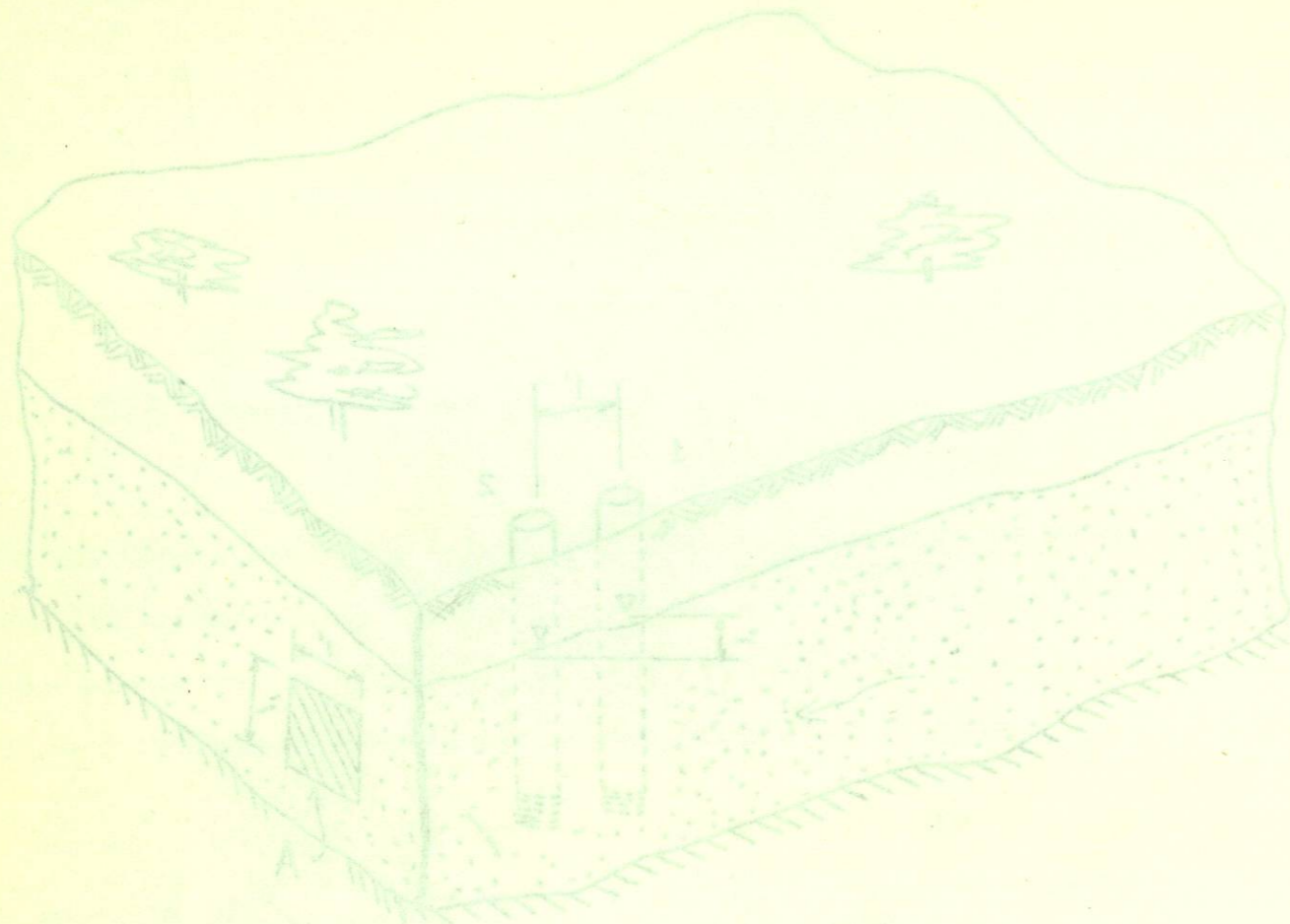


POR LA ABERTURA "A" DEL AGUIFERO PASAN UN NUMERO "X" DE PIES CUBICOS EN UN DIA BAJO UN GRADIENTE DE UN PIE POR UN PIE COMO SE VE EN LOS POZOS 1 Y 2.

FIG. 18

Aunque el coeficiente está definido para ser usado a una temperatura de 60° F, el uso práctico desprecia la corrección y se usa la temperatura del agua en ese momento. Este asunto de la temperatura es más profundo e importante de lo que se piensa sobre todo en los países donde hay grandes cambios de la misma, y aunque en el nuestro no los hay, debemos internarnos un poco en la materia pues nos aclarará ciertos conceptos.





ORIGEN DE LA ABERTURA "A" DEL ACUÍFERO PASAD EN MIERMO  
 EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CUBIERTA EN UN OJA SALO EN GRADIENTE  
 DE UN PIE POR UN PIE COMO SE VE EN LOS PISOS 1 Y 2.

Fig. 18

temperatura de 60° F. si una práctica de presión la corrección y se  
 una la temperatura del agua en ese momento. Este cambio de la tempe-  
 ratura es más profundo e importante de lo que se piensa sobre todo en  
 los países donde hay grandes cambios de la misma, y cuando en el  
 nuestro no los hay, debemos inferirnos un poco en la materia pues  
 nos ayudará ciertos conceptos.

