

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

La bomba de mecate o bomba de cuerda es un modelo de bomba manual de diseño abierto desarrollada en Nicaragua a finales del siglo XX. Es una bomba de arrastre que se puede accionar con una manivela o acoplándole una bicicleta. La profundidad de bombeo depende del diámetro de la tubería de impulsión y del mecanismo de accionamiento, pero lo habitual es trabajar entre 1 y 30–45 m. Su objetivo es el abastecimiento familiar o de pequeñas comunidades. El diseño persigue que la fabricación pueda realizarse por pequeñas empresas locales y que la operación y mantenimiento puedan ser autosostenibles.

VISIÓN GLOBAL

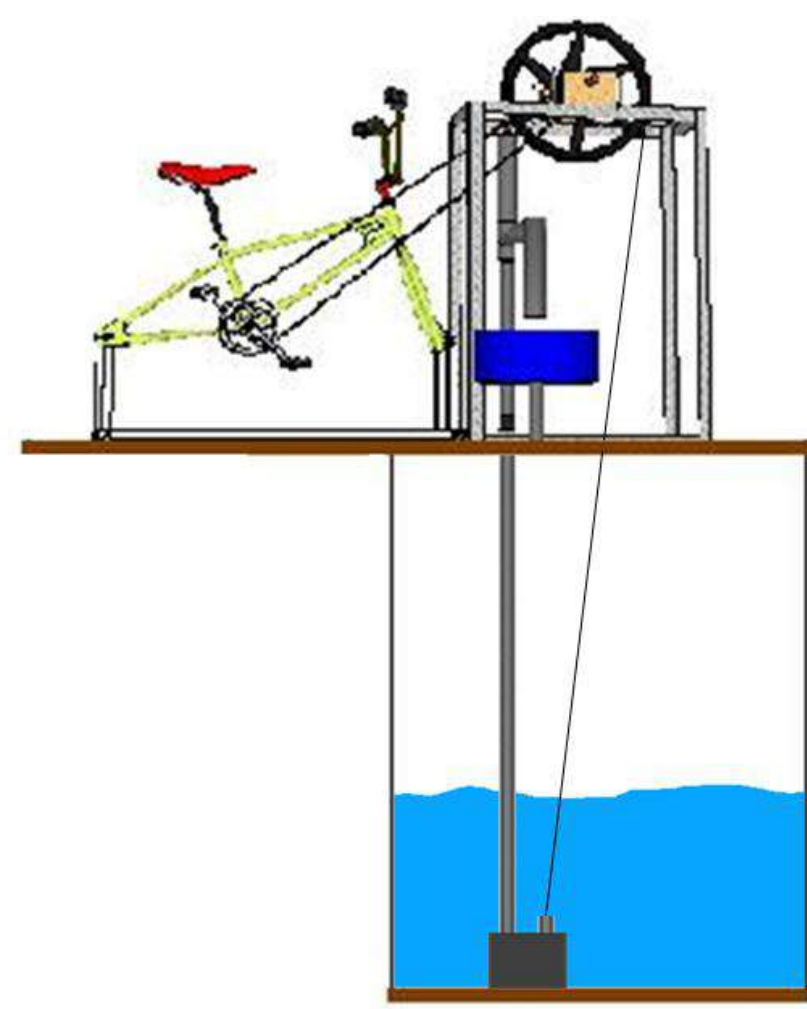
PROBLEMÁTICA ASOCIADA

Dentro del problema general del desabastecimiento de agua (tratado en otros posters de esta serie), las bombas de mecate son sistemas que unen al objetivo del abastecimiento de una unidad familiar o una pequeña comunidad el de reactivar la economía local. Las bombas de mecate pueden generar una estructura productiva local a causa de su muy bajo coste de producción y facilidad de fabricación.

FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES

En la bomba de mecate, el esfuerzo humano se aplica para hacer girar una rueda. Esto se puede hacer de diversos modos, con los brazos, mediante una manivela o con las piernas mediante los pedales y la transmisión de una bicicleta. De ambos modos, la potencia transferida al sistema depende de la fuerza empleada, del radio de la rueda y de la frecuencia de giro de la forma: $W = F \cdot 2\pi \cdot R \cdot f$. La siguiente tabla muestra valores razonables para los dos accionamientos.

En el caso de la bici, la existencia de una transmisión con dos platos permite que la frecuencia de pedaleo y la de la rueda sean diferentes.



	Brazos	Piernas
Fuerza	30–50 N	50–150 N
Radio	20–25 cm	17 cm
Frecuencia	1 Hz	60–100 rpm
Potencia	38–80 W	60–270 W

DIFUSIÓN Y POTENCIAL

La bomba de mecate ha tenido resultados diversos. En Nicaragua y en toda Centroamérica su uso es generalizado y existen talleres de reparación y personal formado. Por el contrario, su introducción en diversas regiones de África no ha sido demasiado exitosa por el momento. Sin embargo, se trabaja continuamente en rediseños.

PARÁMETROS DE DISEÑO

Existen varios diseños de la bomba de mecate. El Banco Mundial y la ONU han apoyado una especificación de dominio público denominada bomba de mecate de Madagascar. El otro diseño más habitual es la bomba de mecate nicaragüense, pero existe una gran diversidad de diseños con cierta difusión y un sinnúmero de diseños específicos para un pozo o caso concreto. Esta diversidad permite adecuarse a las características, materiales y procesos constructivos de las diferentes zonas, lo que aumenta su impacto y la hace adecuada a procesos de autoabastecimiento. Sin embargo, puede dar lugar a diseños inadecuados o simplemente erróneos, que acarrear problemas y dificultades a la población local. En este recuadro se intenta hacer un resumen de los parámetros básicos para un diseño adecuado.

1. Manivela

- El eje debe estar a la altura del pecho o de las caderas (hay cierta discusión) del usuario típico. Otras posiciones, más elevadas o más bajas, dificultan mucho el trabajo al bombear.
- Debe ser de material resistente y lo más corta posible (unos 23 cm para el apoyo de las manos). Esto evita roturas habituales al colgarse de ella, jugando.
- El radio de la manivela debe ser similar al de la rueda, para evitar velocidades altas de la cuerda (entre 1 y 2 m/s es correcto, para minimizar rozamiento y desgaste). Se suele hablar de un radio de la manivela una pulgada mayor que el radio de la rueda, citando motivos ergonómicos. Al emplear una bicicleta se intentará elegir dos platos con una relación que mantenga estas velocidades de rueda.
- En la zona de colocación de las manos se añade un tubo exterior, libre y de diámetro adecuado para el agarre, que permite dar vueltas a la manivela sin que rote el tubo.

2. Cojinetes

- Los más comunes son de madera (preferible) o metálicos. Ante un fallo de lubricación, la madera rechina, pero no se rompe.
- La holgura entre el cojinete y el eje de la manivela debe estar entre 0,5 y 0,8 mm para asegurar una correcta lubricación.
- La longitud de los cojinetes debe asegurar el alineamiento. Por encima de 7 cm con la holgura previa es suficiente.
- Algunos cojinetes metálicos cuentan con un taladro de engrase. Se suele optar por diámetros de unos 6 mm, para permitir la entrada de aceite pero no la de agua de lluvia.
- Para una buena lubricación de los cojinetes de madera se sumerge la madera seca en aceite a unos 100 °C un tiempo variable (entre 10 minutos y varias horas, hasta que deje de desorber gas).

3. Rueda

- Radio variado, pero habitualmente entre 200 y 300 mm.
- La goma (de neumático) debe asegurar la fricción lateral con la cuerda, lo que permite disminuir la tensión de la misma, que debe quedar suelta, disminuyendo la fricción, en especial en el sistema de fondo de pozo.

4. Soporte estructura exterior

- Preferentemente de acero galvanizado. La distancia entre los dos soportes no debe ser mayor de 18 cm.

