# Explotación de un acuífero

# Aguas subterráneas

**UNIDAD 6**

A. Métodos de perforación: sistemas utilizados. Pozos productores. Equipos. Herramientas utilizadas, trépanos, ensanchadores, rectificadores.

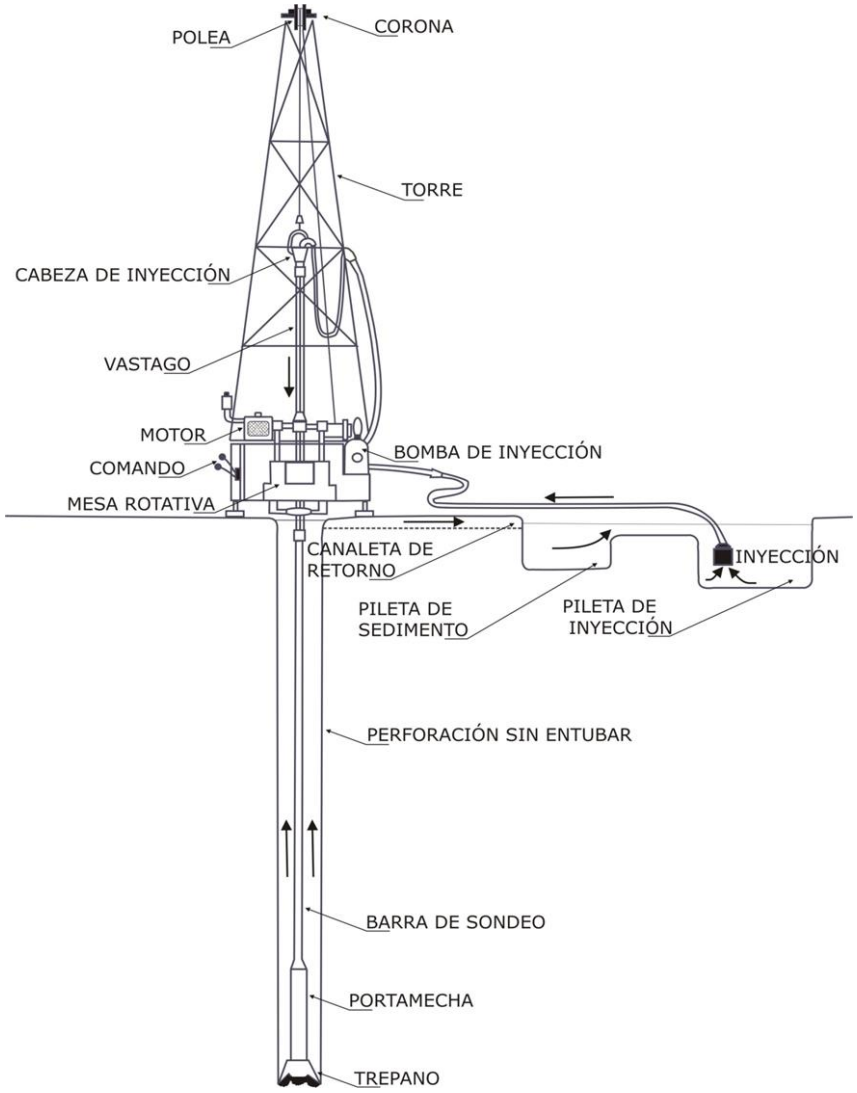
**B. Entubación de la perforación. Materiales. Cañerías utilizadas. Filtros utilizados, sus características y tipos. Maniobras de entubación y engravado de filtros.**

**C. Aislamiento de acuíferos por cementación, fundamentos para su realización. La comunicación entre acuíferos, distintas causas: sobreexplotación, fallas en las cementaciones, roturas en las cañerías de aislamiento. Técnicas utilizadas para cementación. Herramienta de cementación, válvulas. Operaciones y maniobras de campo.**

**D. Terminación de Pozos: Limpieza del pozo. Métodos de Desarrollo de pozos. Test Pozo.**

*E. Abandono de perforaciones.* Causas. Cegado de pozos. Materiales y maniobras.

# Perforación de pozos para extracción de aguas subterráneas




## Maniobras

- Perforación exploratoria
- Perfilaje eléctrico
- Ensanche
- **Entubación**
- **Cementación**
- **Engravado**
- **Limpieza**
- **Desarrollo**

# Entubación

Procedimiento por el cual se introduce en el pozo perforado una columna de tubos o **caños** (**acero** o PVC) unidos entre sí (por **soldadura eléctrica** o por rosca), con la finalidad de permitir el ingreso del agua desde el/los acuífero/s a explotar al interior de la cañería, a través de una zona de admisión (filtros).





# Entubación

La columna de entubación puede ser toda de **un solo diámetro** o de **más de un diámetro**; en este caso decrecientes de superficie a fondo (telescópica).



**Reducciones**



# Entubación













# Entubación









# Entubación





# Entubación

Cepo



Mordazas



Bastidor





# Entubación



# Cementación

(tapón y ventana)

Terminada la maniobra de entubación, se **bajan barras** (sin TR ni PM) justo por encima de la válvula de cementación y se arma el **cabezal de inyección** en boca de pozo.

Se deja el pozo "**circulando**"; se circula inyección para asegurar que el espacio anular sobre la válvula este abierto.

Una vez comenzada la cementación, la **maniobra** debe ser **continua** (una sola maniobra), inyectando la lechada de cemento a presión desde abajo hacia arriba, con la bomba de lodo del equipo.

# Cementación

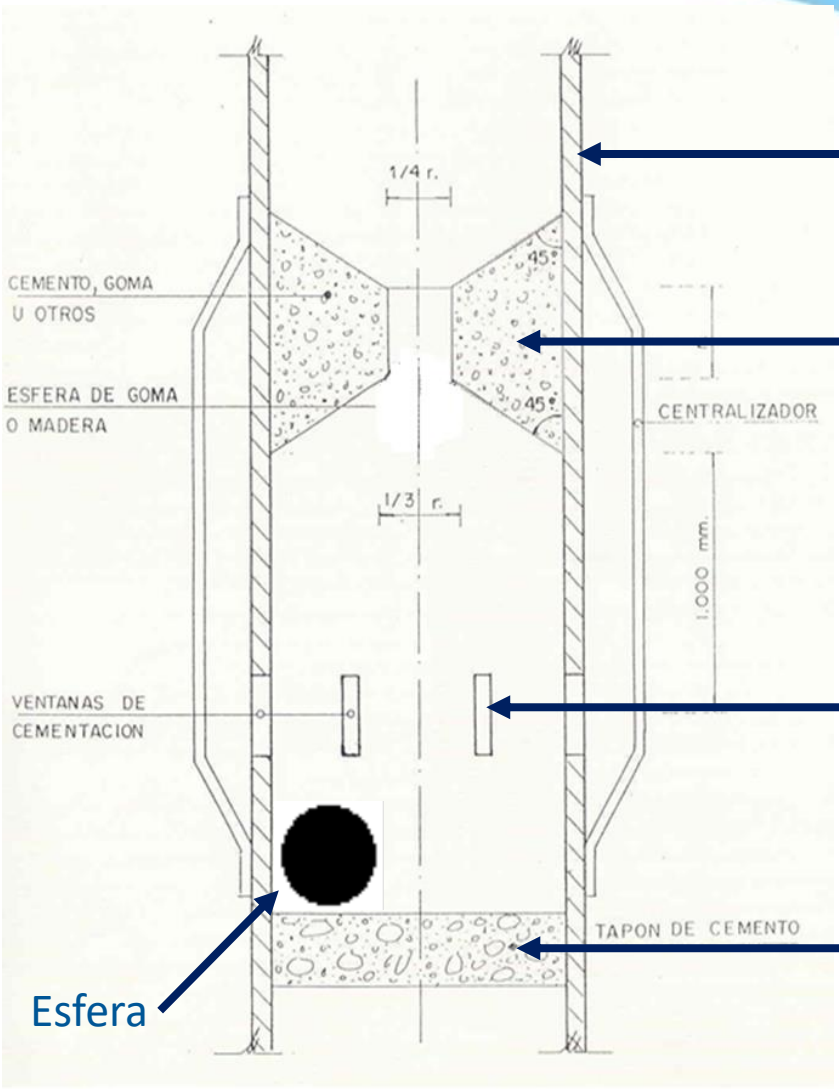
Inyectado el volumen de lechada calculado, se circula con inyección para desplazar el cemento y que ascienda por el espacio anular. El desplazamiento termina cuando sale cemento por el espacio anular en superficie.

