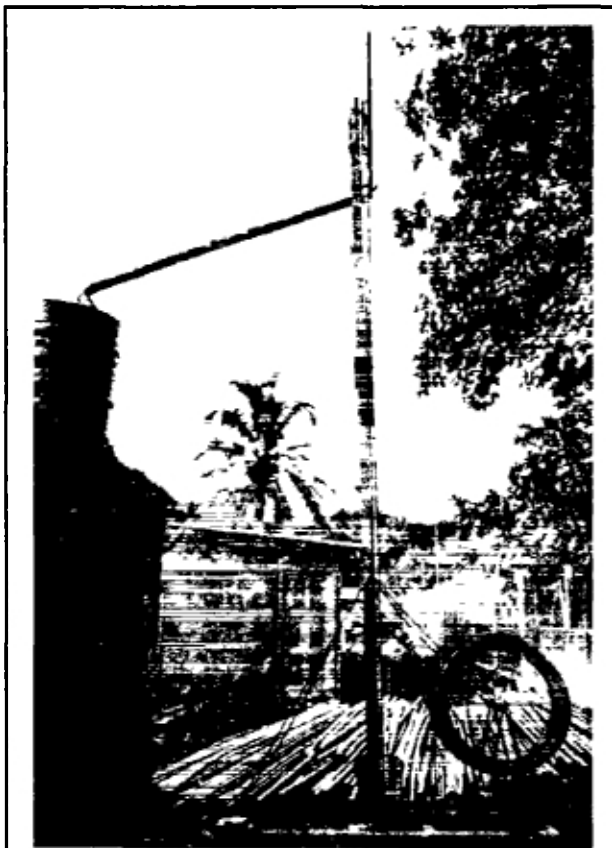


Foto 29: Bomba sobre poste

Una posible aplicación de aplicación de la bomba sobre poste: llenar tanques altas, permitiendo sistemas cerradas por gravedad. Este modelo de presentación es de la 'sociedad de bombas de mecate' (Los Cedros).

Capítulo 12:

Bomba de mecate sobre poste

Problemática

Existen muchos casos en los cuales es necesario bombear agua hasta algún nivel sobre el suelo, para lograr cierta presión. Puede ser para transportarla por tubería sobre largas distancias o para llenar tanques sobre torre (por ejemplo para tener un sistema de agua cerrado).

Alcance del modelo

Las mayores limitaciones de este modelo se relacionan otra vez con la limitada energía humana disponible: para llenar un tanque de 500 Litros a un desnivel **total** de 20 metros (por ejemplo 15 metros de profundidad del pozo y 5 sobre el nivel del suelo), se necesita más o menos una hora, tiempo que consideramos como máximo diario.

Por razones de estabilidad, y por las mencionadas limitaciones en potencia disponible, la altura máxima sobre el nivel del suelo es de aproximadamente 8 metros.

La distancia máxima de transporte por tubería es de 70-100 metros (considerando que no haya desniveles). Un inconveniente lo constituye el arranque: al inicio habrá inevitablemente derroche de agua hasta que toda el agua dentro de la tubería de transporte haya acelerado hasta la velocidad que concuerda con el caudal de bombeo.

Experiencias y desarrollo

Existen varios modelos diferentes que han funcionado durante medio año sin problemas. No prevemos particularidades en cuanto al desgaste de piezas. Consideramos que se puede divulgar sin ningún problema este modelo de bomba. Vale monitorear los modelos de gran longitud de tubería (más de 40 metros) o de gran altura (más de 5 metros).

12.1 Descripción

Mediante un **poste** que sostiene la **polea superior**, el tubo de subida y el de descargue, se logra impulsar el agua hacia cierta altura sobre nivel del suelo. La fuerza motriz ya no se aplica en el punto más alto, sino a la altura del brocal con una rueda normal. El mecate sube por dentro del tubo de subida hasta arriba en el poste, da la vuelta por la polea superior (que gira libremente), baja suelto y envuelve la rueda de accionamiento en unos 270° antes de ser conducido por la **guía superior** hacia el **tubo protector** para entrar en el pozo. Esta guía está conectada con hule al tubo protector.

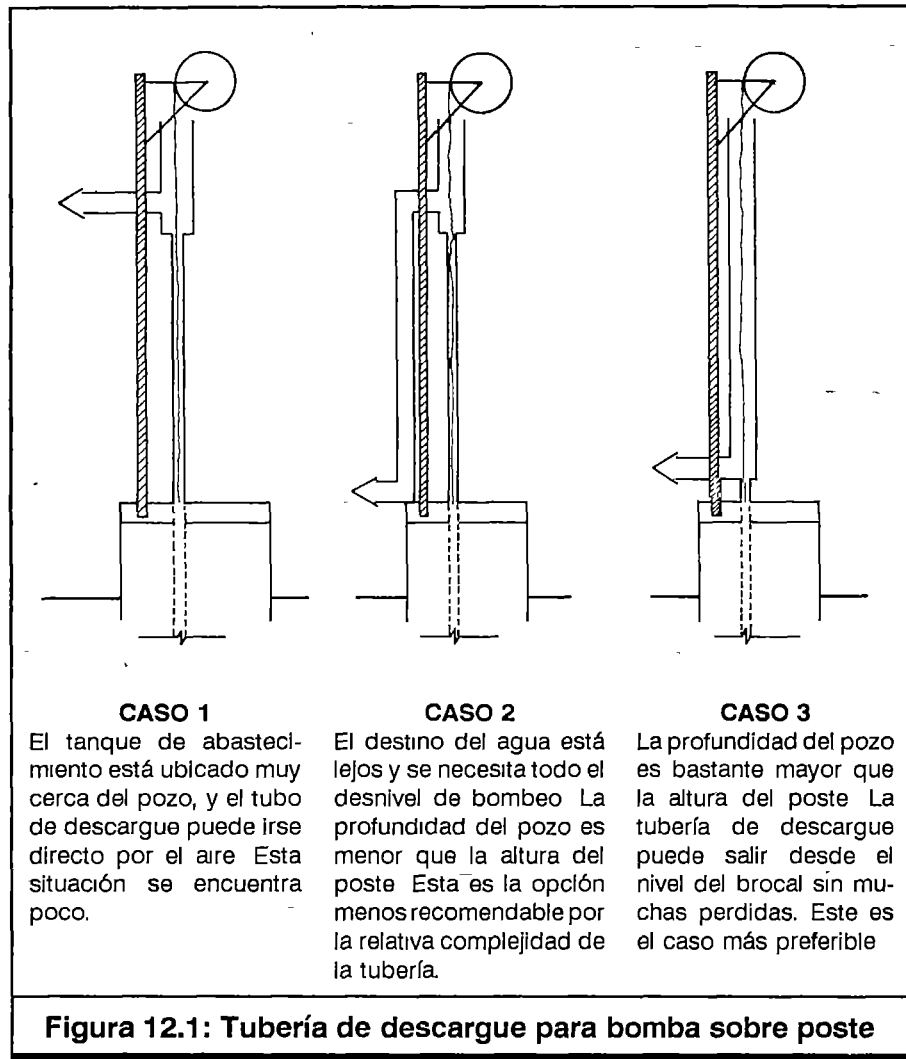
El diseño de esta bomba depende principalmente de la forma del poste que se usa. La figura A.11 y el foto 29 muestran el caso de un tubo de HG de 1½" de 6 metros de altura, mientras la foto 27 muestra una bomba de 9 metros de alto.

Tabla 12.1: Selección de diámetro de tubería de descargue para bombas de mecate sobre poste

Desnivel disponible (m)	Diámetro de tubería de descargue			
	¾"	1"	1¼"	1½"
1			30	67
2		14	72	149
3		27	115	
4		39	158	
5	7	52		
6	11	65		
7	14	78		
8	18	90		
9	21	103		

La tabla da las distancias horizontales sobre las cuales se puede bombear el agua (m) dependiendo del diámetro del tubo (") y del desnivel disponible (m). Se supone un caudal de 1.1 litro/segundo.

Otro elemento que influye mucho es el tipo de tubería de descargue y su trayecto: ver figura 12.1. Si se quiere bombear el agua sobre



grandes distancias, la selección del diámetro del tubo de descargue es algo más complicado que para bombas normales. La tabla 12.1 da unas orientaciones generales, pero siempre hay que tomar en cuenta que al inicio del bombeo, toda la cantidad de agua que se encuentra en la tubería, debe acelerarse lo que provoca derroches iniciales de agua.

12.2 Instalación

Igual que para la bomba sobre pozo excavado, se necesitan dos medio-días: uno para empotrar los soportes y otro para la instalación. Antes de todo, es importante reflexionar bien sobre (la posibilidad de) el tipo de tubería de descargue para evitar que después haya que corregir desde arriba.

Empotrar la bomba

La espera para el poste, el tubo de pase y la rueda de la bomba van en línea, donde es importante que la espera esté ubicada encima del brocal para que tenga buen apoyo. El tubo protector se encuentra fuera de la línea, para evitar roce del mecate consigo mismo. La espera es un pedazo de tubo HG de 1" empotrado dentro de la tapadera de concreto del cual sobresale unos 50 mm. Para mejor adhesión al concreto tiene soldados unos pedazos de hierro.

Instalar la bomba

Al haber ubicado la tapadera sobre el brocal, se instala la bomba de la forma habitual, dejando que el tubo de subida sobresalga unos 200 mm sobre el tubo de pase. En seguida, el mecate pasa por el tubo de subida fijado al poste acostado. Lo más fácil es amarrar **toda la tubería** y el mecate aunque sea de manera provisional al poste antes de levantarlo. Este es en función de minimizar el trabajo arriba una vez que el poste ha sido parado. Después de haber amarrado la tubería al poste, se conectan los 3 tensores y se siembran las correspondientes espigas.

Levantar un poste de 6 metros de alto es un trabajo que necesita buena planificación y sobre todo coordinación para que **nadie ni nada corra peligro**. Se necesita como mínimo una persona por tensor para

mantenerlo tensa alrededor de su espiga; dos personas que levanten el poste y un coordinador que sólo mire y dirija. Al estar parado el poste y bien estirados y fijados los tensores, se procede a instalar la bomba misma: recortar y conectar las dos partes del tubo de subida, guiar el mecate por la polea y la guía superior, y amarrarlo. Por fin se instala la tubería de descargue según el caso.



Foto 30: Bomba para gran caudal

La foto muestra una bomba usada por la DAR-Región V^a para achicar pozos. Se puede observar las dos manivelas, la ausencia de un sistema de bloqueo, y, justo en la polea, un pistón de 1½" (Santo Tomás).

Materiales extra comparados con una bomba 'normal':

- 40 metros de alambre #12.
- 3 espigas de 0.8 metro de madera o hierro.
- 1 guía superior, más mecate y pistones.
- Tubería de descargue según la situación.

Capítulo 13:

Bomba de mecate para gran caudal

Problemática

En muchos terrenos, existe la necesidad de bombear con energía humana mayores caudales que los que se puede sacar con una bomba de mecate normal. Por ejemplo: achicar pozos, regar pequeños terrenos, aguar ganado, etcétera. Muchas veces no hay otra fuente de energía disponible que varios hombres.

Descripción del modelo⁽¹³⁾

La bomba de mecate para grandes caudales no es nada más que una bomba robusta con un mayor diámetro de tubo de subida y con dos palancas.

El tubo de subida puede ser de 1½" o 2", según lo permisible (ver anexo F para los cálculos). Esto implica que hay que hacer pistones especiales y una guía y una piedra estabilizadora extra grande. Como este modelo no tiene sistema de bloqueo, la construcción de la rueda es bastante sencilla: la polea va centrada entre los dos cojinetes que son del diseño corriente. Sin embargo, las fuerzas son mayores y recomendamos usar hierro ¾" para las patas, ⅜" para los rayos y un eje de ¾".

Alcance del modelo

Las limitaciones se deben a la potencia que logran desarrollar los operadores: achicando un pozo con dos equipos de dos hombres hemos logrado caudales de 2 L/s a 10 m de desnivel de bombeo, pero

⁽¹³⁾ La literatura (p.e. Lambert, e.a., 1990) menciona modelos con tubos de subida hasta 3" o 4". También indica la posibilidad de instalar la bomba de manera inclinada para bombear desde lagunas y canales.

a menor desnivel caudales mayores son sostenibles por mucho tiempo. En principio, no hay límite en la profundidad máxima, siempre y cuando se elija el diámetro de tubo de subida óptimo de acuerdo a la potencia disponible.

Experiencias y desarrollo

Hay varios años de experiencia con estos modelos, y como las diferencias con la bomba normal son mínimas, no consideramos que exista alguna limitación en cuanto a su implementación a gran escala. Tampoco consideramos necesario ampliar más sobre su construcción e instalación.

Capítulo 14:

Bomba de mecate con motor

Problemática

Varias veces ya hemos mencionado la mayor restricción en la aplicación de modelos especiales: la limitada potencia humana disponible. La bomba de mecate con motor supera este limitante, lo que en principio la hace aplicable para regar, achicar pozos, llenar tanque sobre torre, bombear agua desde grandes profundidades, etc. Esta opción amplía sumamente el abanico de posibilidades que la bomba de mecate puede cubrir.

Descripción del modelo

Un motor de combustión o eléctrico acciona una polea chiquita (rueda de 12") mediante un reductor de velocidad (banda con polea pequeña de 12" y polea grande de 20"). Las mayores velocidades rotativas de los ejes impiden el uso de los cojinetes sencillos descritos en este libro; recomendamos cojinetes de madera, bronce, o de rodamientos.

Alcance del modelo

No existen suficientes experiencias para definir con precisión los alcances de este modelo; se puede bombear con un motor de 2.5 Kw por ejemplo 12 m³/hora desde 12 m de profundidad, o 4.5 m³/hora desde 40 m de profundidad.

Experiencias y desarrollo

Ninguna bomba de este modelo tiene más de algunos meses de funcionar, entonces no podemos decir mucho sobre el comportamiento a mediano y largo plazo, tampoco sobre posibles fallas de construcción relacionadas con fenómenos como la fatiga, etcétera. Hasta ahora, no tenemos experiencias con más de 2.5 Kw de potencia, pero nada indica que un motor más potente no pueda ser factible. Desniveles de bombeo mayores de los 40 m deben de ser posibles, aunque no existen prototipos funcionando.

No recomendamos la implementación de este modelo de bomba si no es con fines experimentales o bajo el seguimiento del fabricante.



Foto 31: Bomba con molino de viento fijo

Se nota claramente la sencillez de la construcción de este molino. La polea al extremo trasero del eje del rotor activa inmediatamente al mecate de la bomba. En la foto está conectada una bomba de $\frac{1}{2}$ ", pero se nota a la izquierda otra bomba de $\frac{3}{4}$ " para periodos de más viento (Tipitapa).

Capítulo 15:

Bomba de mecate con molino de viento

Problemática

En zonas con un estable régimen de viento, puede ser interesante usar energía eólica para bombear agua para ganado, riego o hasta agua potable.

La filosofía de los molinos de viento conectados a bombas de mecate es de usar un molino pequeño, quedando la posibilidad de accionar la bomba a mano si falla el molino o el viento.

Descripción del modelo

Como la potencia es limitada, el rotor tiene un diámetro relativamente pequeño (3 m. como máximo). Aunque siempre hay que considerar que el viento es una fuente de energía muy irregular y hasta peligrosa, el rotor pequeño permite una construcción relativamente sencilla pero confiable.