Recordamos que lo que estamos llamando coeficiente de permeabilidad era en la fórmula de Darcy ( en cuyos experimentos él uso agua ) -  $\frac{K}{u}$  donde K era la constante de proporcionalidad que variaba con la permeabilidad del material poroso y u era la viscosidad del agua, por lo que podemos decir entonces, que el coeficiente de permeabilidad en definitiva depende no sólo de las propiedades intrínsecas del medio permeable sino también de las características del líquido empleado en su determinación, fundamentalmente su viscosidad y su peso específico, el cual por tratarse de agua subterránea prácticamente no se considera, pero sí la viscosidad que es altamente variable de acuerdo con la temperatura. Un ejemplo de esto lo tenemos en un ensayo llevado a cabo en España donde a 25° C. se obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 138 m/día y dado que se sabía que el agua llegaba a bajar hasta 10° C. en ciertas épocas del año se halló cual sería el coeficiente a esa temperatura y fue de 94.2 m/día o sea, se redujo por un cambio de sólo 15° C. a un 68% de su valor.

Para tener una idea de las distintas clases de terrenos y calidades de acuíferos según sus coeficientes de permeabilidad estamos a continuación exponiendo los valores dados por Arthur Casagrande en la Fig. 19 .



PERMEABILIDAD METROS/DIA	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>
TIPOS DE TERRENO	GRAVA LIMPIA	ARENA LIMPIA MEZCLADA CON GRAVA			ARENA FINA ARCILLOSA MEZCLADA CON LIMO Y ARCILLA			ARCILLAS NO METEORIZADAS			
CALIFICACION	BUENOS ACUIFEROS				ACUIF. POBRES			IMPERM.			
COMO DRENAN	B I E N				M A L			NO DRENAN			

FIG. 19

II-5 Campo de aplicación de la Ley de Darcy.

Darcy, como se sabe, comprobó en un medio poroso la ley de Poiseuille, el cual había establecido, (recuérdese la fórmula  $V = \frac{1}{8\mu} \frac{r^4}{L} (h_1 - h_2)$ ), que en el flujo laminar, tal como el del agua que se mueve a través de tubos capilares, la velocidad del agua es proporcional a la primera potencia del gradiente hidráulico.

Darcy, al enunciar su fórmula ( $V = -K \frac{h_1 - h_2}{L}$ ) también estableció que la velocidad de flujo del agua en el medio poroso por él utilizado era proporcional a la primera potencia del gradiente hidráulico.







estas fuerzas predominan sobre las de viscosidad y es a partir de ese momento cuando deja de cumplirse la ley de Darcy.

Mencionando dos de los experimentos realizados en este sentido diremos que Lindquist encontró que con un número de Reynolds de 4 ya la ley de Darcy no se cumplía, y Schneebeli por su parte encontró que con un  $N_R$  de 5 no se cumplía tampoco.

Según Jacob, en algunos pozos los valores del  $N_R$  que se crean en las proximidades de los mismos son tan altos que la ley de Darcy se sale de un límite de aplicación, pero estos fenómenos son de un carácter tan local que no afectan grandemente al cálculo de los caudales mediante la aplicación de la fórmula. El Danés Engelund también ha realizado experimentos relacionados con el flujo en la vecindad de las rejillas de los pozos.

Experiencias realizadas por Owartzendruber realizadas en 1962 indican que hay considerable desviación de la ley de Darcy en aquellos acuíferos donde hay abundante material arcilloso y coloidal, y para terminar este tema diremos que no se ha encontrado límite inferior al  $N_R$  que produzca desviación de la aplicación de la ley de Darcy, aún en acuíferos con gradientes tan mínimos como el de unos pocos centímetros en varios kilómetros.

#### II-6 Fórmula de Dupuit.

Siete años después de que Darcy publicó su monografía, Julio Dupuit de Francia fue el primer científico que desarrolló una fórmula para el flujo del agua hacia un pozo utilizando precisamente la



Ley de Darcy.

En la figura que utilizaremos para deducir la fórmula de Dupuit, y en lo sucesivo, nos encontraremos con un término no definido hasta ahora y que debemos explicar. Se trata del cono de depresión y el cual no es más que una especie de embudo que forman alrededor del pozo los niveles del agua a distintas distancias del mismo, es decir, que al extraer agua de un pozo las profundidades al agua disminuyen del pozo hacia afuera de modo que son mayores junto al pozo y menores a medida que se aleja del punto del pozo hasta que llega a un lugar donde la profundidad es la misma como si no se estuviera sacando agua, es decir, donde el nivel dinámico del agua (o sea de bombeo) es igual al nivel estático y ese lugar es el llamado límite del cono de depresión que marca también el límite de la zona de influencia del pozo a un caudal de bombeo determinado.

La figura # 20 será utilizada para deducir la fórmula de Dupuit; en ella aparece un pozo de radio  $r$ , en cuyo acuífero, por el bombeo a que está sometido, se ha producido un cono de depresión en el que la profundidad del agua en el pozo es  $s$ , el radio del cono de depresión es  $R$ , o sea, de la zona de influencia del pozo, y el espesor del acuífero es  $H$ .

- $Q$  = Caudal de bombeo en  $\text{pies}^3/\text{minuto}$
- $P$  = Coeficiente de permeabilidad en  $\text{pies}^3/\text{día}/\text{pie}^2$
- $H$  = Espesor del acuífero en pies
- $s$  = Profundidad del agua en el pozo mientras se bombea en pies.