Se comprueba el cierre de la válvula.

Se retira el cabezal de cementación y el sondeo.

Se deja el pozo “en fragüe”, sin maniobras, durante un tiempo mínimo de 72 hs.

# Válvula de cementación



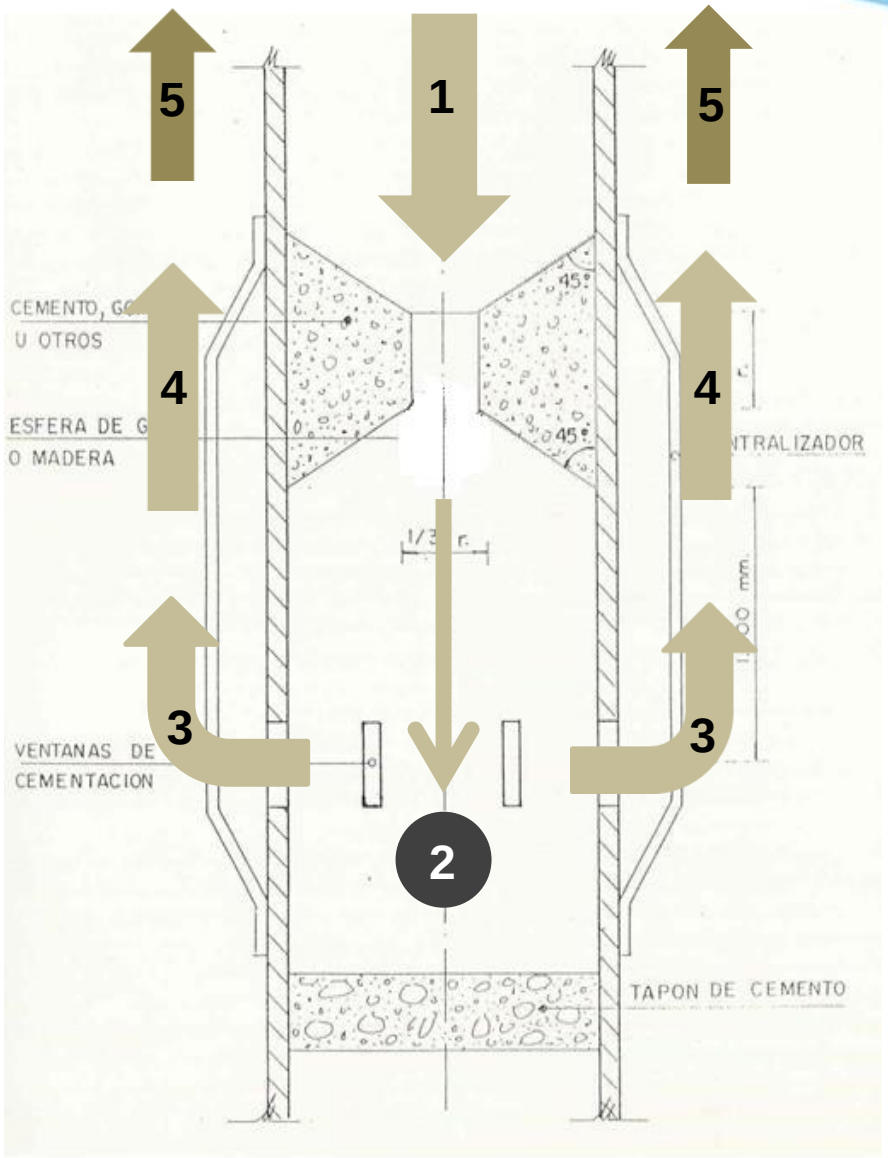

Caño de acero

Garganta de cemento (hormigón)

Ventanas

Tapón de cemento (hormigón)

# Válvula de cementación




1.- Ingreso de cemento

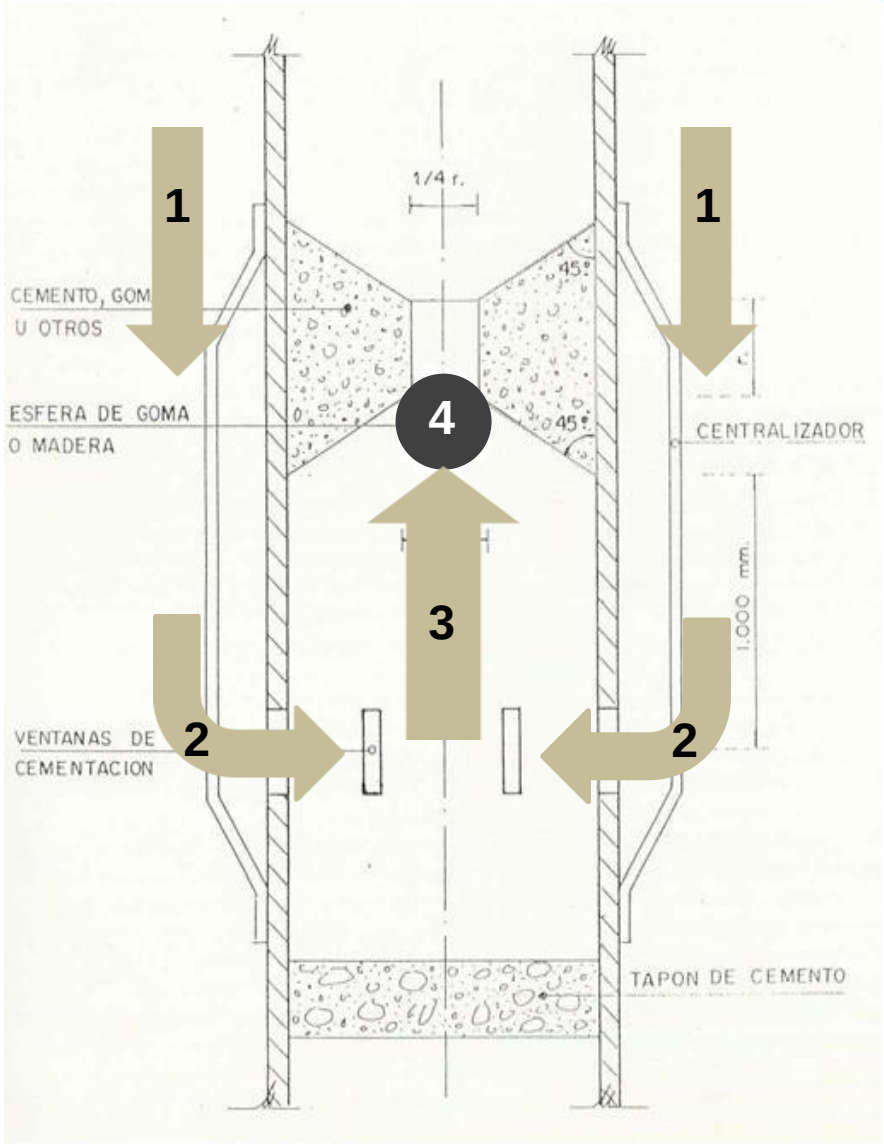
2.- Apertura de “válvula esférica”