Existen dos diferentes diseños.

El más sencillo, reflejado en la foto 32, tiene una cabeza fija, que no gira al viento. Aunque por esta limitación su rendimiento es bajo, la sencillez de la estructura es tal que este modelo puede resultar muy interesante. Un potencial problema es la ausencia de un sistema de seguridad.

El segundo modelo (ver foto 32) sí tiene una cabeza que puede girar sobre un ángulo limitado (120°), lo que asegura mayores rendimientos pero complica la construcción. Su rendimiento es mayor, y además tiene un sistema de seguridad.

Experiencias y desarrollo

Ambos modelos están en la fase de desarrollo técnico, todavía no se puede predecir sus alcances ni sus características (por ejemplo el



Foto 32: Bomba con molino de viento giratorio

Con una torre claramente más alta que la del modelo fijo, este diseño tiene una cabeza giratoria y un sistema de seguridad. A unos tres metros sobre el suelo se observa la transmisión, pero la tubería de la bomba no está conectada (Taller Ignacio López, Managua).

caudal bombeado según el régimen de viento). Aunque el concepto parece muy interesante, falta estudiar no sólo los aspectos técnicos sino también la factibilidad económica.

Con esta descripción de este molino de viento llegamos al final de los modelos especiales. Y asimismo concluimos este libro sobre

los desafíos que plantea la tecnología popular de la bomba de mecate a todos nosotros y ustedes lectores.

A



Anexos

Anexo A: Cálculo de costos de mantenimiento

En este anexo presentamos una calendarización de mantenimiento, dando la vida útil de las diferentes piezas de la bomba. Asimismo, aprovechamos para detallar el cálculo de los costos materiales del mantenimiento. ¡Estos costos no incluyen la mano de obra! (En el caso de la auto-construcción, no atribuimos un costo económico a la madera para la rueda ni para la guía).

Montamos una serie de tablas para cada prototipo de bomba de mecate: la 'técnicada' (rueda de hierro, pistones de PE, guía de arcilla esmaltada) y la de 'auto-construcción' (rueda de madera, pistones de hule y guía de madera). La vida útil se da en meses: las cifras en negrilla son comprobadas en el campo, mientras las cifras normales son estimadas. Las tablas toman en cuenta dos factores: la cantidad de agua bombeada diariamente y el desnivel de bombeo (10-20-30 m).

En cuanto al bombeo diario, empleamos las categorías definidas por Arlosoroff, 1988, que son:

- 8 m³/día (equivale a 40 barriles): Pozo de uso muy intensivo
- 4 m³/día (equivale a 20 barriles): Pozo de uso normal
- 1.5 m³/día (equivale a 7 barriles): Pozo de pocas familias.

Foto 33 (al dorso): Poste de una bomba 'aerea'

Se nota claramente el poste con la escalera y los tensores; el tubo de subida a la izquierda, y el tubo de descargue a la derecha. El mecate con los pistones baja suelto desde la polea superior (Santo Tomás).

Tabla A.1: Bomba tecnificada; bombeo diario 8 m³						
Desnivel de bombeo ->	30 m		20 m		10 m	
	Valor	Vida	Valor	Vida	Valor	Vida
Mecate	3.10	5	2.10	5	1.10	5
Pistón	2.40	10	1.60	10	0.80	10
Pintura	3.00	24	3.00	24	3.00	24
Guía	2.50	12	2.50	18	2.50	36
Cojinetes	1.00	12	1.00	18	1.00	36
Tubería de descargue	1.27	48	2.23	48	2.23	48
Tubo de subida	8.40	24	5.60	36	5.23	48
Eje con polea y manivela	20.00	18	20.00	24	20.00	48
Total mensual (\$/mes)	2.76 \$/mes		1.93 \$/mes		1.09 \$/mes	

Tabla A.2: Bomba tecnificada; bombeo diario 4 m³						
Desnivel de bombeo (m)->	30 m		20 m		10 m	
	Valor	Vida	Valor	Vida	Valor	Vida
Mecate	3.10	10	2.10	10	1.10	10
Pistón	2.40	20	1.60	20	0.80	20
Pintura	3.00	24	3.00	24	3.00	24
Guía	2.50	24	2.50	36	2.50	48
Cojinetes	1.00	24	1.00	36	1.00	48
Tubería de descargue	1.27	48	2.23	48	2.23	48
Tubo de subida	8.40	24	5.60	48	5.23	48
Eje con polea y manivela	20.00	36	20.00	48	20.00	48
Total mensual (\$/mes)	1.46 \$/mes		1.09 \$/mes		0.92 \$/mes	

Tabla A.3: Bomba tecnificada; bombeo diario 1.5 m³						
Desnivel de bombeo (m)->	30 m		20 m		10 m	
	Valor	Vida	Valor	Vida	Valor	Vida
Mecate	3.10	20	2.10	20	1.10	20
Pistón	2.40	40	1.60	40	0.80	40
Pintura	3.00	24	3.00	24	3.00	24
Guía	2.50	48	2.50	48	2.50	48
Cojinetes	1.00	48	1.00	48	1.00	48
Tubería de descargue	1.27	48	2.23	48	2.23	48
Tubo de subida	8.40	48	5.60	48	5.23	48
Eje con polea y manivela	20.00	48	20.00	48	20.00	48
Total mensual (\$/mes)	1.04 \$/mes		0.93 \$/mes		0.85 \$/mes	

a menor desnivel caudales mayores son sostenibles por mucho tiempo. En principio, no hay límite en la profundidad máxima, siempre y cuando se elija el diámetro de tubo de subida óptimo de acuerdo a la potencia disponible.

Experiencias y desarrollo

Hay varios años de experiencia con estos modelos, y como las diferencias con la bomba normal son mínimas, no consideramos que exista alguna limitación en cuanto a su implementación a gran escala. Tampoco consideramos necesario ampliar más sobre su construcción e instalación.

Tabla A.4: Bomba de auto-construcción; bombeo diario 4 m³				
Desnivel de bombeo (m) →	20 m		10 m	
	Valor	Vida	Valor	Vida
Mecate	2.10	6	1.10	6
Pistón	-	18	-	18
Pintura	3.00	24	3.00	24
Guía	-	6	-	12
Tubería de descargue	2.23	48	2.23	48
Tubo de subida	5.60	48	5.23	48
Eje con polea y manivela	2.50	24	2.50	24
Total mensual (\$/mes)	0.74 \$/mes		0.57 \$/mes	

Tabla A.5: Bomba de auto-construcción; bombeo diario 1.5 m³				
Desnivel de bombeo (m) →	20 m		10 m	
	Valor	Vida	Valor	Vida
Mecate	2.10	12	1.10	12
Pistón	-	36	-	36
Pintura	3.00	18	3.00	18
Guía	-	12	-	24
Tubería de descargue	2.23	48	2.23	48
Tubo de subida	5.60	48	5.23	48
Eje con polea y manivela	2.50	36	2.50	36
Total mensual (\$/mes)	0.57 \$/mes		0.48 \$/mes	

Anexo B: Materiales, herramientas y moldes

En este anexo presentamos todos los materiales, herramientas y moldes necesarios para la producción de la bomba de mecate de 'auto-construcción' y la 'técnicada'. También damos los valores aproximados de la maquinaria, y las herramientas requeridas para la construcción de los moldes. Referimos a las tablas A.6 y A.7 respectivamente.

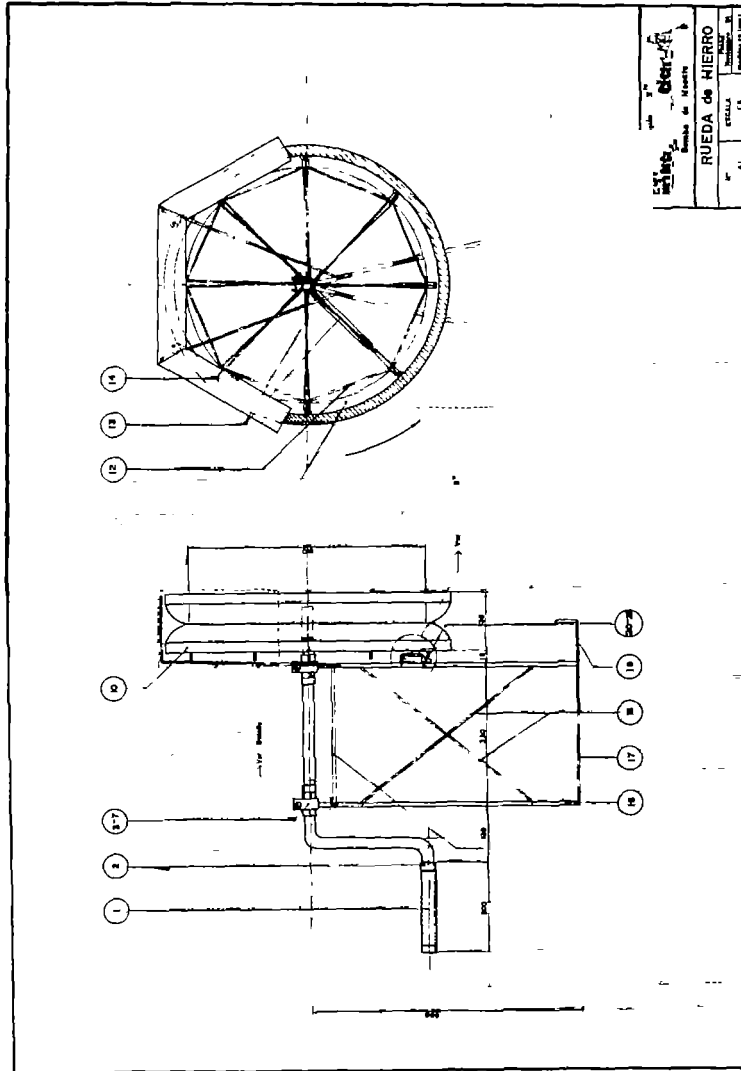
Tabla A.6: Materiales, herramientas y moldes necesarios para la construcción de una bomba de mecate de 'auto-construcción'				
Pieza	Material	Herramientas necesarias	Moldes necesarios	Herramientas para producir los moldes
T a p a - d e r a	Madera de construcción	Herramientas de carpintería (30 \$)	--	--
Rueda	Madera, tubo ½" HG.	Herramientas de carpintería (30 \$).	--	--
Gufa	Madera fina	Herramientas de carpintería (30 \$)	--	--
Pistones	Llanta vieja	Navaja, fuego.	Un molde de acero por medida (10 \$ c u.)	Torno metálico sencillo, pie de rey.
Mecate	fibra PE	Rueda (30 \$)	--	--
Tubería	PVC	Múltiples extrudoras	Múltiples moldes complejos.	Tornos y fresadoras avanzados

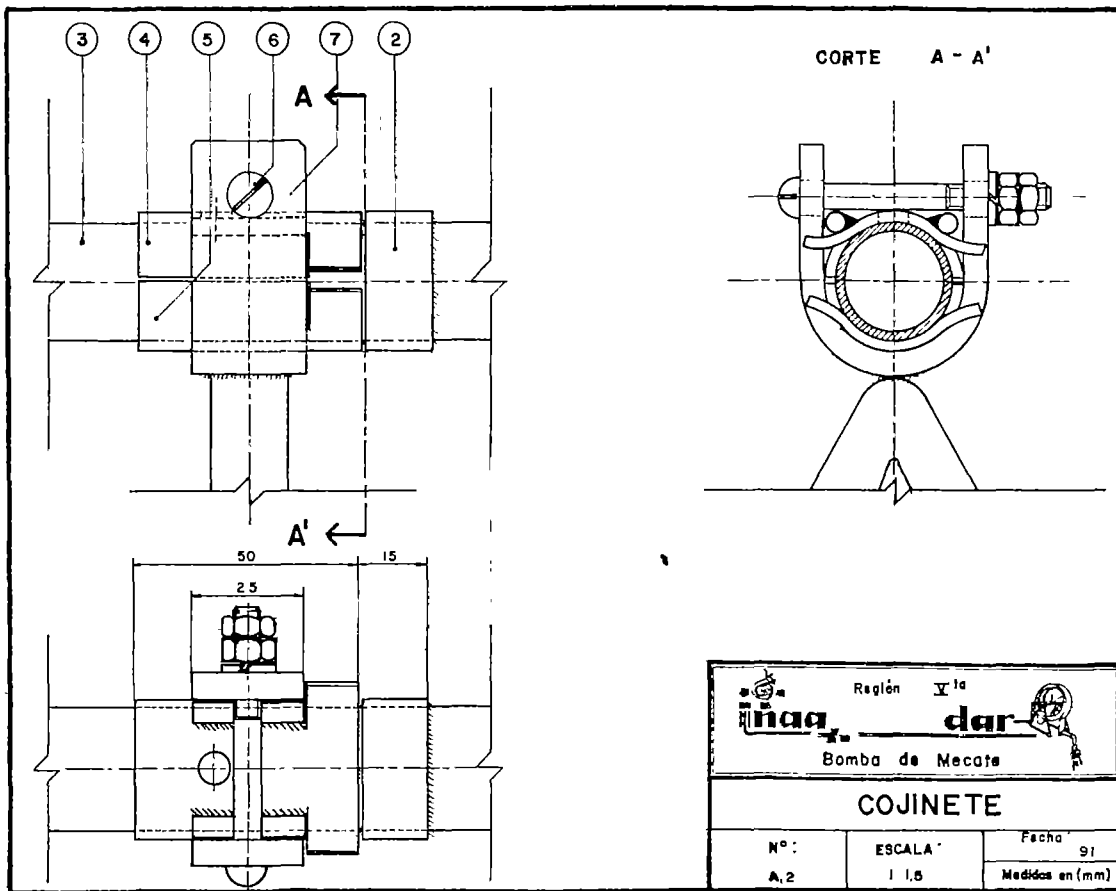
Tabla A.7: Materiales, herramientas y moldes necesarios para la construcción de una bomba de mecate 'técnicada'.