5. Tubería de salida

- Debe quedar a una altura en que quepa ajustado un cubo, para evitar salpicaduras, y sin grandes voladizos.

6. Tubería de impulsión

- De PVC. El diámetro varía entre 20 y 50 mm en función de la profundidad. Se sugiere mantener la relación $H \cdot D^2 \approx 6 \cdot 10^{-3} m^3$.

7. Pistones

- La holgura entre pistón y tubería debe estar entre 0,5 mm (para no arrastrar arena o sedimentos) y 1 mm.
- Distancia entre pistones de 1 m. Disminuirla mejora poco el rendimiento volumétrico y aumenta la fricción.

8. Cuerda (mecate)

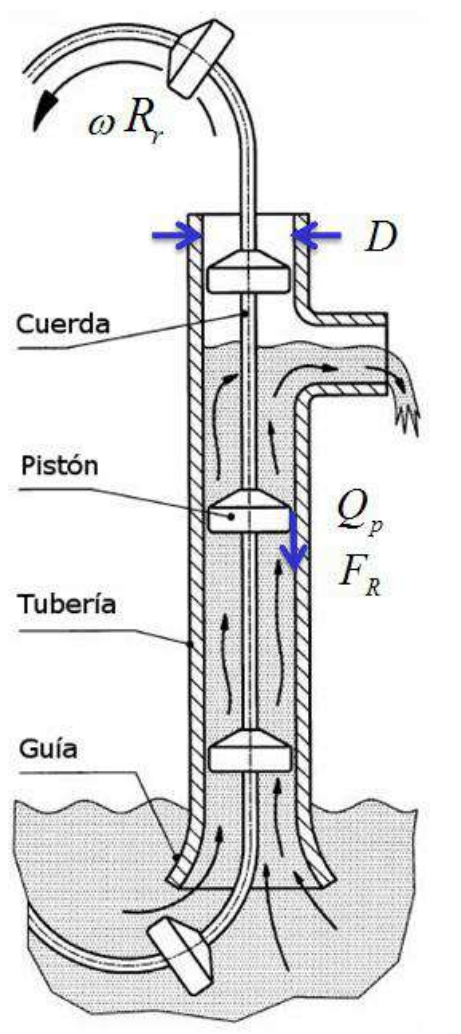
- Nudos que eviten en lo posible la desalineación de la cuerda.
- Material según disponibilidad (polietileno, polipropileno o nylon trenzado). Diámetro entre 4 y 8 mm.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

FUNCIONAMIENTO

El movimiento de giro sobre la manivela se transmite a la rueda y de ella a la cuerda, al aplicar una fuerza que venza el peso de la columna de agua. El movimiento de la cuerda y de los pistones a lo largo de la tubería de impulsión eleva un caudal de agua. Dicho caudal, en primera aproximación, es el producto entre la velocidad del agua en la tubería (la velocidad de los pistones) y la sección de la misma. Se puede despreciar el espacio ocupado por cuerda y pistones dentro de la tubería (~ 2%), pero hay que considerar el caudal de pérdidas Q_p , debido a que el cierre de los pistones no es estanco. Por otro lado, la fuerza necesaria para elevar la cuerda debe tener en cuenta el peso de la columna de agua, pero también las fuerzas de rozamiento F_R entre el pistón y la rueda, la caja guía y la tubería de impulsión. Esto da lugar a las siguientes ecuaciones:

$$Q = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{V_{C+P}}{H} \right) \omega R_r - Q_p \quad F = \rho g H \frac{\pi D^2}{4} + F_R$$



El diseño de los pistones y de la bomba en general debe tratar de minimizar el caudal Q_p , evitando al mismo tiempo un aumento de las fuerzas F_R que hiciera imposible el proceso de bombeo. Las especificaciones de la bomba dan datos de caudal para una potencia de 75 W. Potencias de entre 30 y 60 W parecen más realistas, por lo que hemos añadido una estimación de los caudales en esas condiciones en la siguiente tabla:

Altura	5 m	10 m	15 m	30 m
Caudal (para 75 W)	35 l/min**	23 l/min*	18 l/min*	12 l/min*
Caudal estimado (para 60 W)	35 l/min**	23 l/min**	15 l/min**	10 l/min**
Caudal estimado (para 30 W)	25 l/min**	15 l/min**	10 l/min**	5 l/min**

Tabla 1. Caudales aportados en función de la altura de bombeo y la potencia disponible (* Baumann 2000; ** estimación propia).