3.- Salida de cemento

4.- Circulación de cemento

5.- Desplazamiento de lodo

# Válvula de cementación




1.- Retroceso de cemento

2.-Ingreso de cemento

3.- Desplazamiento de cemento

4.- Cierre de válvula esférica

# Válvula de cementación – Tapón / Ventanas











# Válvula de cementación – Garganta (asiento)









# Cabezal de cementación

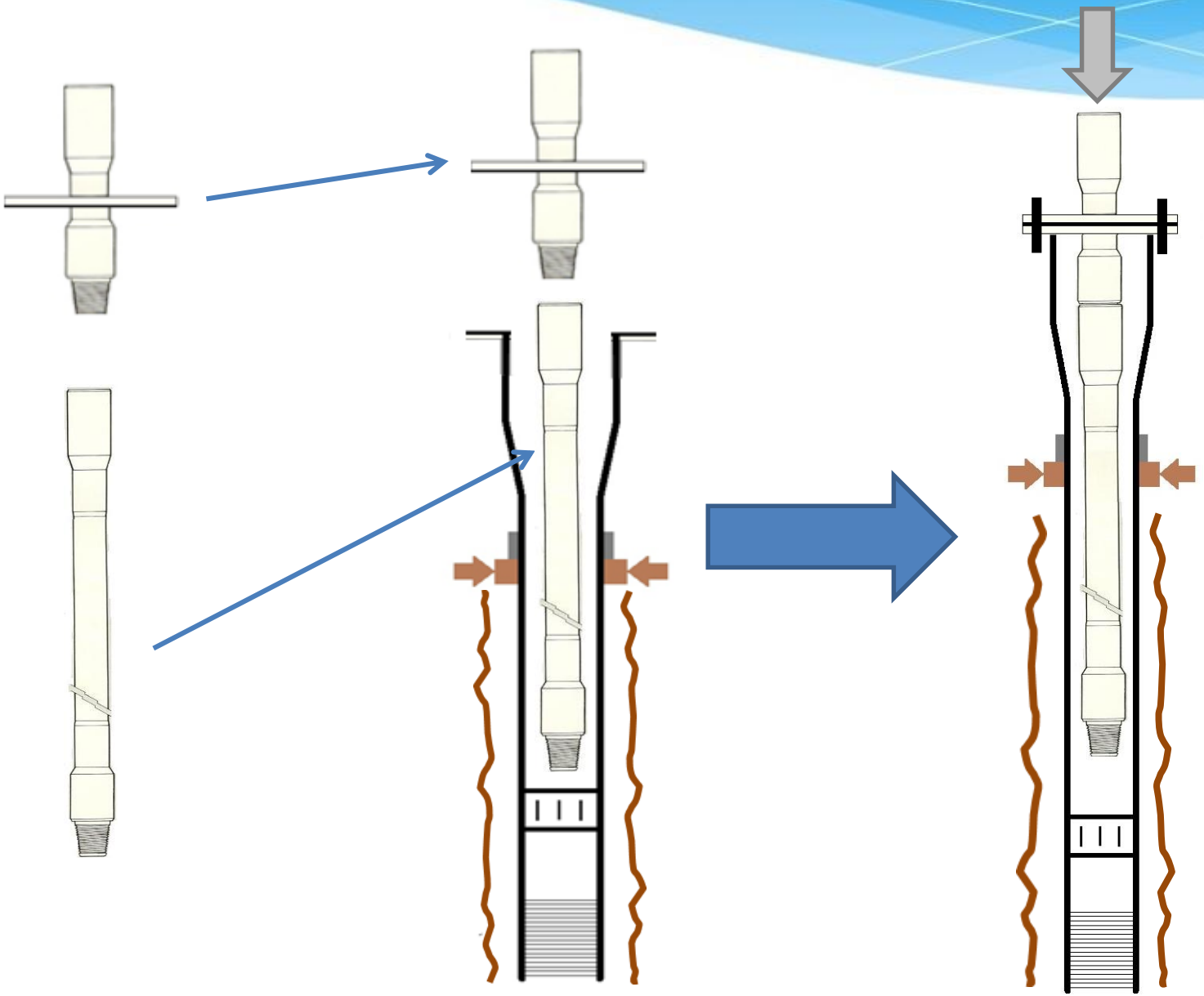








# Cabezal de cementación



# Cementación

Lechada de cemento → Pileta



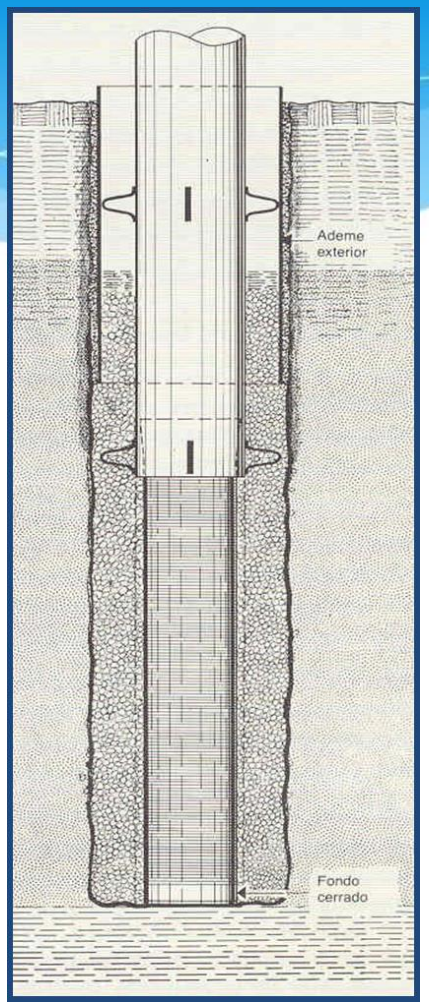


# Engravado

**No se intercala la válvula de cementación** en la columna de entubación.
Se deben colocar **centralizadores** en la cañería.

Terminada la maniobra de entubación, se bajan barras (sin TR ni PM) hasta la profundidad de los filtros y se circula, de **abajo hacia arriba**, con **agua limpia** para desplazar el lodo del espacio anular.

Una vez limpio el espacio anular se continúa bombeando agua. A la vez, desde superficie, se deja caer por el espacio anular la grava seleccionada, paulatinamente.