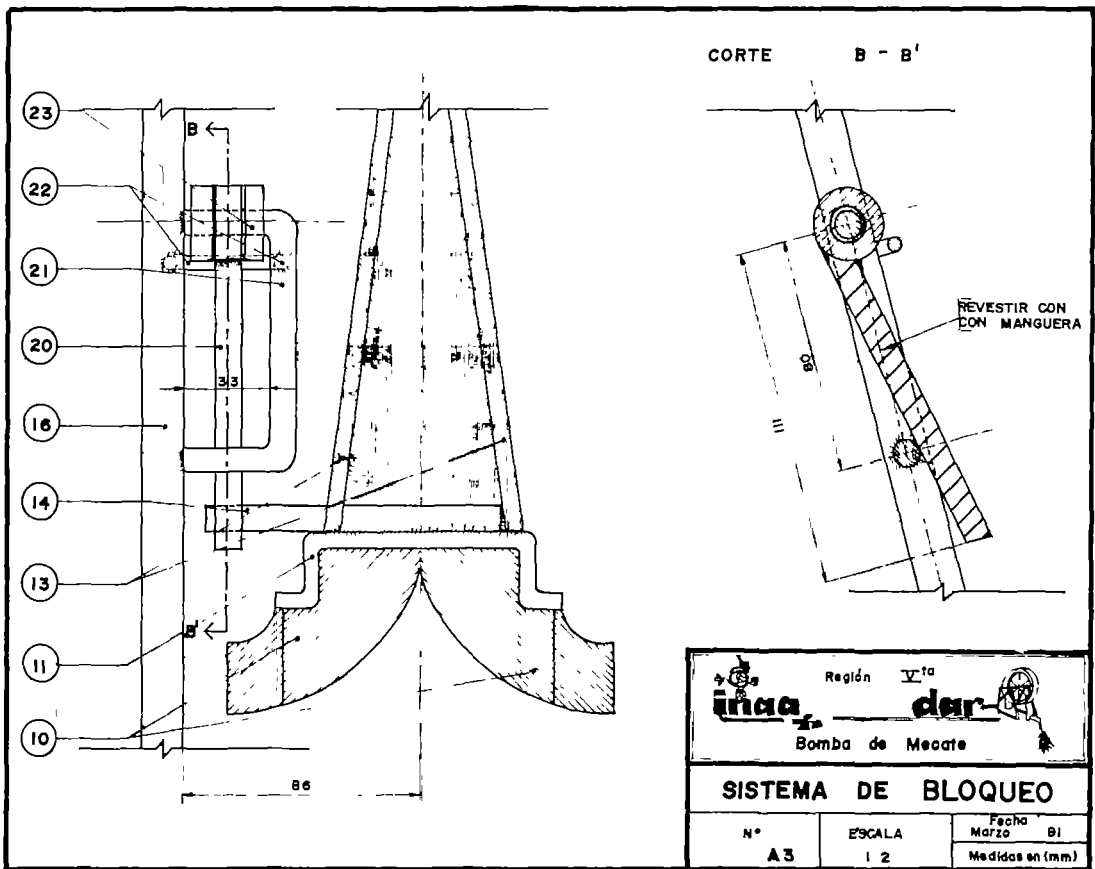
Pieza	Material	Herramientas necesarias	Moldes necesarios	Herramientas para producir los moldes.
Tapadera	Concreto	Herramientas corrientes de albañilería (20 \$)	Cinta de zinc para molde exterior (1 \$), reglas de madera para orificio de inspección (3 \$).	Herramientas de albañilería y carpintería.
Rueda	Hierro soldado	Soldador eléctrico 110 V 50 A (400 \$).	Un molde para la rueda (15 \$), uno para el bastidor (3 \$)(opcional), ambos de hierro soldado.	Soldador eléctrico 110 V 50 A.
Guía	Arcilla esmalada	Horno de 1,300° (3,500 \$), civa-ram (150 \$), amasadora 110 V (2 500 \$)(no imprescindible), herramientas corrientes de cerámica.	Un molde de madera (20 \$)	Herramientas de carpintería.
Pistones	PE, PP en gránulo	Extrudora manual 110 V (100 \$)	Un molde por medida de acero o de bronce (60 \$)	Torno metálico sencillo, pie de rey.
Mecate	f i b r a PE	Rueda (30 \$)	--	--
Tubería	PVC	Múltiples extrudoras	Múltiples moldes complejos	Tornos y fresadoras avanzadas.

Anexo C: Materiales para la rueda sobre pozo excavado

Nº parte	material	mm	cant.
1 Manivela	Tubo ¾"	200	1
2 Buje	Tubo ¾"	10	4
3 Eje	Tubo ½"	1,250	1
4 Cojinete superior	Tubo ¾"	50	2
5 Cojinete inferior	Tubo ¾"	50	2
6 Bloqueo de cojinete	Hierro ¼"	30	4
7 Perno de seguridad	5/16"	40	2
8 Soporte 'U' p. cojinete	Platina 1" x ¼"	120	2
9 Protección	Lámina 22		1
10 Soporte p. protección	Hierro ¾"	650	2
11 Polea	Llanta		1
12 Porta polea	Hierro ¼"	170	16
13 Pin de freno	Hierro ¾"	120	8
14 Rayo	Hierro ¼"	250	16
15 Tensor	Hierro ¼"	1,440	1
16 Par de patas	Hierro 5/8"	1,200	2
17 Base	Hierro ¼"	340	4
18 Diagonal	Hierro ¼"	460	4
19 Guía de tubo	Hierro ¼"	200	2
20 Palanca de freno	Hierro ¾"	105	1
21 Amortiguación de freno	Manguera	100	1
22 Soporte de freno	Hierro ¾"	160	1
23 Seguro de freno	Hierro ¼"	70	1
24 Buje de freno	Tubo ½"	25	1







Total de materiales:

Material	mm	unid.
Tubo $\frac{3}{4}$ "	340	
Tubo $\frac{1}{2}$ "	1,275	
Platina 1" x $\frac{1}{4}$ "	240	
Hierro $\frac{5}{8}$ "	2,400	
Hierro $\frac{3}{8}$ "	2,525	
Hierro $\frac{1}{4}$ "	11,930	
Llanta vieja		1
Pernos $\frac{3}{16}$ "		2
Manguera	100	

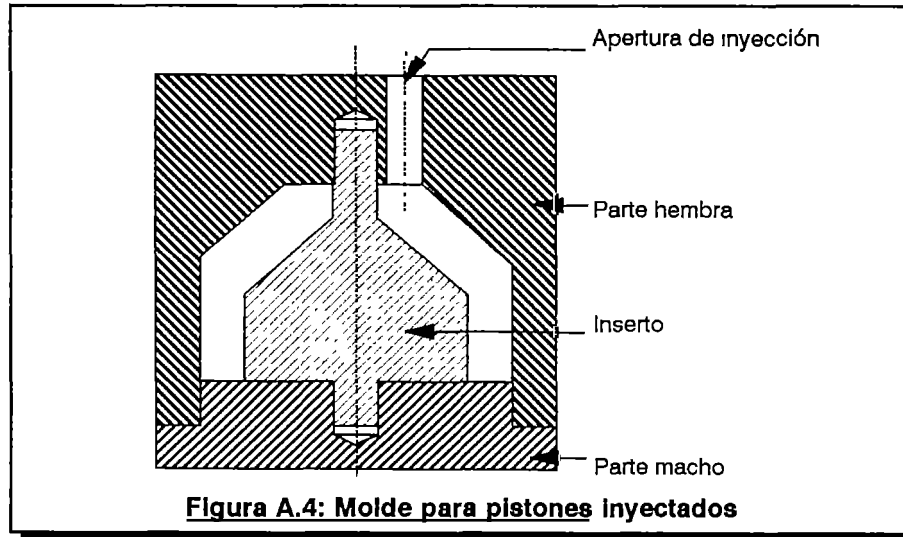


Figura A.4: Molde para pistones inyectados

Anexo D: Especificaciones de los pistones inyectados de PE y PP

En este anexo hacemos algunas observaciones acerca de la producción de pistones inyectados de PP o de PE; el enfoque va dirigido a los moldes y la máquina inyectora.

Molde

La figura A.4 representa el molde más sencillo de de acero o bronce para inyectar los pistones. Sólo se requiere de un torno sencillo para fabricarlo. No damos medidas; éstas se escogen en base a los siguientes criterios:

- rango de diámetros interiores del tubo y su uniformidad;
- el juego que se quiere mantener;
- el encogimiento del material, que depende de la composición del material lo que define sus características físicas y mecánicas.

Referente al molde reflejado en la figura, es posible obviar el inserto, haciendo una sola pieza con la parte macho. Sin embargo, esto requiere más precisión de torneado. El molde es diseñado de tal forma que ni el orificio de inyección ni la unión de la parte hembra con la parte macho afecta la superficie lisa del borde exterior del pistón.

Máquina inyectora.

La máquina inyectora puede ser de inyección manual o eléctrica; la presión en el molde debe llegar a 100 N/mm². La calefacción es eléctrica y la temperatura debe alcanzar 200°C.

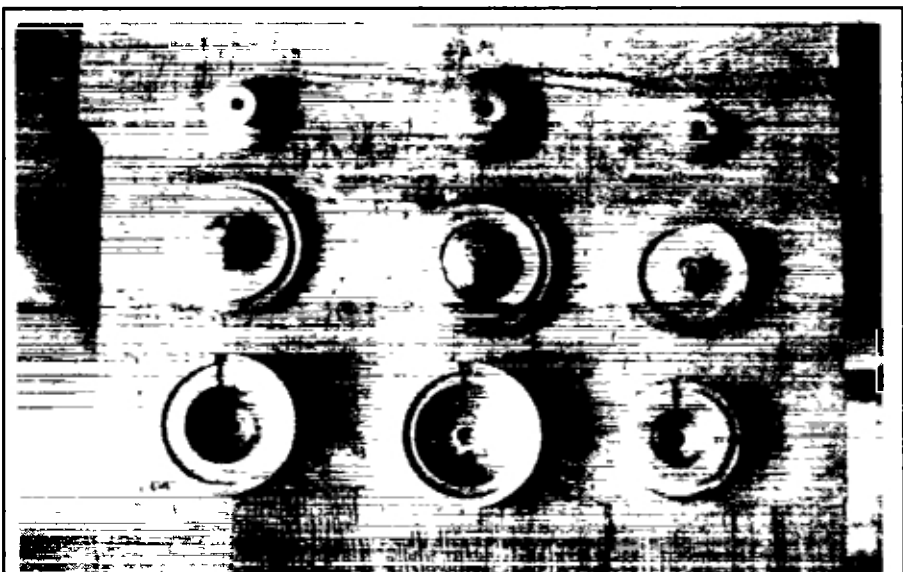


Foto 34: Moldes para pistones

Tres moldes para pistones inyectados en su forma más sencilla: en la primera fila, las partes hembras: en la segunda fila, las partes machos con los insertos; y en la fila superior, los pistones. De izquierda a derecha: $\frac{1}{2}$ ", 1" y $\frac{3}{4}$ " (Taller José Evaristo, Managua).

Anexo E: Especificaciones de las guías de arcilla esmaltada

En este anexo describimos paso a paso el proceso de producción de las guías de arcilla esmaltada: crear la forma, primera quemada, esmalte y segunda quemada. Hacemos esto tanto para el modelo 'sólido' como para el modelo 'hueco'.

Consideramos imprescindible algún equipamiento y bastante experiencia en cerámica, si no cuenta con ellos mejor escoger otro tipo de guía. En vista de lo anterior, basta usar en este anexo un lenguaje técnico sin pretender explicar a los 'laicos' todos los términos de la cerámica.

Guías sólidas

Se debe usar una arcilla para gres (refractaria) de alta temperatura (con un punto de vitrificación 1,250° - 1,300°) y de poca absorción de agua (< 1%).

Crear la forma

- ▶ Secar la arcilla, romperla y molerla, mezclar con agua y colarla hasta por una tamiz de 80 huecos por pulgada (120 es mejor).
- ▶ Extraer el agua de la barbutina hasta que llegue a la consistencia correcta para el amasado.
- ▶ Hay dos opciones para dar la forma:
 - **Un molde con una máquina 'Civa-ram'**⁽¹⁴⁾ (ver foto 35); solamente falta cortar a mano las curvas del orificio por donde pasa el pistón después de un día de secado.
 - **Una extrudora manual** para dar la forma general (corte A-A del plano A.5), y después de unos días más de secado formar todas las curvas con cuchillos.

⁽¹⁴⁾ La maquina 'civa-ram' tiene su principal aplicación en la producción de bloques de cemento, tierra-cemento o adobe.

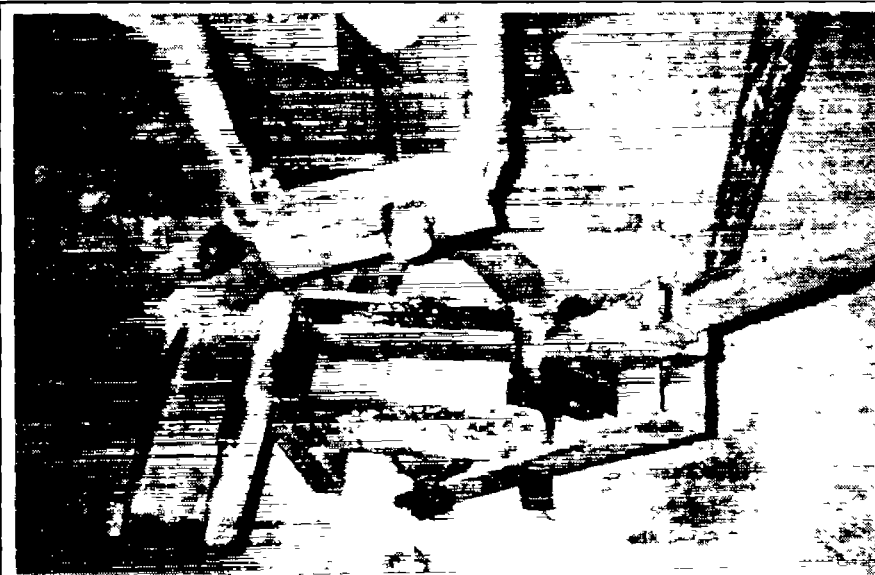


Foto 35: Civa-ram con molde para la guía

Dentro del civa-ram, se distingue tres tabletas que forman el fondo y los laterales del molde. En la parte superior, mostrada por una de las cooperadas, se distingue claramente las partes salientes que formarán la zanja para el tubo y el orificio por el cual pasará el pistón.

Es claro que el primer método es más rápido, y sólo requiere de un sencillo molde de madera dentro de una maquina 'civa-ram'. En la hechura tanto del molde como de la boca de la extrudora hay que tomar en cuenta un encogimiento total de 10% a 14% durante todo el proceso.

- ▶ Secar las guías cuidadosamente en un lugar con sombra y sin viento por 5 - 6 días más para poder ligarlas, especialmente las curvas del orificio por donde pasa el pistón.

Primera quemada

- ▶ Como las guías son piezas que tienen más grosor del que se encuentra normalmente en piezas de cerámica (± 40 mm en vez de 8 - 15 mm), el secado y la quemada es un asunto de mucha

atención para evitar rajaduras. Si se observa rajaduras, significa que el secado deberá efectuarse de una forma más lenta. Antes de quemarlas es preferible secarlas unos días al sol (dándoles vueltas) o mejor cerca del horno a una temperatura de 50° - 100° para ayudar a extraer la humedad.

- ▶ Cargar el horno y calentarlo lentamente (1° por minuto) con la puerta algo abierta (para dejar escapar la humedad) hasta llegar al punto donde escapa el 'agua química' (380° - 400°). Mantener el horno a esta temperatura para dar la posibilidad de que toda la humedad se escape. Verificar la cantidad de humedad.
- ▶ Después de que se haya escapado toda la humedad de las guías, aumentar la temperatura con 1°/min hasta 950° - 1,000°.
- ▶ Dejar enfriar el horno cerrado para evitar el choque termal (dilata unos dos días).

Esmalte

- ▶ Conseguir el esmalte: si no se consigue, se le puede preparar. Preferiblemente una mezcla de 50% de vidrio molido con 50% de feldespatos, o sino 50% de hormigón (lava volcánica) con 50% de feldespatos. Moler en un molino de bola y colar por una malla de 120 huecos por pulgada.
- ▶ Limpiar las guías con una esponja húmeda y bañarlas en esmalte.

Segunda quemada

- ▶ Como ya lleva una quemada, se puede aumentar la temperatura rápidamente según la potencia del horno hasta el punto de vitrificación del esmalte: 1,200° - 1,300°. Esto se considera una temperatura bastante alta, pero es necesaria para lograr la vitrificación de la arcilla y del esmalte. Así, la pieza no será afectada por el agua.
- ▶ Dejar enfriar el horno cerrado.