INSTALACIÓN EN EL LTA

ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS: MODELOS Y ESPECIFICACIONES DISPONIBLES

La instalación del LTA está diseñada con propósitos docentes y de investigación. El diseño incluye partes de los diferentes diseños habituales (Madagascar y Nicaragua).

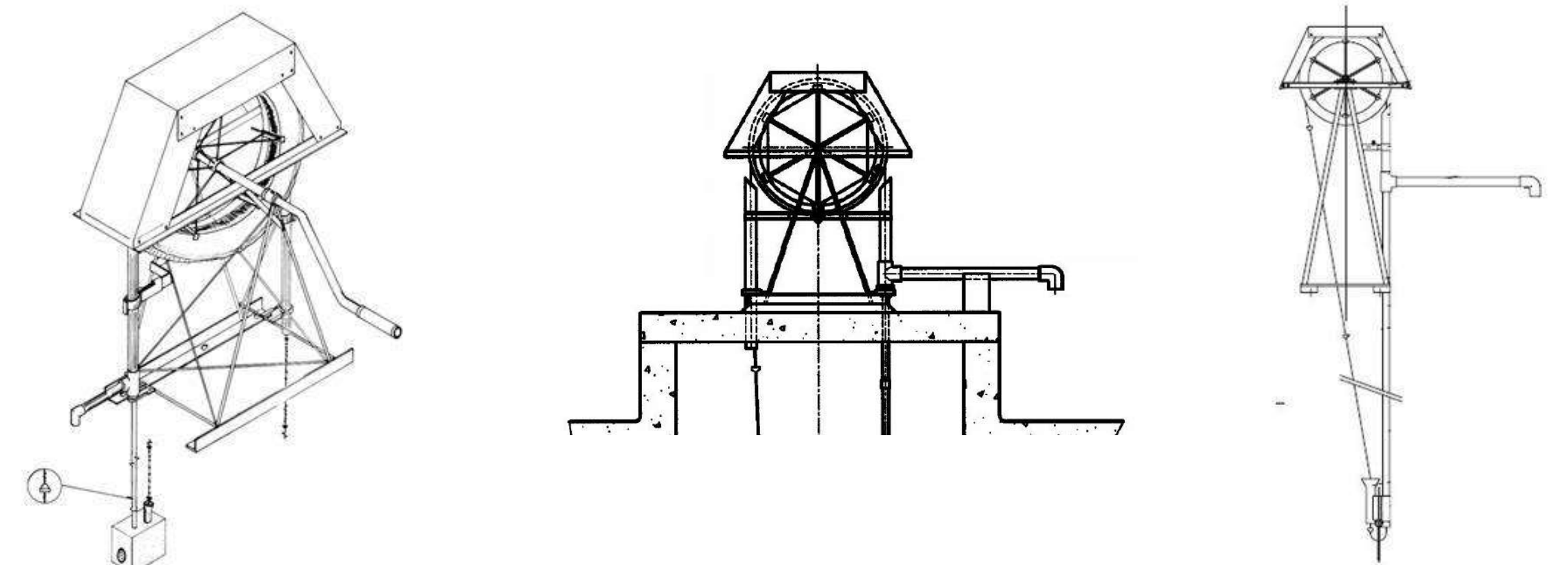


Fig. 1: Nicaragua, Madagascar y A-model

INSTALACIÓN ACTUAL

La bomba cuenta con una tubería de subida en PVC transparente para visualizar los pistones. Se pueden ensayar diferentes accionamientos: con los brazos (manivela), con las piernas (bicicleta, cadena y platos) o mediante un motor eléctrico controlado. La rueda tiene asociado un freno que permite simular el funcionamiento de la bomba a diferentes alturas.