Se debe bombear a un **régimen** tal que posibilite que la grava descienda en contracorriente y no sea ni arrastrada hacia arriba por la corriente de agua ni que caiga tan rápido que se puedan formar “tapones o puentes” de grava que eviten que ésta se distribuya uniformemente frente a los tramos de filtros.

# Engravado





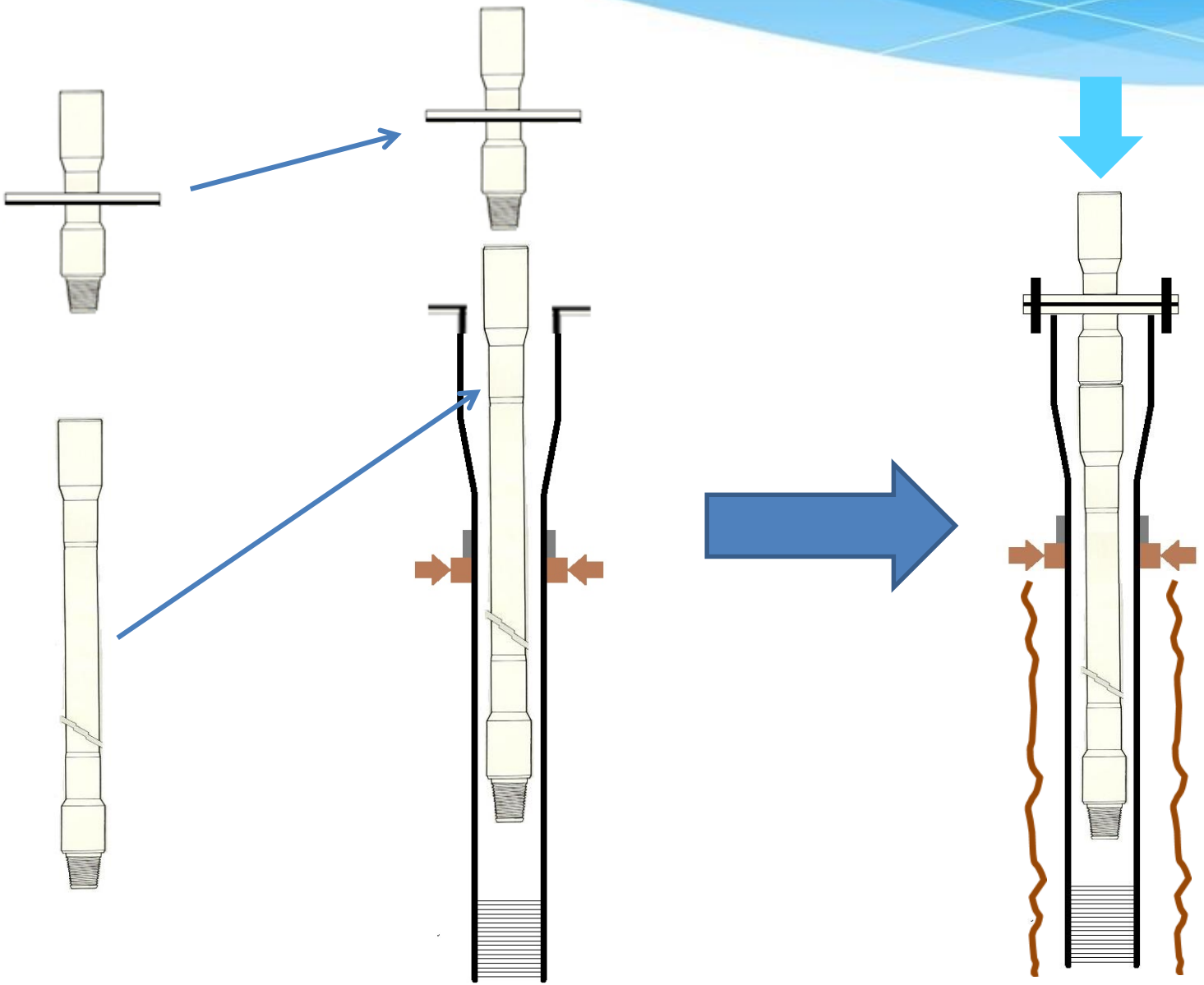


# Engravado





# Cabezal de engravado



# Engravado

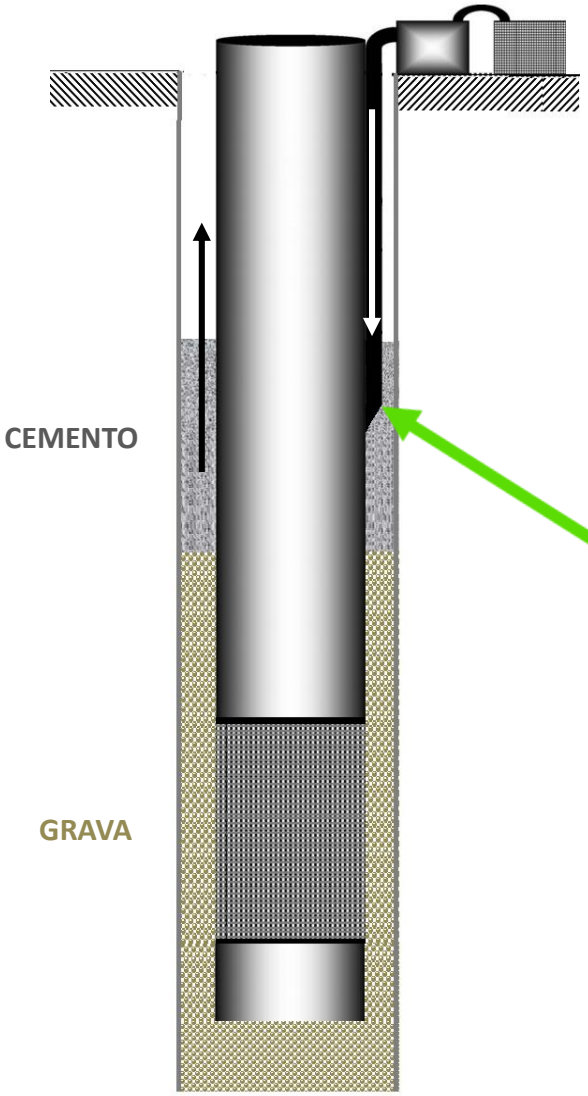






# Cementación + Engravado

## Método de cañería perdida








# Limpieza

# y

# Desarrollo

# Limpieza

Consiste en extraer los materiales ingresados a la **PERFORACIÓN** durante su ejecución.