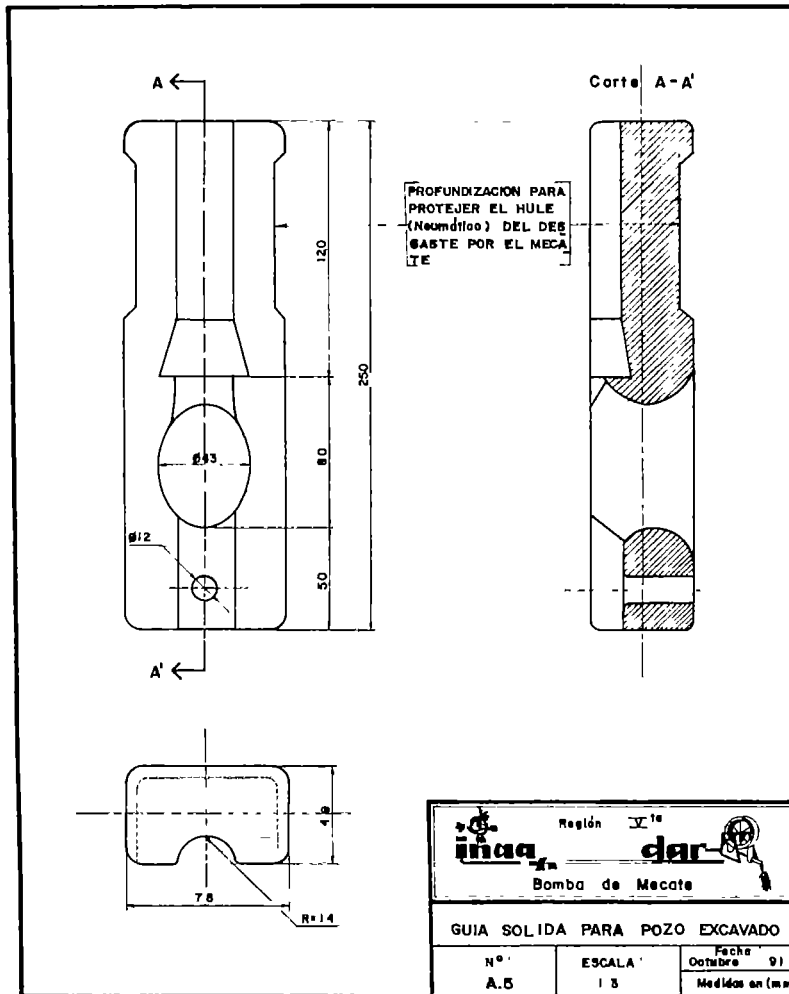
Guías huecas

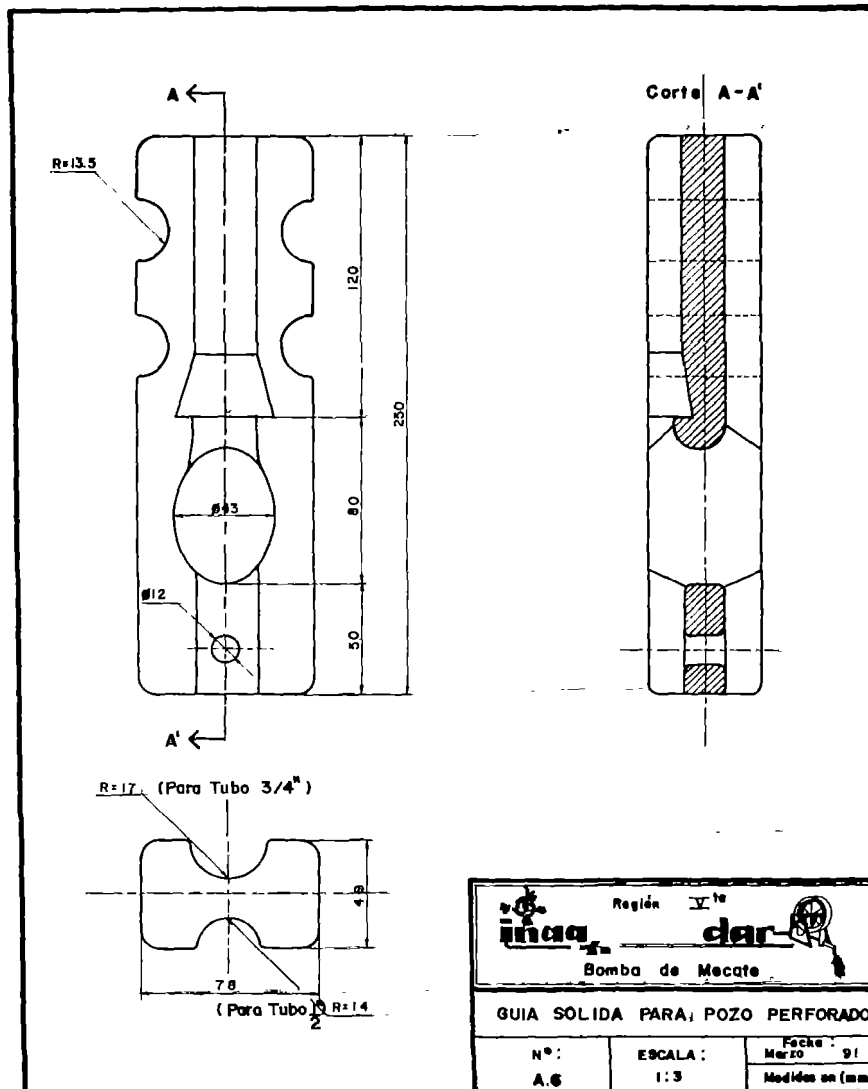
Esta tecnología, aunque menos apta para nuestros fines puesto que resulta más débil, es muy corriente en la construcción de adornos. Se usa una arcilla líquida barbutina defluctuante (Ver figura A.7).

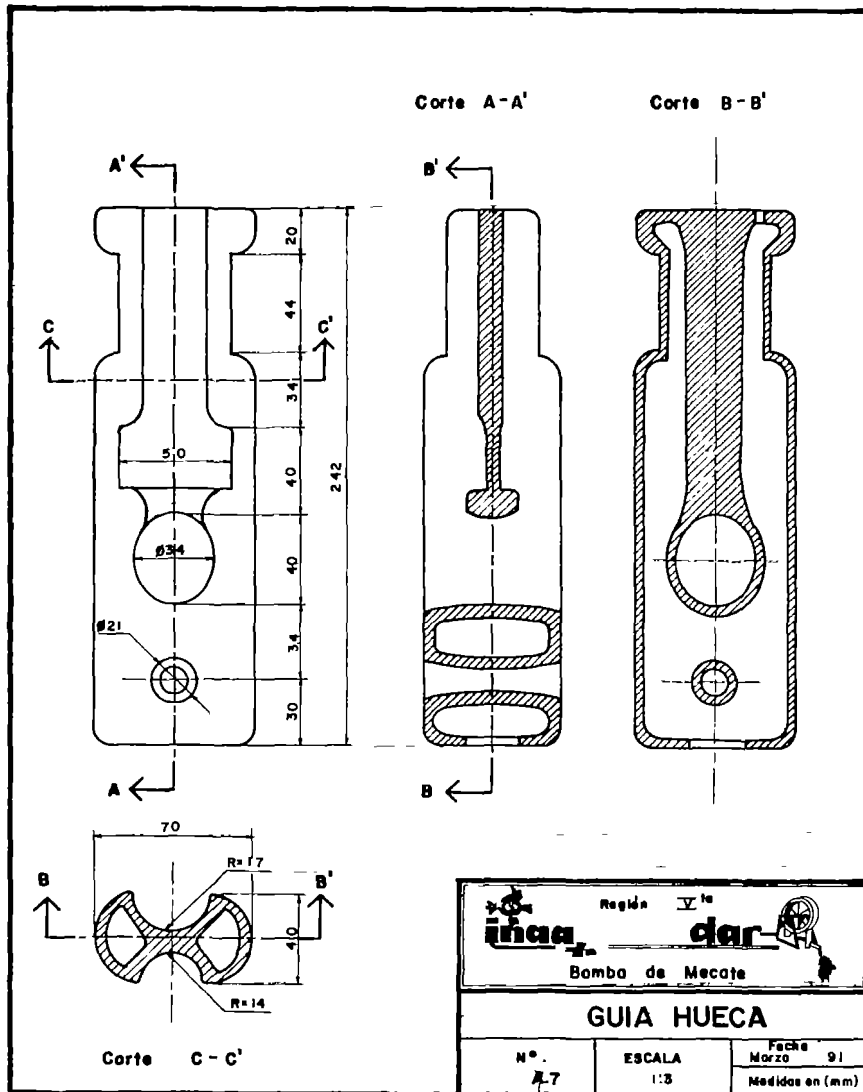
Crear la forma.

- ▶ Punto de partida son juegos de moldes de yeso partidos. En la hechura de los moldes hay que tomar en cuenta el encogimiento.
- ▶ Se llenan los moldes con arcilla líquida, vaciándolos después que se haya notado una capa de arcilla formándose en la parte interior del molde. Después de unas horas, se puede abrir el molde⁽¹⁵⁾.
- ▶ Dejar secar algunos días antes de meterlos al horno. Como las paredes son menos gruesas, el secado y el escape de la humedad no es tan crítico como en el caso de las guías sólidas.

⁽¹⁵⁾ Una alternativa que podría ser interesante pero que no tenemos probada es usar los mismos moldes, pero dejarlos sólidos y no vaciarlos.







Anexo F: Cálculo de diámetros de polea y de tubo de subida

En el párrafo 7.2 discutimos la selección de los diámetros de polea y de tubo de subida de tal forma que la demanda de fuerzas y energía se ajusta de manera óptima a la oferta (definida por los parámetros ergonómicos de las usuarias). En este anexo profundizamos el cálculo de esta materia.

Entran en juego en estos cálculos 4 categorías de parámetros:

- los parámetros ergonómicos;
- los parámetros invariables;
- el factor variable que no podemos influir (el desnivel de bombeo) y por fin;
- los dos parámetros variables que tenemos a nuestra disposición para optimizar el sistema: el diámetro de la polea y del tubo de subida.

Los **parámetros ergonómicos** son rangos fijos que no podemos influir. Son los siguientes:

- \varnothing_{man} Diámetro de manivela (500 mm).
- F_{man} Fuerza sobre la manivela, se quedará entre 50 N y 120 N.
- P_{ent} la potencia de entrada desarrollada por el usuario; varía de 40 W a 150 W.
- f la frecuencia giratoria de la manivela con el rango de 0.7 - 1 revolución/s.

Los **Parámetros invariables** que influyen en los cálculos son:

- g Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
- η_{mec} Rendimiento mecánico (estimado en 0.8)
- \varnothing_{mec} Diámetro del mecate (5 mm)
- π Pi (3 1416)
- ρ Peso específico del agua (1,000 Kg/m³)

El factor variable que no podemos influir pero que sí rige la selección

de los diámetros es:

- H_{bom} Desnivel de bombeo (m)

Los dos parámetros que podemos variar para optimizar el sistema son:

- \varnothing_{pol} Diámetro efectivo de la polea (mm) y:
- \varnothing_{tub} Diámetro real interior del tubo de subida (mm).

Al trabajar con las fórmulas, hay que respetar las unidades usadas en ese listado. La fórmula que define la fuerza sobre la manivela es:

$$F_{\text{man}} = 1/\eta_{\text{moc}} \times \frac{\varnothing_{\text{pol}}}{\varnothing_{\text{man}}} \times \pi/4 \times (\varnothing_{\text{tub}}^2 - \varnothing_{\text{moc}}^2) \times \rho \times g \times H_{\text{bom}} \quad (1)$$

Esta fórmula puede simplificarse introduciendo dos variables combinadas:

C Una constante (N/(mxLtr)), y

VOL_{vuol} Volumen por vuelta (Ltr)

$$C = \frac{\rho \times g \times 10^{-3}}{\eta_{\text{moc}} \times \pi \times \varnothing_{\text{man}}} = 7.8 \quad (\text{N}/(\text{mxLtr})) \quad (2)$$

$$\text{VOL}_{\text{vuol}} = \varnothing_{\text{pol}} \times \pi \times \pi/4 \times (\varnothing_{\text{tub}}^2 - \varnothing_{\text{moc}}^2) \times 10^{-6} \quad (\text{Ltr}) \quad (3)$$

Notamos que el volumen por vuelta VOL_{vuol} combina los dos únicos parámetros variables que definen la fuerza sobre la palanca: \varnothing_{tub} y \varnothing_{pol} . O sea, el volumen por vuelta es una medida por las fuerzas sobre la palanca.

Ahora, tomamos en consideración que la velocidad del pistón influye

en el rendimiento hidráulico (ver anexo G). La frecuencia giratoria de la manivela f asumida óptima para el usuario en el rango de $0.7 - 1 \text{ s}^{-1}$ define V_{pis} (velocidad del pistón), variando entre 1 y 1.5 m/s, mientras la velocidad óptima se estima de 1.5 a 2 m/s. Implica entonces intentar mantener \varnothing_{pol} máximo (540 mm, lo que corresponde a una ceja de 20") y variar el diámetro del tubo de subida \varnothing_{tub} .

Regresamos al cálculo. Introducir C y VOL_{vuel} (ecuaciones 2 y 3) en la ecuación 1 da:

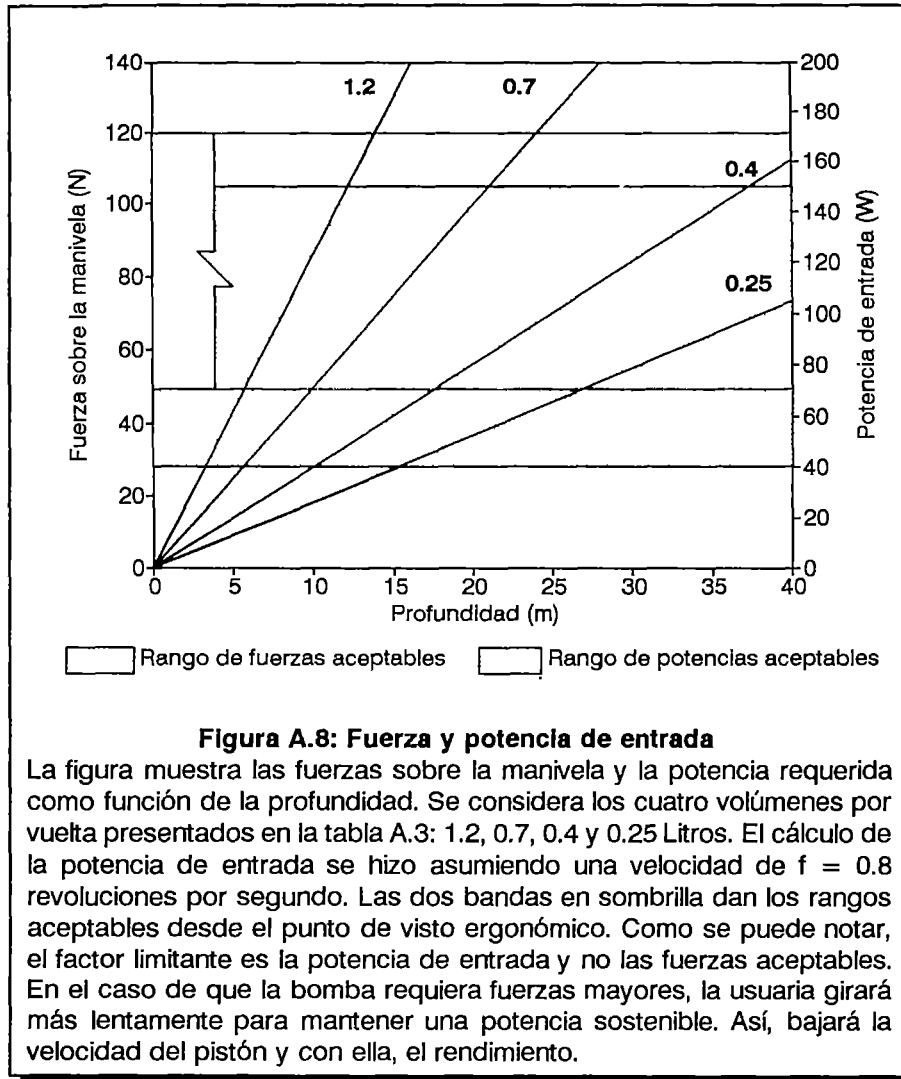
$$F_{\text{man}} = VOL_{\text{vuel}} \times C \times H_{\text{bom}} \quad (\text{N}) \quad (4)$$

y también:

$$P_{\text{ent}} = F_{\text{man}} \times \varnothing_{\text{man}} \times \pi \times f \quad (\text{W}) \quad (5)$$

Con estas fórmulas (4) y (5) se puede calcular con facilidad las fuerzas sobre la manivela y la potencia de entrada requerida para los diferentes casos. La figura A.8 da las fuerzas sobre la manivela como función del desnivel de bombeo, para un rango de volúmenes por vuelta usados por la DAR-Región V^a reflejados en la tabla A.8. En esta tabla reflejamos algunos valores para cinco volúmenes por vuelta corrientes.