Fig. 2: Diferentes accionamientos de la instalación

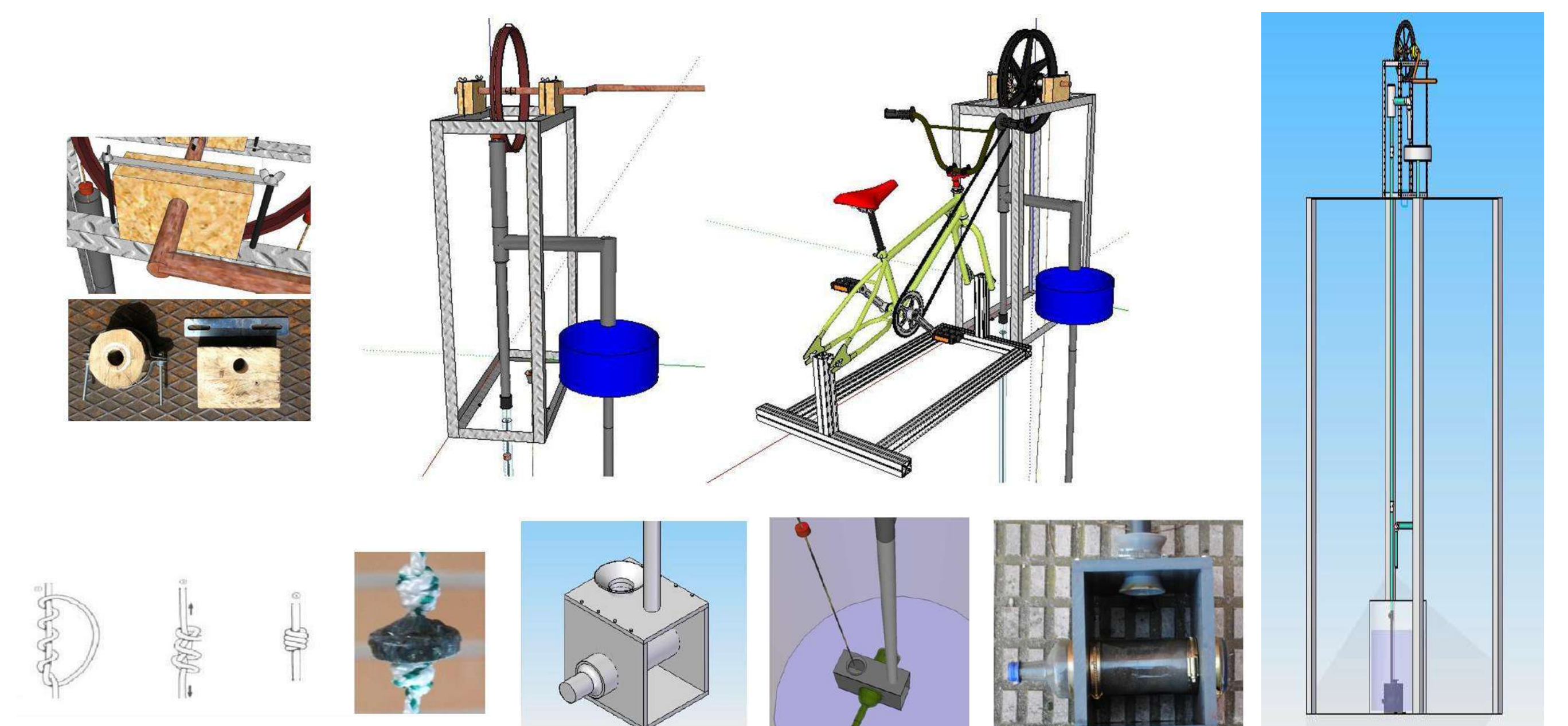


Fig. 3: Diferentes detalles constructivos de la instalación