- Finos incorporados a la inyección al atravesar capas limosas y/o arcillosas
- Finos agregados artificialmente (bentonita)

Los tamaños finos pueden eliminarse:

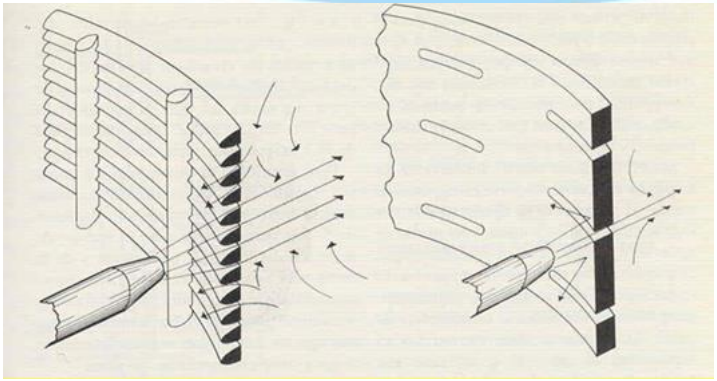
- Circulación con agua limpia

# Métodos

## Limpieza

### Jeteo (chorro de alta velocidad)

- Dispositivo para producir el chorro horizontal (jet)
- Bomba para producir la alta presión requerida



La energía de los chorros agita y reacomoda las partículas de formación frente a los filtros y desprende y dispersa el revoque producido por el lodo

Generalmente se agregan **Polifosfatos de Na**; dispersan las partículas de arcilla incorporadas naturalmente o agregadas con la inyección

La acción de los chorros se concentra en un área pequeña ⇒ se puede actuar selectivamente sobre cada parte de filtros

Sencillo de aplicar

Se sube y se baja el jet frente a los filtros a razón de 1 m/min

# Métodos

## Jeteo (chorro de alta velocidad)





# Métodos

## Jeteo (chorro de alta velocidad)





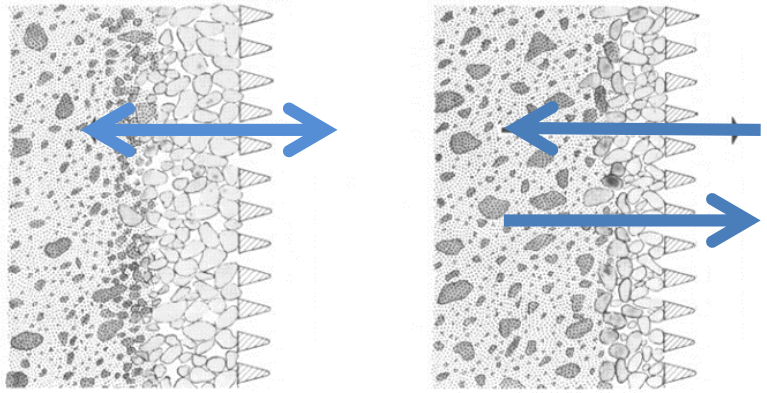
# Desarrollo

Consiste en eliminar los materiales finos (limo y arcilla) del **ACUÍFERO**, logrando la apertura de los canales de la formación para el ingreso libre del agua

Generar un **flujo** de **direcciones contrarias**:

- Hacia fuera del filtro para facilitar la movilización de las partículas
- Hacia adentro del filtro para que sean arrastradas al interior del pozo y puedan ser extraídas

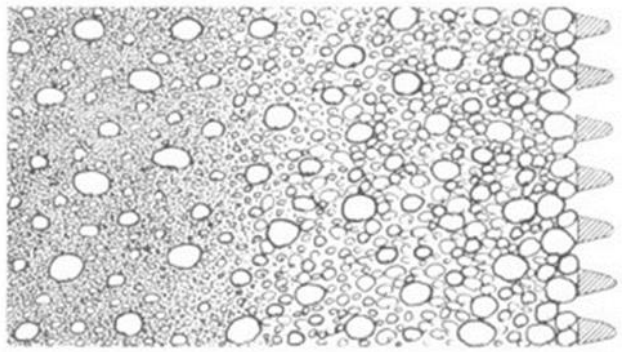
Realizar un **correcto desarrollo** es **fundamental** para lograr el **máximo rendimiento** de la perforación, favoreciendo su vida útil

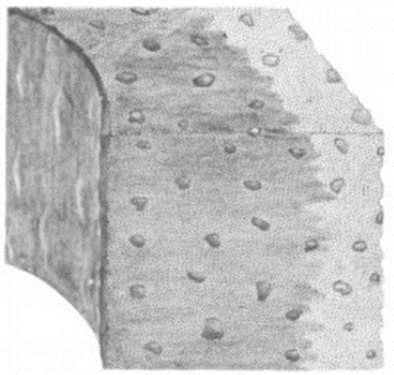


# Desarrollo

## VENTAJAS

1. Aumenta porosidad y permeabilidad de la formación en los alrededores del pozo
2. Estabiliza la formación, logrando una granulometría más gruesa y uniforme alrededor de los filtros
3. Repara posibles daños y obstrucciones ocurridas en el acuífero durante la perforación (método rotary / lodos de perforación)





## Métodos

- **Aire comprimido**
- **Pistoneo**
- **Sobrebombeo**

# Métodos

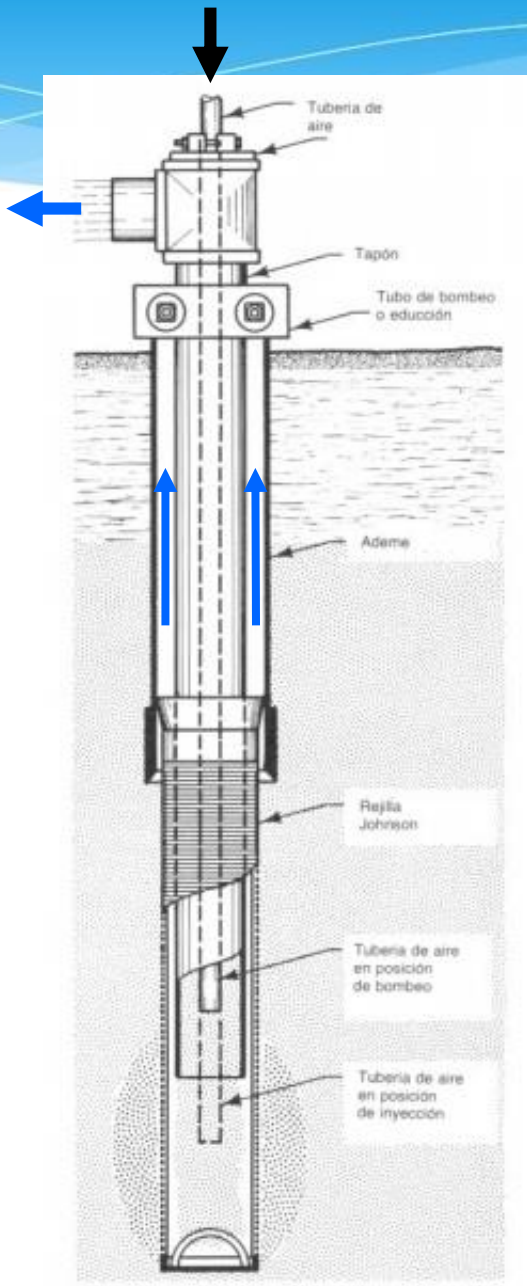
## Desarrollo

### Compresor (aire comprimido)

El aire inyectado burbujea en el agua, la gasifica y al perder densidad (sumado a la presión), el agua asciende por dentro de la tubería, desplazando el agua hasta la superficie.

Se inyecta aire comprimido a una presión superior a la necesaria para vencer la columna líquida; por la tubería ascenderá una mezcla de agua-aire hasta una altura tal que los pesos en el interior y en el exterior se equilibren.