Tabla A.8: Diámetros recomendados de polea y de tubo de subida					
Rango de desniveles de bombeo (m)	0 - 6	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Llanta para polea (")	20"	20"	20"	20"	12"
Tubo de subida (")	1½"	1"	¾"	½"	½"
Diámetro efectivo polea \varnothing_{pol} (mm)	540 mm	540 mm	540 mm	540 mm	350 mm
Diámetro tubo de subida \varnothing_{tub} (mm)	44.5 mm	30.4 mm	23.3 mm	18.2 mm	18.2 mm
Volumen por vuelta (Ltr)	2.6 Ltr	1.2 Ltr	0.7 Ltr	0.4 Ltr	0.25 Ltr



Como tenemos definido VOL_{vuel} , podemos aprovechar esta entidad para calcular muy fácilmente el caudal Q_{real} :

$$Q_{real} = \eta_{hyd} \times VOL_{vuel} \times f \quad (L/s) \quad (6)$$

Con el método de cálculo presentado en este anexo, se puede calcular fácilmente la fuerza sobre la manivela F_{man} y la potencia de entrada P_{ent} , y definir por ende los valores óptimos del tubo de subida \emptyset_{tub} y el diámetro de la polea \emptyset_{pol} . También vimos cómo calcular el caudal de la bomba Q_{real} .

Anexo G: Cálculo de rendimientos hidráulicos

En el párrafo 7.3 discutimos los rendimientos mecánicos e hidráulicos de la bomba de mecate, y nos referimos a este anexo para los cálculos. Presentamos entonces un modelo teórico para el cálculo de los rendimientos hidráulicos, desarrollado por Heuthorst, 1991. Primero presentamos el modelo, en seguida discutimos la validez del modelo, definiendo sus suposiciones y limitaciones, y comparándolo con datos de la literatura.

Presentación del modelo

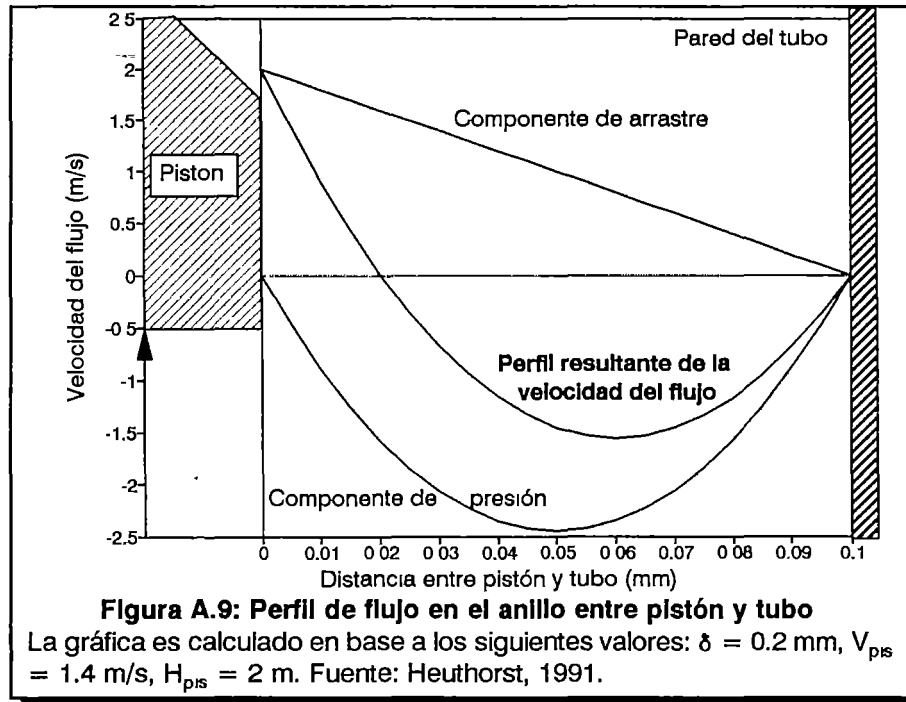
Antes de todo, es importante enfatizar que por conveniencia, en este anexo, **todos los valores a introducirse en las fórmulas van en unidades del sistema internacional de unidades**. La diferencia con todo lo anterior es que todas las medidas de diámetro de tubos, pistones etcétera, van en metros y no en milímetros, y los caudales se reflejan en m³/s en vez de Lts/s.

Para calcular el rendimiento hidráulico η_{hyd} necesitamos calcular el caudal de pérdidas Q_{perd} que escurre por el angosto anillo entre el pistón y la pared del tubo de subida:

$$\eta_{hyd} = \frac{Q_{rea}}{Q_{teor}} = \frac{Q_{teor} - Q_{perd}}{Q_{teor}} \quad (1)$$

Definimos la dirección de Q_{perd} hacia abajo como positivo ($\downarrow +$). Q_{teor} es fácil de calcular:

$$Q_{teor} = V_{pis} (\varnothing_{tub}^2 - \varnothing_{mec}^2) \frac{\pi}{4} \quad (m^3/s) \quad (2)$$



El caudal de pérdida Q_{perd} es el flujo por el anillo entre el pistón y la pared del tubo de subida. Está compuesto por dos componentes (Ver figura A.9):

- Un componente de arrastre Q_{arr} por el pistón que con su velocidad hacia arriba arrastra agua hacia arriba (\uparrow).
- Un componente de presión Q_{pres} por la presión $P_0 - P_1$ que empuje el agua hacia abajo (\downarrow).

Note que la dirección de los dos flujos es opuesta así que

$$Q_{perd} = Q_{pres} - Q_{arr} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

Para poder calcular Q_{perd} definimos tres presiones P_0 , P_1 y P_2 (Ver figura A.10). La caída de presión (P_0-P_1) se debe a pérdidas de fricción en el anillo, mientras la caída de presión (P_1-P_2) es provocada por pérdidas de salida. El modelo analiza cada pistón como si fuera independiente, o sea que todos demuestran la misma fuga. También descuida los efectos de entrada y salida. Así, (P_0-P_2) corresponde a la presión de la columna de agua entre dos pistones⁽¹⁴⁾:

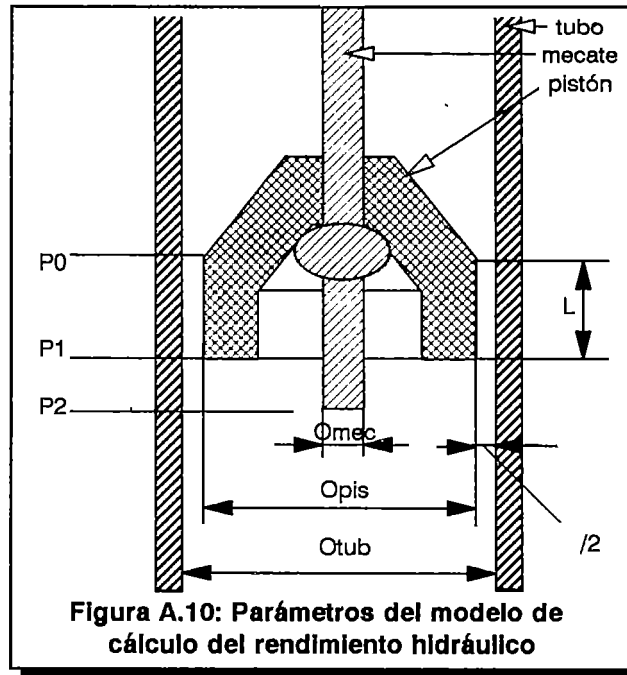


Figura A.10: Parámetros del modelo de cálculo del rendimiento hidráulico

$$(P_0 - P_2) = (P_0 - P_1) + (P_1 - P_2) = \rho \times g \times H_{\text{pis}} \quad (\text{N/m}^2) \quad (4)$$

Ahora que hemos definido las presiones que se ejercen sobre las diferentes partes (Notase que el valor de P_1 es desconocido), podemos dar las fórmulas para calcular los dos caudales Q_{arr} y Q_{pres} (sin entrar en la teoría de los estudios de flujos):

⁽¹⁴⁾ No se consideran los efectos dinámicos del flujo de agua como la aceleración del agua y la fricción entre el agua y el tubo. Esto es aceptable porque significa menos del 1 % en nuestras condiciones.

$$Q_{\text{pres}} = \frac{2\pi (p_0 - p_1) \varnothing_{\text{tub}}^4}{\rho v L} \left\{ 1 - \frac{\left(\frac{\varnothing_{\text{pis}}}{\varnothing_{\text{tub}}}\right)^4 \left(1 - \left(\frac{\varnothing_{\text{pis}}}{\varnothing_{\text{tub}}}\right)^2\right)^2}{\ln\left(\frac{\varnothing_{\text{tub}}}{\varnothing_{\text{pis}}}\right)} \right\} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5)$$

$$Q_{\text{arr}} = \frac{v_{\text{pis}}}{2} \frac{\pi}{4} (\varnothing_{\text{tub}}^2 - \varnothing_{\text{pis}}^2) \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (6)$$

Queda el componente de las pérdidas de salida. Para esto definimos el factor de pérdida de salida K_w :

$$K_w = \left(\frac{\varnothing_{\text{pis}}^2 - \varnothing_{\text{mec}}^2}{\varnothing_{\text{tub}}^2 - \varnothing_{\text{pis}}^2} \right)^2 \quad (7)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{K_w}{2g} \left(\frac{Q_{\text{perd}}}{\frac{\pi}{4} (\varnothing_{\text{tub}}^2 - \varnothing_{\text{pis}}^2)} \right)^2 \quad (\text{N}/\text{m}^2) \quad (8)$$

Tenemos definido ahora un sistema de 4 ecuaciones (ecuaciones (3), (4), (5) y (8)) con 4 incógnitas: $(P_0 - P_1)$, $(P_1 - P_2)$, Q_{perd} y Q_{pres} . Se puede resolver este sistema de manera manual (exige alguna perseverancia) o de manera numérica con una micro-computadora. Algunos resultados son reflejados en las figuras 7.1 - 7.3.

Discusión de la validez del modelo

El modelo aquí presentado parte de las siguientes suposiciones:

- El tubo tiene un diámetro interior constante. Todos los pistones son de igual forma y diámetro, y son equidistantes. No hay efectos de entrada ni de salida.

- ▶ El flujo en el anillo entre el pistón y la pared del tubo es laminar (Medida de Reynolds $< 2,300$). Este limita la aplicabilidad del modelo a casos donde ni la velocidad ni el juego son muy grandes. Por ejemplo las combinaciones siguientes: $V_{pis} \leq 2$ m/s y $\delta \leq 0.65$ mm., o $V_{pis} \leq 1.4$ m/s y $\delta \leq 1.1$ mm. No hemos descalificado el modelo para otros casos, pero tampoco comprobado. Probablemente las pérdidas reales serán mayores a las calculadas en base al modelo.
- ▶ No se consideran los efectos dinámicos del flujo de agua como la aceleración del agua y la fricción entre el agua y el tubo. Esto es aceptable porque significan menos del 1% en nuestras condiciones.
- ▶ No se considera la fuga entre el mecate y el pistón.

El modelo fue confirmado por 53 pruebas de campo en 4 profundidades diferentes. La desviación standard de la diferencia relativa entre los resultados teóricos y las pruebas de campo ($\eta_{hyd,modelo} / \eta_{hyd,real}$) fue algo alto (10%), esto se debe a las limitaciones en las mediciones. Sin embargo, la diferencia relativa media fue de sólo 1.3%, con lo cual aceptamos el modelo como válido.