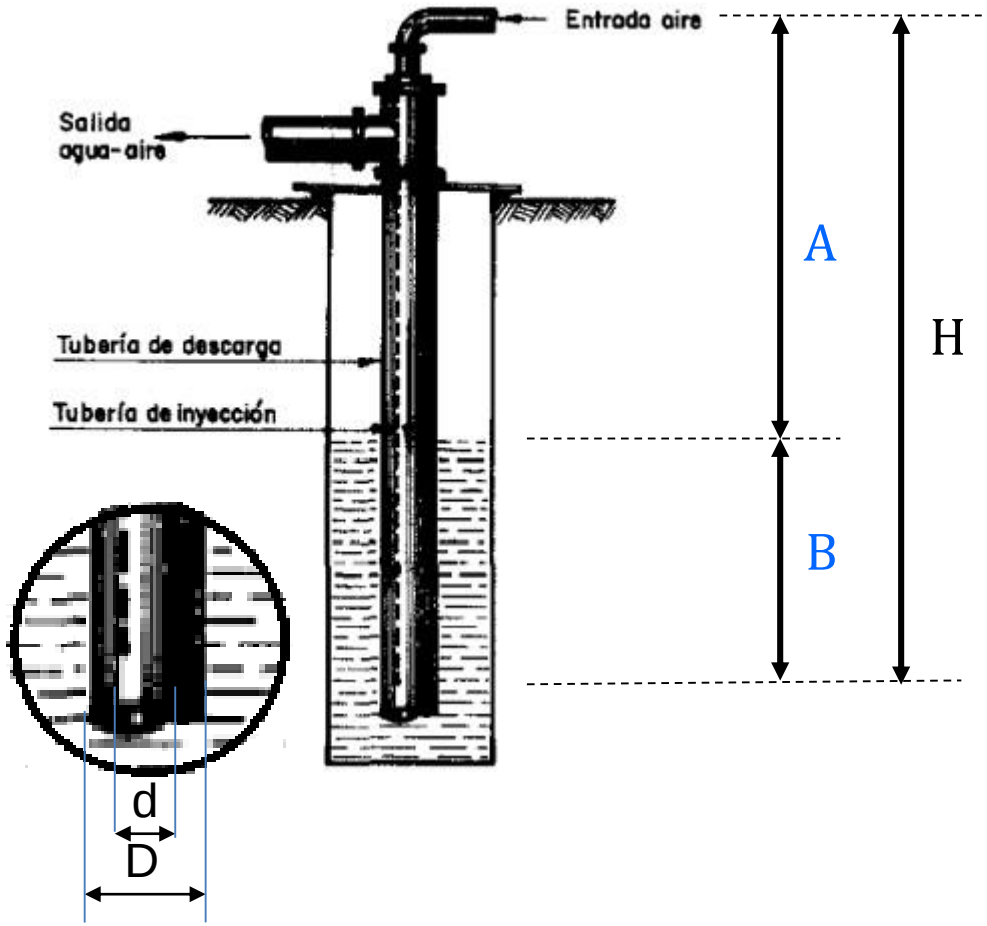
Cuando la inyección de aire pierde empuje, la columna de agua cae abruptamente, saliendo de la tunería de bombeo y pasando por el filtro hacia la formación.



# Métodos

## Desarrollo

### Compresor (aire comprimido)




Sumrgencia $$S = \frac{B}{A+B}\ 100$$

Máximo 75%
Mínimo 30%
Más conveniente 60/65% (experimental)

Los **diámetros** de las **tuberías de agua (D) y aire (d)** deben guardar una cierta **relación** para que las velocidades del agua y del aire sean las más convenientes, evitando pérdidas de carga importantes

$$\frac{D}{d}\ \text{fn caudal}$$

# Métodos

## Aire comprimido (compresor)



https://www.youtube.com/watch?v=TYc0Q2Qgraw

# Métodos

## Aire comprimido (compresor)



# Métodos

## Aire comprimido (compresor)



# Métodos

## Aire comprimido (compresor)









# Métodos

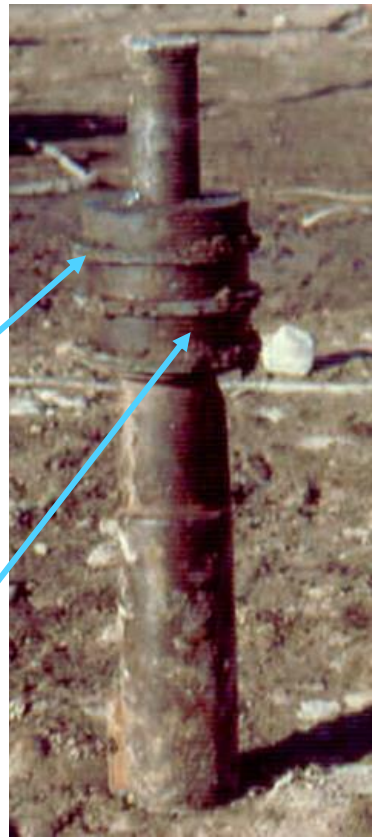
## Desarrollo

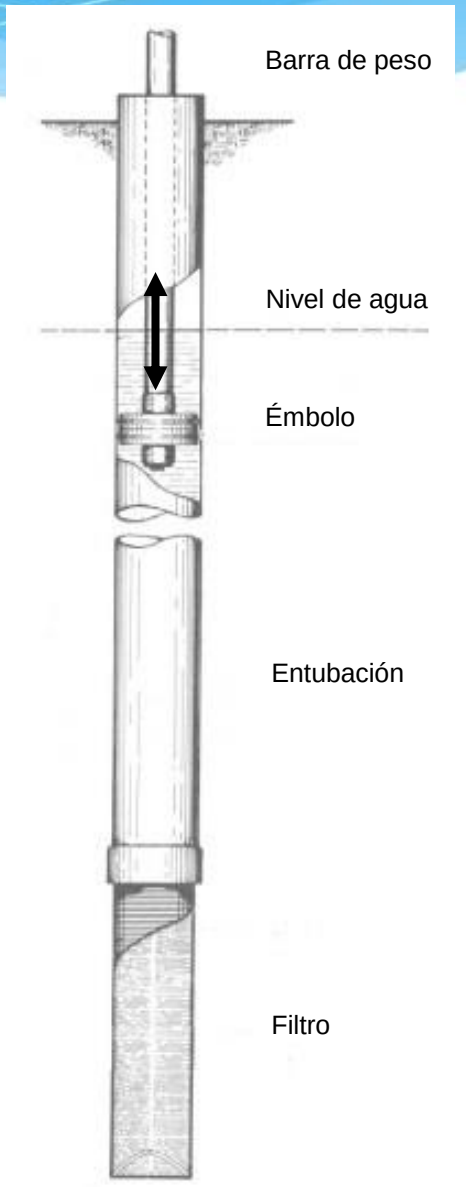
### Pistoneo (agitación mecánica)

Consiste en introducir un émbolo por dentro de la entubación, sumergirlo entre 3m y 5m por debajo del nivel de agua, pero por sobre el extremo superior de los filtros.

Para producir la agitación se levanta el émbolo y se deja caer, repetidamente, durante un cierto tiempo.

Luego se retira el émbolo y mediante cuchareo o bombeo se retira la arena y/o finos que ingresaron a la perforación.






**Discos de goma** o cuero que se ajustan al diámetro interior de la cañería, entre **placas de acero** o madera

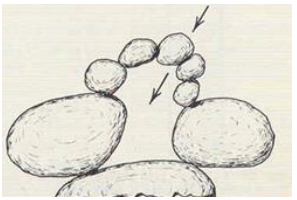
# Métodos

## Desarrollo

### Sobrebombeo (bomba de sacrificio)

Consiste en bombear el pozo a un **caudal elevado** (mayor al que se estima utilizar durante la explotación) creando un gran descenso y un gradiente que produce el arrastre de partículas finas

Procedimiento sencillo para eliminar los finos de la formación productiva, pero para pozos grandes, por sí solo no es suficiente para la estabilización total de la formación (puentes de arena)



Contralavado: bombear agua hasta la superficie, parar la bomba y dejar que la columna de agua dentro de la cañería de impulsión descienda bruscamente (sin válvula de retención). Se repite este proceso hasta que aclare el agua

Bomba: suficiente capacidad para operar a ese mayor caudal. Bomba de sacrificio Girostática (transmisión a eje); permite regular las rpm e incrementarlas paulatinamente. Ocasionalmente bomba electrosumergible

PRECAUCIÓN: puede ocasionar derrumbes

# Métodos

## Desarrollo

Sobrebombeo (bomba de sacrificio)





# Métodos

## Desarrollo

Sobrebombeo



# Test de pozo

Se realiza una vez finalizado el desarrollo primario

## Parámetros:

- Nivel estático (NE) m
- Nivel dinámico (ND) m
- Caudal (Q) $m^3/h$

Depresión ($\Delta h$) = NE - ND

Índice de productividad o Caudal específico

$$q = \frac{Q}{NE - ND} \qquad \left( \frac{m^3/h}{m} \right)$$

# Test de pozo

## Elementos:

- Bomba de profundidad
- Sonda Piezométrica
- Cronómetro
- Medidor de caudal

} Data logger o diver




- Placa orificio
- Caudalímetro
- Regla aforadora








| Tiempo | | Lectura (mbbp) | | Nivel |
|---|---|---|---|---|
| (min) | (seg) | Bruta | Corregida | |
| 0 | 0 | 80,09 | 79,84 | N.E. |
| 1 | 60 | 91,38 | 91,13 | N.D. |
| 2 | 120 | 91,95 | 91,7 | N.D. |
| 3 | 180 | 92,21 | 91,96 | N.D. |
| 4 | 240 | 92,33 | 92,08 | N.D. |
| 5 | 300 | 92,4 | 92,15 | N.D. |
| 6 | 360 | 92,47 | 92,22 | N.D. |
| 7 | 420 | 92,52 | 92,27 | N.D. |
| 8 | 480 | 92,57 | 92,32 | N.D. |
| 9 | 540 | 92,6 | 92,35 | N.D. |
| 10 | 600 | 92,66 | 92,41 | N.D. |
| 15 | 900 | 92,73 | 92,48 | N.D. |
| 20 | 1200 | 92,78 | 92,53 | N.D. |
| 25 | 1500 | 92,83 | 92,58 | N.D. |
| 30 | 1800 | 92,86 | 92,61 | N.D. |
| 45 | 2700 | 92,93 | 92,68 | N.D. |
| 60 | 3600 | 93,01 | 92,76 | N.D. |
| 75 | 4500 | 93,04 | 92,79 | N.D. |
| 90 | 5400 | 93,07 | 92,82 | N.D. |
| 105 | 6300 | 93,07 | 92,82 | N.D. |
| 120 | 7200 | 93,07 | 92,82 | N.D. |

Caudal = 223 m3/h (a= 85 cm)