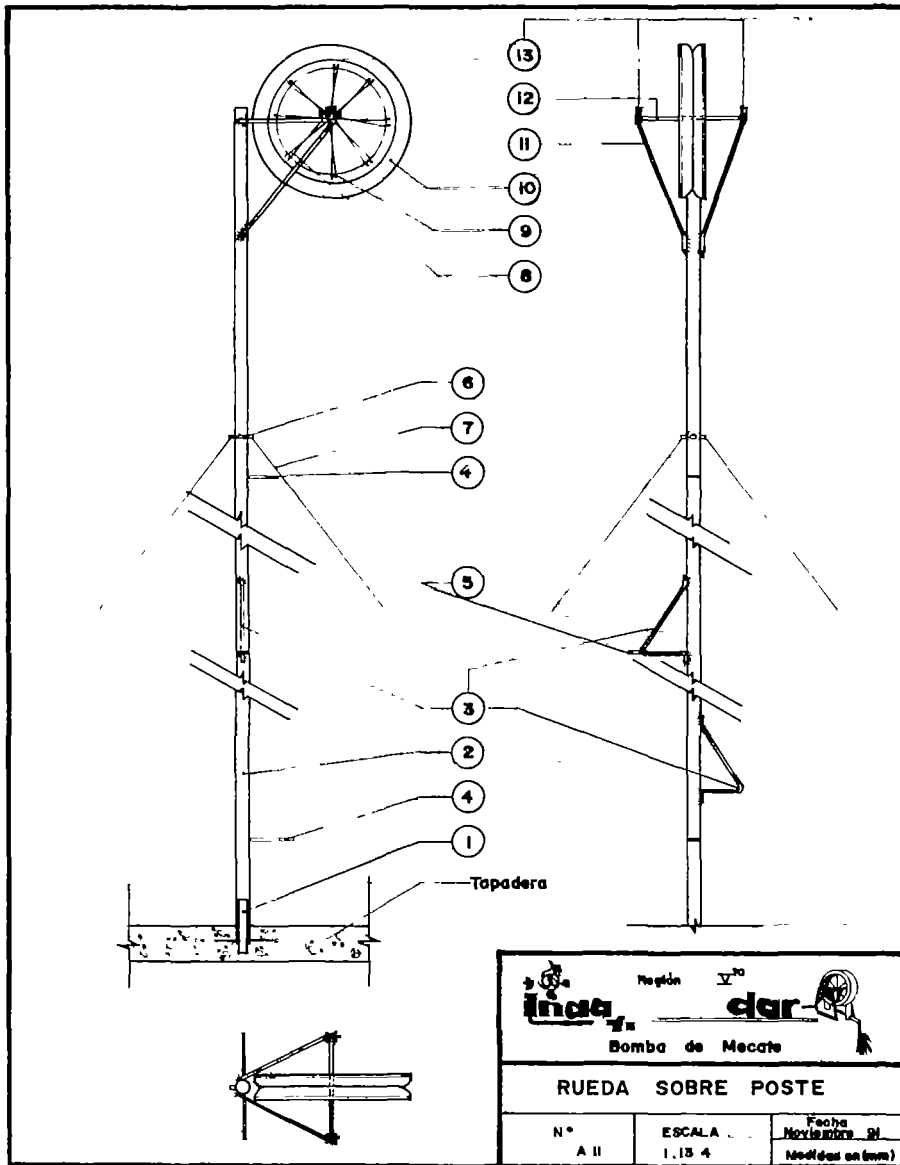
El único estudio similar que encontramos en la literatura es de Faulkner & Lambert, 1990, que hicieron pruebas con una bomba de mecate para grandes caudales con $\varnothing_{tub} = 71$ mm, $\varnothing_{pis} = 69$ mm (pistones planos), y $2.4 \text{ m} \leq H_{bom} \leq 5.5$ m. Sus resultados coinciden con los de Heuthorst en que el rendimiento aumenta con la velocidad del pistón y (en menor importancia) con la cantidad de pistones. Las diferencias son dos: Heuthorst encuentra una velocidad óptima alrededor de 2 m/s, mientras Faulkner lo encuentra alrededor de 0.7 m/s. Esta diferencia se explica por los efectos de aceleración del agua y pérdidas de entrada y salida que son relativamente mucho mayores a menores profundidades. También Faulkner & Lambert encuentran una liviana baja en el rendimiento a mayores profundidades, fenómeno que no encontró Heuthorst en sus pruebas. No tenemos explicación para esta discrepancia. Sí es notoria la gran diferencia en desniveles de bombeo (5.5 m versus 32 m). Además, la cantidad de pistones que se encuentran simultáneamente dentro del tubo de subida en el caso de Heuthorst varía de 5 a 30, mientras que en el caso de Faulkner & Lamberts sólo varía de 1 a 5.

Anexo H: Materiales para la rueda sobre poste

Nº parte	material	mm	cant.
1 Espera	Tubo HG 1 ¼"	150	1
2 Poste	Tubo HG 1 ½"	6,000	1
3 Escalera	Hierro ¾"	430	9
4 Fijación tubo de subida	Hierro ¼"	400	3
5 Fijación tubo de bajada	Hierro ¼"	100	3
7 Tensor	Alambre #12	12,000	3
6 Fijación de tensor	Hierro ¼"	40	3
8 Rayo	Hierro ¼"	190	16
9 Porta polea	Hierro ¼"	80	16
10 Polea	Llanta 15"		1
11 Soporte	Hierro ½"	800	2
12 Eje	Tubo ½"	400	1
13 Conjunto de cojinete			2

Total de materiales:

Material	mm	unid.
Tubo 1 ½"	6,000	
Tubo 1 ¼"	150	
Tubo ½"	400	
Hierro ½"	1,600	
Hierro ¾"	3,870	
Hierro ¼"	5,940	
Alambre #12	36,000	
Llanta vieja 15"		1
Conjunto de cojinete		2



Listado de símbolos

f	s^{-1}	Frecuencia de revolución del eje	0.5 - 1
F_{man}	N	Fuerza real sobre la manivela (= $F_{man,teor} \times \eta_{mec}$)	
$F_{man,teor}$	N	Fuerza sobre la manivela si no hubieran fricciones.	
g	m/s^2	Aceleración de gravedad	9.81
H_{bom}	m	Desnivel de bombeo	
H_{pis}	m	Distancia entre pistones	2
\emptyset	mm	Diámetro	
\emptyset_{man}	mm	Diámetro de manivela	500
\emptyset_{mec}	mm	Diámetro de mecate	5
\emptyset_{pis}	mm	Diámetro de pistón	
\emptyset_{pol}	mm	Diámetro polea	
\emptyset_{tub}	mm	Diámetro tubo de subida	
P_{ent}	W	Potencia de entrada, desarrollada por el usuario	30 - 150
P_{sal}	W	Potencia de salida, resultando en agua bombeada	
Q_{arr}	m^3/s	Componente del caudal de pérdida debido al arrastre del pistón.	
Q_{perd}	m^3/s	Caudal de pérdidas (= $Q_{pres} - Q_{arr}$)	
Q_{pres}		Componente del caudal de pérdidas debido a la presión.	
Q_{real}	m^3/s	Caudal real	
Q_{teor}	m^3/s	Caudal teórico	
V_{pis}	m^3/s	Velocidad del pistón	
VOL_{vuel}	Ltr	Volumen teórico por vuelta.	
δ	mm	Juego entre pistón y tubo (= $\emptyset_{tub} - \emptyset_{pis}$)	0.2 - 1
η		Rendimiento total de la bomba (= $\eta_{hyd} \times \eta_{mec}$)	
η_{hyd}		Rendimiento hidráulico (= Q_{real} / Q_{teor})	80% - 95%
η_{mec}		Rendimiento mecánico, definida como factor de pérdidas por fricciones (= $F_{man, teor} / F_{man}$)	80% - 90%
π		Pi	3.1416
ρ	Kg/m^3	Peso específico del agua	1,000
ν	m^2/s	Viscosidad kinemática del agua	1×10^{-6}

Literatura consultada

Arlosoroff, S., e.a., *Abastecimiento de agua a la comunidad: La opción de la bomba manual*. The World Bank, Washington, EEUU 1988.

Ballesteros Pérez, Miguel Angel, *Proyecto de mejoramiento de la bomba de mecate*. UNI-Tecnología de la industria, Managua, Nicaragua 1991.

Bargmann, Dorie, *Presupuesto para bombas de mecate de madera*. Informe no publicado, Puente de Paz, Managua, Nicaragua 1991.

Besselink, J. e.a., *Behaviour of deepwell handpumps with PVC raising mains*. IADHPP90.02, Ellecom, Holanda 1990.

Burlandt, U., *Ergonomie für design und entwicklung*. Koln, 1978.

Faulkner, R.D. & Lambert, R.A., *The use of the rope-washer pump in micro-scale irrigation*. in: Proc. Instn. Civ. Engrs, part 1, 1990, 88, february, pp. 81-90.

Heuthorst, Nicolaas, *Informe de los estudios sobre el rendimiento hidráulico de la bomba de mecate*. Informe no publicado, DAR-Región Vª, Juigalpa, Nicaragua 1991.

IRC, *Handpumps, Issues and concepts in rural water supply programmes*. Technical paper Nª 25, La Haya, Holanda 1988.

Lambert, R.A., *How to make a rope-and-washer pump*. IT publication, Londres, Inglaterra 1990, ISBN 1 85339 022 4

Mulvani, P. e.a., *Tools for agriculture*. IT publication Londres, Inglaterra 1985, ISBN 0 946688 36 2.

Orozco, Eduardo, *La bomba de mecate*. CITA-INRA, Managua, 1984.

Solís Orozco, Osmundo, e.a., *Informe de evaluación técnica de las bombas de mecate instaladas en Bluefields*. Informe no publicado, DAR-Región Vª, Juigalpa, Nicaragua 1990.

Teijen, Reinder van, *Manufacture and engineering. Rope pumps, a review of ten years experience*. Dieren, Holanda, 1986

Watt, S., *21 Chain and washer pumps*. IT publications, Londres, Inglaterra 1976.

Listado de abreviaciones.

BOMPO	Bomba de Operación y Mantenimiento a nivel de POblado.
CAPS	Comite de Agua Potable y Saneamiento.
CITA-INRA	Centro de Investigaciones en Tecnología Apropiada - Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria.
COOPINIC	COOPerativa de INovadores NICaragüenses.
CEPAD	Consejo de iglesias Evangélicas Pro-ALianza Denomina-cional.
DAR	Dirección de Acueductos Rurales
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcanterillados
OPS	Organización Panamericana de Salud
PE	Polyetileno
PP	Polipropileno
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería.

Direcciones dentro de nicaragua

Alan Gallegos

Descripción: Taller de cerámica que produce entre otros las guías de arcilla esmaltada formadas con extrudora.

Persona de contacto: Alan Gallegos, coordinador; Ron Rivera, asesor.

Dirección: Del Hotel Estrella 2 Cu. al lago, 3 Cu. arriba, casa N 21, Managua

☎ : (Ron Rivera: 505-2-73807)

CEPAD, departamento de tecnología apropiada

Descripción: Organización de desarrollo ecuménica, trabaja en auto-construcción de letrinas (aboneras y tradicionales), tanques de agua y bombas de mecate.

Persona de contacto: Cristy Stickney, asesora.

Dirección: Del cementerio occidental, 2 Cu. al Norte.
A.P. 3091, Managua

☎ : Oficinas: 505-2-664507 / 666102 / 664212

Taller: 505-2-50389

fax: 505-2-664236

CICUTEK

Descripción: Asociación sin fines de lucro de comunicaciones populares. Edita entre otros la revista 'ENLACE'. Entre sus colaboradores hay varios que han trabajado con la bomba de mecate desde muchos años. Editó este libro y lo distribuye.

Persona de contacto: Antonio Belli, coordinador;
Eduardo Orozco, Boris Engelhart; colaboradores.

Dirección: De la CST 1 Cu. abajo ½ Cu. al Sur.
A.P. A-136, Managua

☎ : 505-2-662643

COOPINIC (COOPERativa INDUSTRIal de INnovadores NICaragüenses)

Descripción: Cooperativa que produce varios productos de tecnología apropiada, entre otros bombas de ariete y bombas de mecate. El asesor, Jan Haemhouts, es co-autor de este libro y ha estado involucrado

en el desarrollo de la bomba de mecate en Nicaragua desde 1983, y anteriormente en Haití.

Persona de contacto: Jan Haemhouts, asesor.
 Dirección: Del cine Salinas 1 Cu. al sur ½ Cu. abajo, Managua
 ☎ : 505-2-23947 (CEDIN)
 505-2-661366 (Jan Haemhouts)
 fax: 505-2-23947

DAR-Región Vª

Descripción: Delegación regional de la Dirección de Acueductos Rurales (DAR) del INAA. Con sus 60 empleados se dedica a proyectos rurales de suministro de agua potable, saneamiento y educación sanitaria. Implementa la bomba de mecate desde 1988, y ha trabajado en su desarrollo especialmente en cuanto al diseño de la rueda y en la bomba de mecate sobre pozo perforado. Tomó la iniciativa para elaborar la presente publicación.

Persona de contacto: Osmundo Solís O., resp. promoción comunitaria.
 Dirección: Contiguo al BND, Juigalpa. A.P. 24, Juigalpa
 ☎ : 505-81-351 / 740
 Fax: 505-81-369 / 505-2-763205

Cooperativa 'Guadalupe Carney'

Descripción: Cooperativa de mujeres que produce entre otros guías de arcilla esmaltada formadas con molde.

Persona de contacto: Ervin Tórrez, gerente; Ron Rivera, asesor.
 Dirección: De la Normal, 200 m al Norte, Estelí.
 ☎ : (Ron Rivera: 505-2-73807)

HULETECNIC

Descripción: Taller de inyección de Hule, PP, PE, PVC, etc. Ha trabajado en hacer pistones para bombas de mecate desde 1985.

Persona de contacto: Celimo Morales Novoa, gerente-propietario.
 Dirección: Puente Larreynaga, 2 Cu. abajo 25 m al Norte, Managua.

Taller Ignacio López

Descripción: Taller metal-mecánica privado que produce entre otras ruedas de diferentes modelos desde 1990. Está trabajando en el desarrollo de la bomba de mecate con motor y con molino de viento.

Persona de contacto: Ignacio López, socio.
Reynaldo Erlach, socio.

Dirección: Henk Holtslag, desarrollo del molino de viento.
De los semáforos 15 de repuestos, 100 Metros al sur. Managua.

☎ : (Henk Holtslag: 505-2-74952)

José Evaristo Talavera

Descripción: Micro-taller de producción de pistones inyectados de PE y PP.

Dirección: Frente al antiguo mercado periférico, Managua.

'Palo de Hule'

Descripción: Fundación de proyectos sociales en el municipio de Nueva Guinea fundada en 1990. Ejecuta mini-proyectos sociales, y es dueño de una tienda de venta de materiales sanitarios, entre otros materiales para mejorar pozos y bombas de mecate.

Persona de contacto: Donald Ríos, responsable.

Dirección: Frente a la alcaldía municipal, Nueva Guinea.

☎ : (vía DAR-Región Vª: 505-81-351 / 740)

Fax: (vía DAR-Región Vª: 505-81-369 / 505-2-763205)

Puente de Paz

Descripción: Organización de solidaridad Norteamericana, financia y ejecuta pequeños proyectos de desarrollo. Trabajan con bombas de mecate de construcción local.

Persona de contacto: William Torrez, promotor; Dorie Bargmann, asesora.

Dirección: Colonia Centroamérica, casa 441, Managua.

☎ : 505-2-70350

fax: (vía CEPAD: 505-2-664236)

Rafael Castilla Castro

Descripción: Taller metal-mecánico con 3 trabajadores que está

involucrado en el desarrollo de tecnologías apropiadas desde 1984. Produce entre otros ruedas para bombas de mecate de diferentes modelos.

Dirección: Del INAA ½ Cu. al Sur ½ Cu. arriba, Juigalpa.

Sociedad de venta e instalación de bombas de mecate

Descripción: Fundada a mediados de 1990, esta sociedad vende e instala bombas de mecate en toda Nicaragua, especialmente en el Pacífico. La sociedad es capaz de auto-mantener a sus 3 trabajadores, y las ventas andan por las 5-10 bombas por semana. Además se dedica al desarrollo de la bomba: piezas de la bomba, modelos sobre poste y con motor.

Persona de contacto: René Mesa, coordinador;
Henk Alberts, asesor.

Dirección: Reparto Los Cedros, Carretera Vieja a León Km 29,
100 varas arriba, a la orilla de la carretera.

☎ : 505-02-51236

Direcciones fuera de nicaragua

Bernard van Hemert

Descripción: Principal autor de este libro. Ha trabajado con tecnologías apropiadas de bombeo de agua desde 1982, y con la bomba de mecate desde 1987.

Dirección de contacto: Oude Velperweg 50
6824 HE Arnhem, Holanda

☎ : 31-85-617817

fax: 31-85-644909

CCM-Tecnología para la salud (Comite Central Menonita)

Descripción: Esta ONG trabaja junto con ECOTEC en el desarrollo de la bomba de 'lazo' (mecate) en Guatemala. Aunque las experiencias son relativamente pocas, el énfasis en los aspectos de transferencia de tecnología son interesantes.

Persona de contacto: Edgard Cáceres, director;
Raymundo Helmuth, asesor técnico.

Dirección: A.P. 1779

Anexo 1:

En una evaluación técnica de bombas de mecate, principalmente las 60 bombas que se instalaron hace 2 ó 3 años del Proyecto INAA/SNV en Nueva Guinea, se encontraron algunos puntos débiles.