# Test de pozo

## Medidor de caudal:

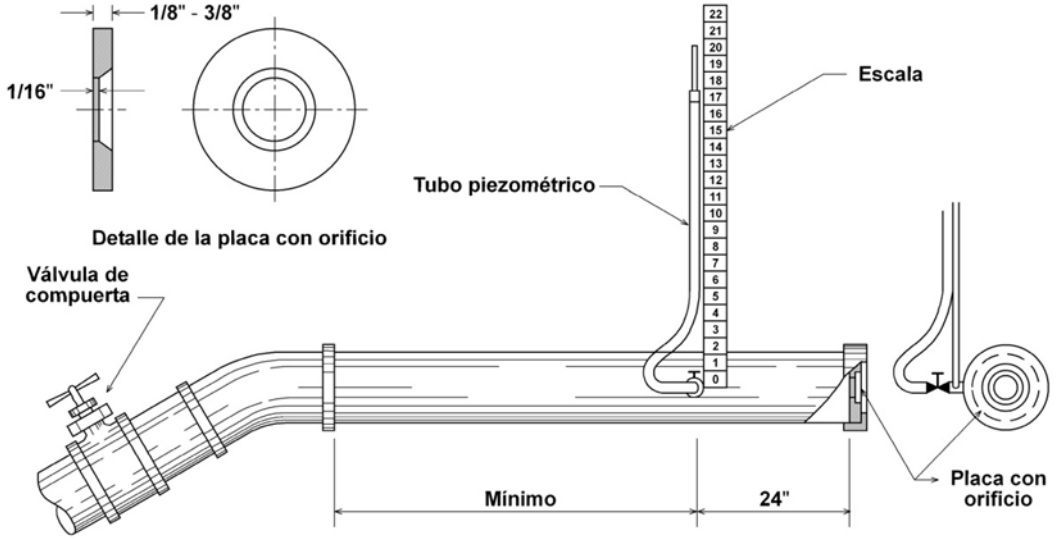
- Placa orificio

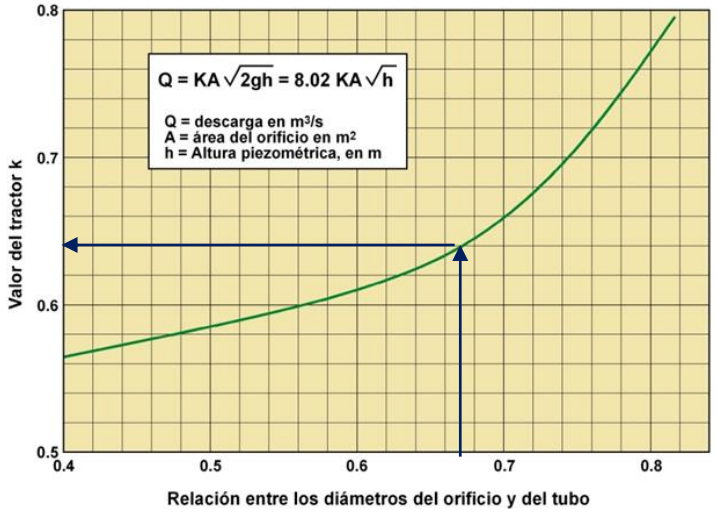


$\phi_C$ = 3”; $\phi_O$ = 2”; h = 48 cm

R = 3”/2” = 0,67  K = 0,64

Q = 3,8 l/s = 13,7 $m^3$/h



# Test de pozo

## Medidor de caudal:

- Placa orificio



# Test de pozo

## Medidor de caudal:

- Caudalímetro

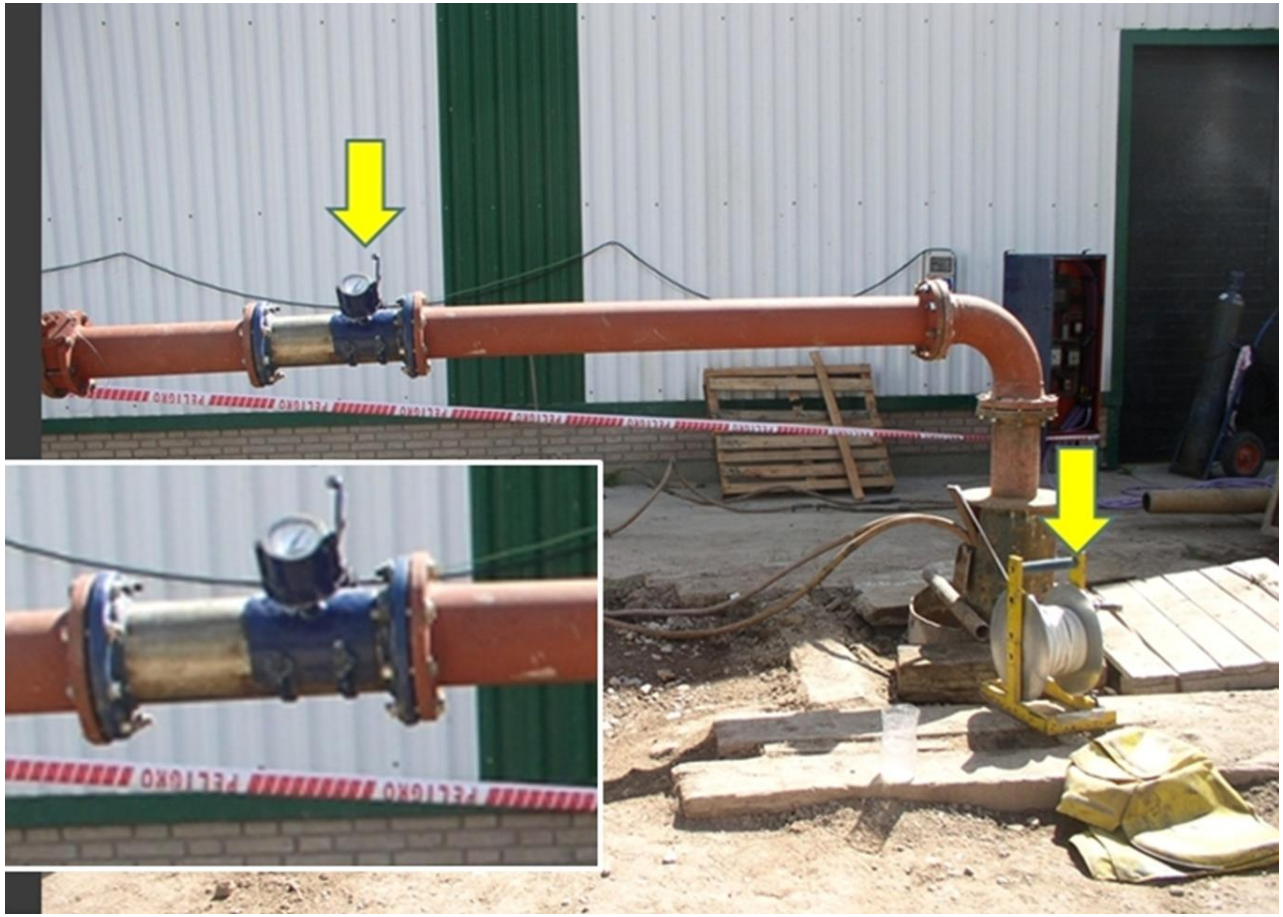





# Test de pozo

## Medidor de caudal:

- Caudalímetro



# Test de pozo

## Medidor de caudal:

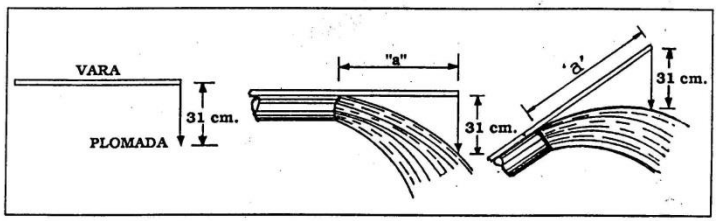
- Regla aforadora



Φ = 6”
a = 85 cm

→ 223 m³/h

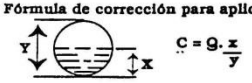
**METODO PARA DETERMINAR CAUDAL HORA**




**CAUDAL Q EN LTS/HORA - CUANDO EL CAÑO FLUYA LLENO**

| a. mm. | 3" | 4" | 6" | 8" | 10" |
|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 09.795 | 17.565 | | | |
| 175 | 11.427 | 20.462 | | | |
| 200 | 13.060 | 23.420 | | | |
| 225 | 14.262 | 26.347 | 59.152 | | |
| 250 | 16.325 | 29.275 | 65.725 | | |
| 275 | 17.957 | 32.202 | 72.297 | 128.590 | |
| 300 | 19.590 | 35.130 | 78.870 | 140.280 | 219.150 |
| 325 | 21.222 | 38.057 | 85.442 | 151.970 | 237.412 |
| 350 | 22.055 | 40.985 | 92.015 | 163.660 | 255.675 |
| 375 | 24.487 | 43.912 | 98.587 | 175.350 | 273.937 |
| 400 | 26.120 | 46.840 | 105.160 | 187.040 | 292.200 |
| 425 | 27.752 | 49.767 | 111.850 | 198.730 | 310.462 |
| 450 | 29.385 | 52.095 | 118.305 | 210.420 | 328.725 |
| 475 | 31.027 | 55.622 | 124.877 | 222.110 | 346.987 |
| 500 | 32.650 | 58.550 | 131.450 | 233.800 | 365.250 |
| 525 | 34.262 | 61.477 | 136.022 | 245.490 | 383.512 |
| 550 | 35.915 | 64.405 | 144.595 | 257.180 | 401.775 |
| 575 | 37.545 | 64.332 | 151.167 | 268.870 | 420.037 |
| 600 | 39.180 | 70.260 | 151.740 | 280.560 | 438.300 |
| 625 | 40.812 | 73.183 | 164.312 | 292.250 | 456.562 |
| 650 | 42.445 | 76.115 | 170.885 | 303.940 | 474.865 |
| 675 | 44.077 | 79.042 | 177.457 | 315.630 | 493.087 |
| 700 | 45.780 | 81.970 | 184.030 | 327.320 | 511.350 |
| 725 | 47.342 | 84.897 | 190.602 | 339.010 | 529.612 |
| 750 | 48.975 | 87.825 | 197.175 | 350.700 | 547.875 |
| 775 | 50.607 | 90.752 | 203.752 | 362.390 | 563.155 |
| 800 | 52.240 | 93.680 | 210.320 | 374.080 | 584.400 |
| 825 | 53.872 | 96.607 | 216.890 | 385.770 | 602.662 |
| 850 | 55.505 | 99.535 | 223.465 | 397.460 | 620.925 |
| 875 | 57.137 | 102.462 | 230.027 | 409.150 | 639.187 |
| 900 | | | 236.610 | 420.840 | 657.450 |
| 925 | | | 241.862 | 432.530 | 675.712 |
| 950 | | | 249.725 | 444.220 | 693.975 |
| 975 | | | 256.327 | 455.910 | 712.237 |
| 1.000 | | | 262.900 | 467.900 | 730.500 |

**Fórmula de corrección para aplicar cuando el caño no fluya lleno.**



# Equipamiento