Los problemas encontrados son:

1. EJE (pag. 89-90)

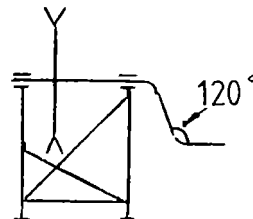
En Nueva Guinea tenemos la experiencia que el eje (tubo de 1/2") se quiebra regularmente donde está doblado.

Razones:

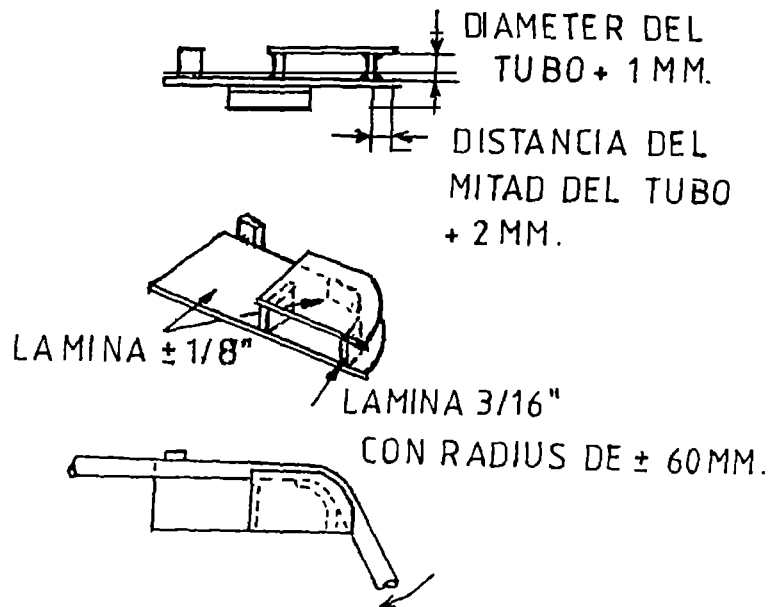
- El rayo es pequeño y la calidad del doblés no es buena ej. ver foto 23.

Sugerencias:

- Hacer el doblés con rayo más grande
- Hacer el doblés por ej. 120° en vez de 90° (ubicando la polea entre los dos cojinetes, como en la pag. 95, la distancia quedará igual)



Doblar tubo con una herramienta adecuada, por ej. usar un dispo o hacer algo como en el dibujo. (Bombas hechas hace tres años en esta forma y dobladas con un dispo no han tenido problemas).



2.COJINETE (pag. 139-140)

En la mayoría de las bombas, según este diseño, los cojinetes están sueltos (p.e. ver pag. 139) o se han "perdido" los cojinetes, causando ejes desgastados y quebrados.

Razones:

- Algunas bombas fueron instaladas con un pin, en vez de un perno de seguridad.
- Se "perdió" o se ha sacado el perno de seguridad y se ha puesto un pin con un diámetro menor. De esta manera se afloja y cae el cojinete superior y después el cojinete interior.
- Cojinetes mas puestos (ver pag. 141)
- Falta de conocimiento, mantenimiento y seguridad de "comités de agua", usuarios y del Instituto de Agua.

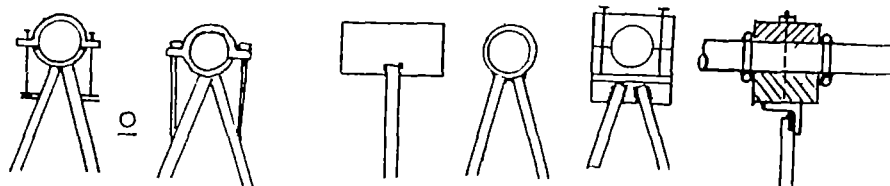
Sugerencias:

- Utilizar solución de p. 139, soldar cojinete inferior con algunos puntos (la experiencia es que los bujes y el eje casi no se gastan si están engrasados). Si es necesario, es posible desmontar el cojinete inferior con un martillo.

Construcción con la posibilidad de sacar la polea.

Buje o lámina soldada. Instalado en 1500 bombas, y no ha tenido problemas.

Otra posibilidad es usar cojinetes de madera.



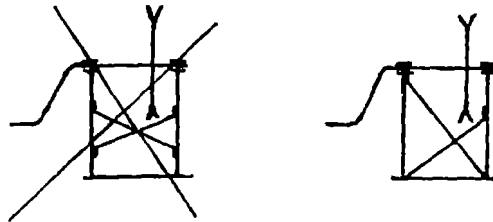
- Aceite es mejor que la grasa, porque se "limpia" el cojinete.
- Aceitar los cojinetes con aceite corriente cada 2 o 4 semanas.
- Usar bujes y eje de tubo galvanizado si es posible (el galván funciona como "lubricante").

3.TENSORES Y RAYOS

En las bombas de los diferentes diseños hay algunas veces problemas con tensores y rayos quebrados.

Razones:

- Soldadura de mala calidad, material "quemado" y hay corrosión en las partes soldadas.
- Tamaño de los tensores/rayos muy pequeños (5mm.)
- Tensores no están soldados en forma triangular, lo que permite torsión en la estructura.



Sugerencias:

- Usar tensores de min. 1/4" o mejor de un diámetro mayor, ej. 8 mm o 3/8".
- Hacer lo más posible estructuras triangulares para evitar torsión.

4. SISTEMA DE BLOQUEO (fig. A3 pag. 183)

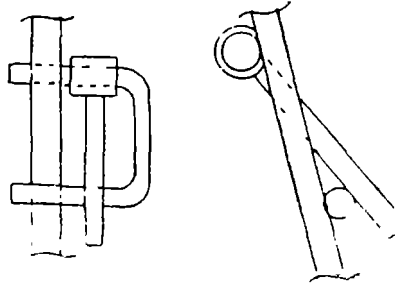
- En diferentes bombas, la fijación del freno está quebrado.
- Todos los otros sistemas de bloqueo (ej. foto 16) están quebrados.

Razones:

- Fijación como en la pag. 183 no resiste las grandes fuerzas sobre el sistema de bloqueo.
- Cuando el sistema de bloqueo está más cerca al eje, las fuerzas son más grandes.

Sugerencias:

- Soldar sistema según dibujos (usado hace 2 años y sin problemas)
- Reforzar bomba/estructura (patas) donde recibe los golpes (ver dibujo)
- Eventualmente (en bombas comunales) usar varilla de 1/2" en vez de 3/8".



5. PISTONES Y MECATE

- Las bombas instaladas hace 2 a 3 años, muchas veces tienen los pistones gastados. La eficiencia de estas bombas ha bajado mucho.

• Por lo general el desgaste en los tubos de PVC no era tanto y solamente un 5% de las bombas han sido cambiadas en los últimos 3 años.

Razones:

• En la práctica la gente solamente cambia el mecate y dejan los pistones gastados. Esto causa que por la baja eficiencia, bombéen más tiempo por la misma cantidad de agua, lo que contribuye a gastar más los pistones y mecate.

Sugerencias:

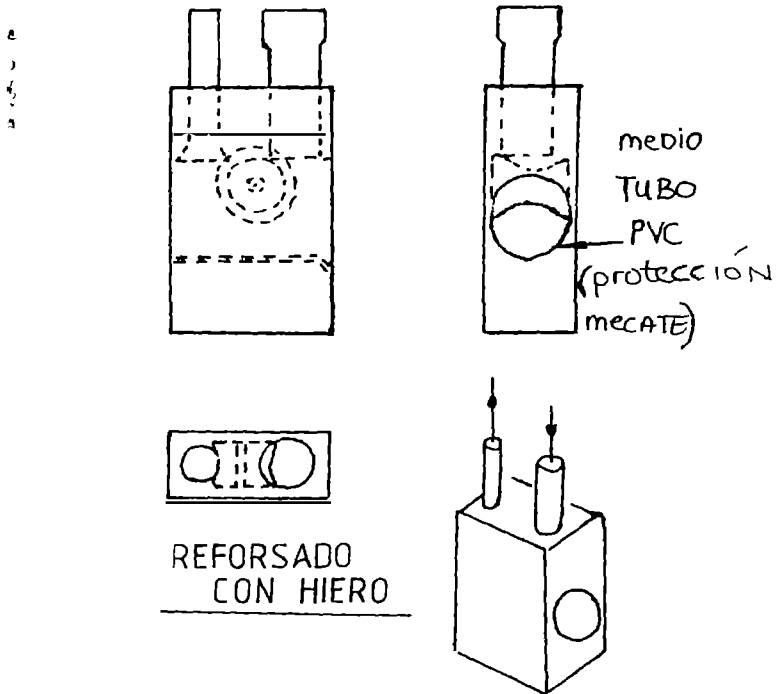
• Poner los pistones con menos distancia (1m o menos). Aunque la "inversión" en el comienzo es alta, a largo plazo se ahorra. Porque es más eficiente la bomba y se gastan menos el mecate y los pistones.

6. GUIA (pag. 192-193)

Las guías como en pag. 192-193 tienen diferentes problemas como quebraduras, fallas en el esmalte o se quiebran en la instalación/mantenimiento. Además es una pieza que es relativamente "complicada" en la producción y difusión.

Sugerencias:

• Usar un aislador (como se usa en sistemas de electricidad de alta tensión), montado en madera o cemento. Ahora casi todas las guías en Nicaragua son hechas con un



aislador o algo similar, montado en cemento.

7. CORROSION

En todas las bombas y diseños hay problemas con corrosión en la base y tensores de la rueda.

Razones:

- Calidad de producción, limpieza y pintura es bajo por lo general.

- Por lo general el usuario no pinta/mantiene su bomba.

Sugerencias:

- * Montar un pedazo de tubo 3/8 o 1/2" galvanizado para proteger la parte más delicada en la base.
- Usar mayormente materiales galvanizados y limpiar bien las partes soldadas. Pintar con anti-corrosivo+pintura "aceite".
- Usar materiales no-corrosivos, ej. madera, plástico, hierro fundido.

8. RUIDO

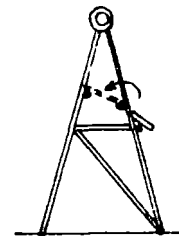
Las bombas hacen ruido en el sistema de bloqueo y la manivela.

Razones:

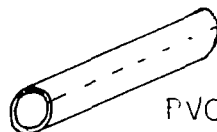
- En el sistema de bloqueo se aflojan los materiales, manguera o hule que se coloca de amortiguamiento.
- El buje de manivela por lo general no está lubricado (ensucia las manos).

Sugerencias:

- Tener la opción de quitar freno (niños tienen que cuidar más) haciendo el tope diferente (ver dibujo)
- Hacer buje de manivela de PVC



TUBO



PVC

(cortado por lo largo, se puede cambiar)

9. CENTRAR/FIJACION DE LA TUBERIA

En muchas de las bombas instaladas en Nueva Guinea, la tubería no está bien alineada, causando desgaste en el mecate y tubería de salida (foto 22).

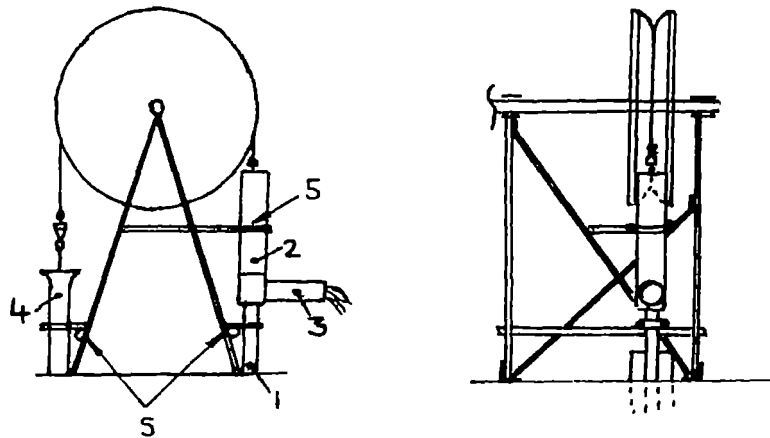
La fijación como muestra la pag. 128 funciona bien, si está hecha de esta manera, pero una gran parte de las bombas están instaladas con materiales diferentes, causando que la tubería esté floja o tenga mala la fijación.

Razones:

- Falta de materiales adecuados en el campo y conocimiento/control técnico en la instalación.

Sugerencias:

- Alinear bien la tubería de descargue con un "plomo" y usar materiales como los indicados.



• Montar algo en la estructura de la bomba que asegure que la bomba está contrada "automáticamente" (ver dibujo a nr. 5)

Tubo 2 tiene 2x el diám. de tubo 1, p.e. 1 = 1" y 2 = 2"

Tubo 3 tiene el mismo tamaño que tubo 2.

Tubo 4 tiene un tamaño más grande que tubo 1, p.e. 1 = 1" y 4 = 1,25" (minimum).

En pozos perforados, es mejor utilizar un tubo de protección para el mecate que baja también.

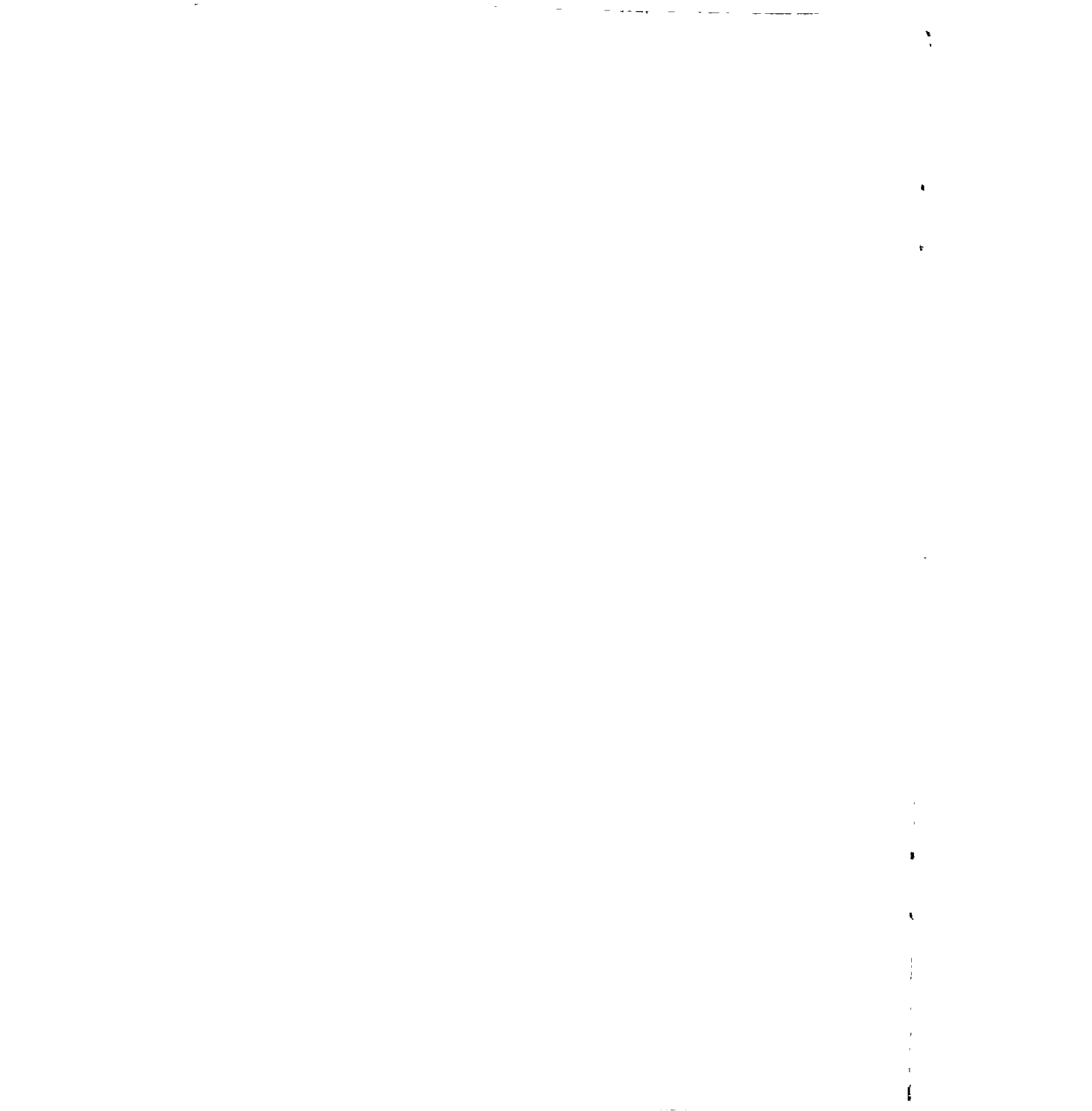
Es probable que COSUDE/Bombas de Mecate S.A. harán un manual pequeño para la producción/instalación y mantenimiento de la bomba de mecate.

•

•

•

•



Anexo 1:

En una evaluación técnica de bombas de mecate, principalmente las 60 bombas que se instalaron hace 2 ó 3 años del Proyecto INAA/SNV en Nueva Guinea, se encontraron algunos puntos débiles.

Los problemas encontrados son:

1. EJE (pag. 89-90)

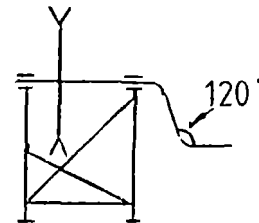
En Nueva Guinea tenemos la experiencia que el eje (tubo de 1/2") se quiebra regularmente donde está doblado.

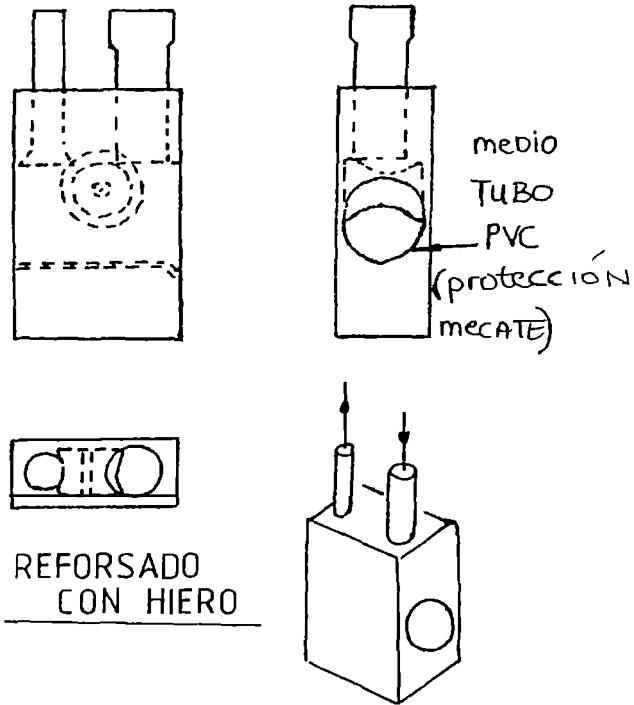
Razones:

- El rayo es pequeño y la calidad del doblés no es buena ej. ver foto 23.

Sugerencias:

- Hacer el doblés con rayo más grande
- Hacer el doblés por ej. 120° en vez de 90° (ubicando la polea entre los dos cojinetes, como en la pag. 95, la distancia quedará igual)





aislador o algo similar, montado en cemento.

7. CORROSION

En todas las bombas y diseños hay problemas con corrosión en la base y tensores de la rueda.

Razones:

- Calidad de producción, limpieza y pintura es bajo por lo general.

- Por lo general el usuario no pinta/mantiene su bomba.

Sugerencias:

- Montar un pedazo de tubo 3/8 o 1/2" galvanizado para proteger la parte más delicada en la base.
- Usar mayormente materiales galvanizados y limpiar bien las partes soldadas. Pintar con anti-corrosivo+pintura "aceite".
- Usar materiales no-corrosivos, ej. madera, plástico, hierro fundido.

8. RUIDO

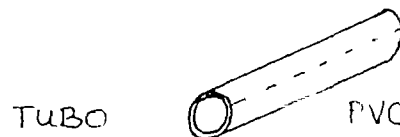
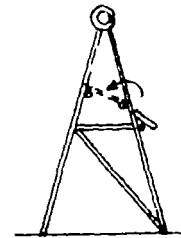
Las bombas hacen ruido en el sistema de bloqueo y la manivela.

Razones:

- En el sistema de bloqueo se aflojan los materiales, manguera o hule que se coloca de amortiguamiento.
- El buje de manivela por lo general no está lubricado (ensucia las manos).

Sugerencias:

- Tener la opción de quitar freno (niños tienen que cuidar más) haciendo el tope diferente (ver dibujo)
- Hacer buje de manivela de PVC



(cortado por lo largo, se puede cambiar)

9. CENTRAR/FIJACION DE LA TUBERIA

En muchas de las bombas instaladas en Nueva Guinea, la tubería no está bien alineada, causando desgaste en el mecate y tubería de salida (foto 22).

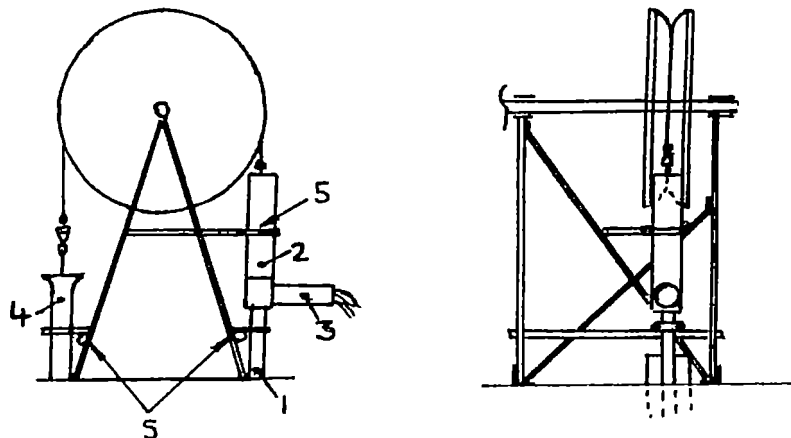
La fijación como muestra la pag. 128 funciona bien, si está hecha de esta manera, pero una gran parte de las bombas están instaladas con materiales diferentes, causando que la tubería esté floja o tenga mala la fijación.

Razones:

- Falta de materiales adecuados en el campo y conocimiento/control técnico en la instalación.

Sugerencias:

- Alinear bien la tubería de descargue con un "plomo" y usar materiales como los indicados.



- Montar algo en la estructura de la bomba que asegure que la bomba está contrada "automáticamente" (ver dibujo a nr. 5)
- Tubo 2 tiene 2x el diám. de tubo 1, p.e. 1 = 1" y 2 = 2"
Tubo 3 tiene el mismo tamaño que tubo 2.
Tubo 4 tiene un tamaño más grande que tubo 1, p.e. 1 = 1" y 4 = 1,25" (minimum).
- En pozos perforados, es mejor utilizar un tubo de protección para el mecate que baja también.
- Es probable que COSUDE/Bombas de Mecate S.A. harán un manual pequeño para la producción/instalación y mantenimiento de la bomba de mecate.

Razones:

- Algunas bombas fueron instaladas con un pin, en vez de un perno de seguridad.
- Se "perdió" o se ha sacado el perno de seguridad y se ha puesto un pin con un diámetro menor. De esta manera se afloja y cae el cojinete superior y después el cojinete interior.
- Cojinetes mas puestos (ver pag. 141)
- Falta de conocimiento, mantenimiento y seguridad de "comités de agua", usuarios y del Instituto de Agua.

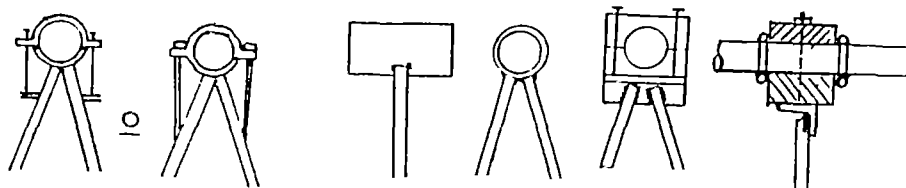
Sugerencias:

- Utilizar solución de p. 139, soldar cojinete inferior con algunos puntos (la experiencia es que los bujes y el eje casi no se gastan si están engrasados). Si es necesario, es posible desmontar el cojinete inferior con un martillo.

Construcción con la posibilidad de sacar la polea.

Buje o lámina soldada. Instalado en 1500 bombas, y no ha tenido problemas.

Otra posibilidad es usar cojinetes de madera.



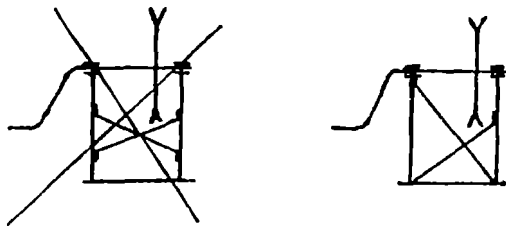
- Aceite es mejor que la grasa, porque se "limpia" el cojinete.
- Aceitar los cojinetes con aceite corriente cada 2 o 4 semanas.
- Usar bujes y eje de tubo galvanizado si es posible (el galván funciona como "lubricante").

3.TENSORES Y RAYOS

En las bombas de los diferentes diseños hay algunas veces problemas con tensores y rayos quebrados.

Razones:

- Soldadura de mala calidad, material "quemado" y hay corrosión en las partes soldadas.
- Tamaño de los tensores/rayos muy pequeños (5mm.)
- Tensores no están soldados en forma triangular, lo que permite torsión en la estructura.



Sugerencias:

- Usar tensores de min. 1/4" o mejor de un diámetro mayor, ej. 8 mm o 3/8".
- Hacer lo más posible estructuras triangulares para evitar torsión.

4. SISTEMA DE BLOQUEO (fig. A3 pag. 183)

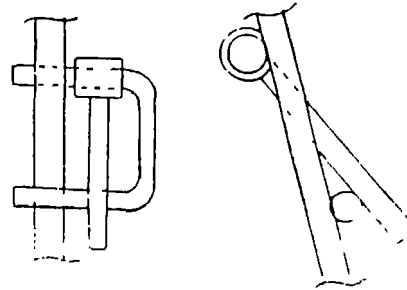
- En diferentes bombas, la fijación del freno está quebrado.
- Todos los otros sistemas de bloqueo (ej. foto 16) están quebrados.

Razones:

- Fijación como en la pag. 183 no resiste las grandes fuerzas sobre el sistema de bloqueo.
- Cuando el sistema de bloqueo está más cerca al eje, las fuerzas son más grandes.

Sugerencias:

- Soldar sistema según dibujos (usado hace 2 años y sin problemas)
- Reforzar bomba/estructura (patas) donde recibe los golpes (ver dibujo)
- Eventualmente (en bombas comunales) usar varilla de 1/2" en vez de 3/8".



5. PISTONES Y MECATE

- Las bombas instaladas hace 2 a 3 años, muchas veces tienen los pistones gastados. La eficiencia de estas bombas ha bajado mucho.

• Por lo general el desgaste en los tubos de PVC no era tanto y solamente un 5% de las bombas han sido cambiadas en los últimos 3 años.

Razones:

• En la práctica la gente solamente cambia el mecate y dejan los pistones gastados. Esto causa que por la baja eficiencia, bombeén más tiempo por la misma cantidad de agua, lo que contribuye a gastar más los pistones y mecate.

Sugerencias:

• Poner los pistones con menos distancia (1m o menos). Aunque la "inversión" en el comienzo es alta, a largo plazo se ahorra. Porque es más eficiente la bomba y se gastan menos el mecate y los pistones.

6. GUIA (pag. 192-193)

Las guías como en pag. 192-193 tienen diferentes problemas como quebraduras, fallas en el esmalte o se quiebran en la instalación/mantenimiento. Además es una pieza que es relativamente "complicada" en la producción y difusión.

Sugerencias:

• Usar un aislador (como se usa en sistemas de electricidad de alta tensión), montado en madera o cemento. Ahora casi todas las guías en Nicaragua son hechas con un

1. The first part of the document is a list of names and titles, including "The Hon. Mr. Justice G. D. C. ..."

Ciudad de Guatemala 01901

☎ : 030-4308

ECOTEC

Descripción: Esta organización trabaja junto con CCM en el desarrollo de la bomba de 'lazo' (mecate) en Guatemala. Aunque las experiencias son relativamente pocas, el énfasis en los aspectos de transferencia de tecnología son interesantes.

Persona de contacto: Bayron Rosales Amado

Dirección: 7a. avenida 8-90, zona 2, ciudad de Guatemala.

☎ : 22471/24871

DEMOTECH

Descripción: Una pequeña ONG Holandesa que se dedica al desarrollo y la transferencia de tecnologías apropiadas. Ha trabajado durante más de 10 años con la bomba de mecate de auto-construcción, entre otros en Indonesia y Perú.

Persona de contacto: Reinder van Tijen, coordinador

Dirección: A.P. 303
6950 AH Dieren, Holanda,

☎ : 31-8330-15777

Centro de asesoría para bombeo de agua

Descripción: Este centro ha introducido la bomba de mecate para grandes caudales y pocas profundidades con ayuda técnica y financiera de GTZ (Alemania). No logramos entrar en contacto con esta ONG.

Dirección: Jirón Bolognesi 165
Puno, Perú.

Loughborough University of Tecnology, Dep. of civil engineering

Descripción: Los personas de contacto han desarrollado e investigado una bomba de mecate de pocas profundidades para uso de riego en Zimbabwe y Tanzania; publicaron varios artículos y un manual de construcción.

Persona de contacto: Robert Lambert y Richard Faulkner.

Dirección: Leicestershire LE11 3TU, Inglaterra.

1000

Este libro trata del sorprendente desarrollo que ha tenido una tecnología de bombeo de agua en los últimos diez años en Nicaragua.

Con una profusión de fotos, dibujos y entrevistas se describe la variedad de aspectos técnicos, socio-económicos y metodológicos de la apropiación, desarrollo, construcción y mantenimiento de la bomba de mecate.

"...El éxito de la bomba de mecate estriba en la forma de introducirla (...). La única metodología que lleva con éxito la transferencia tecnológica es la forma de tomar en cuenta al sujeto del desarrollo para que participe colectivamente, dando paso al desborde de su creatividad."

Nemesio Porras Mendieta
Capacitador en gestión empresarial.

"...Es popular, porque en principio está hecha con material nuestro; ya no hay necesidad de traerlo de otro lado (...). Es democrática porque prácticamente todo el mundo puede participar; los hombres, las mujeres, los chavalos incluso pueden participar en la instalación y la reparación. No es nada difícil."

Concepción Mendoza Castro
Promotora.