

*Eliane*

FOL  
02465

ANEXO N° 7

USO DE TENSIOMETROS COMO METODO DE DETERMINACION DE FRE-  
CUENCIAS Y LAMINAS DE IRRIGACION.



Dr. Luis A. Gurovich  
Consultor IICA - EMBRAPA/CPATSA  
1979

Uso de tensiometros como

1979

~~FL 02651~~



34360-1

# USO DE TENSIOMETROS COMO METODO DE DETERMINACION DE FRECUENCIAS Y LAMINAS DE IRRIGACION.

Dr. Luis A. Gurovich  
Consultor IICA - EMBRAPA/CPATSA  
1979

## Medición del potencial del agua en el suelo

La medición del contenido de agua del suelo, o humedad del suelo, aunque es esencial en muchas investigaciones de Física de Suelos y de Ingeniería, no es suficiente para dar una descripción del estado del agua del suelo; para obtener una descripción de este tipo es necesaria la evaluación del estado de energía del agua del suelo (o potencial de agua del suelo, o succión). En general ambas propiedades, humedad del suelo y potencial, deben ser medidas directamente y la expresión de una en otra, en base a curvas de calibración de muestras de suelo es poco confiable.

El potencial total del agua del suelo se entiende en general como la suma del potencial matricial y del potencial osmótico y es un índice de gran utilidad para caracterizar el estado energético del agua del suelo con respecto a la absorción de agua por las plantas. La suma de las cargas (o potenciales) matriciales e hidrostáticas se conoce con el nombre de carga hidráulica o potencial hidráulico, y es de utilidad para evaluar la dirección y la intensidad de las fuerzas que causan el movimiento del agua en el perfil del suelo.

Existen métodos para determinar tanto el potencial total como el potencial matricial, tanto en forma conjunta como separados. Para medir en condiciones de campo el potencial matricial, se utilizan tensiómetros y para la medición del potencial total se hace uso de psicrómetros-termocuplas, que determinan la presión de vapor del agua del suelo.

En condiciones de equilibrio, el potencial del agua del suelos es igual al potencial del vapor de agua en la atmósfera. Se existe un equilibrio térmico y se desprecia el efecto gravitacional, el potencial del vapor es igual a la suma de los potenciales matricial y osmótico, ya que aire actúa como una membrana

semipermeable que permite solamente el paso de las moléculas de agua. A temperatura ambiente, la humedad relativa del aire se relaciona con el potencial de la siguiente forma:

$$pF = 6.5 + \log (2 - \log H.R.)$$

en que  $pF = \log$  (potencial osmótico + potencial matricial), cuando estos potenciales se expresan como cm de columna de agua.

H.R. = humedad relativa.

El tensiómetro tiene hoy en día una gran aceptación como instrumento práctico para las mediciones en terreno de la succión matricial, la carga hidráulica y las gradientes hidráulicas; las principales partes de un tensiómetro se esquematizan en la figura 3.5

---

#### Figura 1

Ilustración esquemática de las partes esenciales de un tensiómetro .

Insertar Figura.

---

El tensiómetro consiste en una cápsula porosa de material cerámico, conectado mediante un tubo a un manómetro, llenándose todas las partes con agua. Cuando la cápsula es colocada en el suelo donde la medición de succión se va a realizar, la masa de agua dentro de la cápsula entra en contacto hidráulico y tiende a equilibrarse con el agua del suelo a través de los poros de la pared de cerámica. Recién colocado el tensiómetro en el suelo el agua contenida en el interior se encuentra a presión atmosférica. Como el agua del suelo está generalmente sometida a una presión subatmosférica, se ejerce una succión que elimina cierta cantidad de agua del tensiómetro rígido, impermeable al aire, causando una baja en la presión hidrostática. Este cambio de presión se indica por un manómetro que puede ser simplemente de agua, de mercurio, una válvula de vacío o un transductor eléctrico.

Un tensiómetro dejado en el suelo por un período continuado tiende a seguir los cambios de tensión matricial del agua del suelo. A medida que se va eliminando humedad del suelo por evaporación, drenaje o absorción de las plantas, o que se va agregando agua al suelo, por lluvia o riego, se pueden leer en el



manómetro las variaciones de succión. Ya que las paredes porosas de la cápsula del tensiómetro son permeables al agua y a los solutos, el agua dentro del tensiómetro se equilibra en composición y concentración con el agua del suelo, de tal forma que el instrumento no indica la succión osmótica del agua del suelo.

Las mediciones con tensiómetros se limitan generalmente a succiones matriciales menores de 1 atmósfera, siendo el rango más común de 0.1 a 0.8 atmósferas. Esto se debe al hecho que el indicador de vacío o el manómetro mide un vacío o el manómetro mide un vacío parcial relativo a la presión atmosférica externa, así como a la imposibilidad que tienen las columnas de agua en sistemas macroscópicos de extraer tensiones que excedan de 1 atmósfera. Otro factor que determina este rango es la constitución altamente porosa y permeable del material cerámico de que está constituida la cápsula. En altas tensiones pueden causar la entrada de aire en la cápsula, lo que igualaría la presión interna a la atmosférica. En estas condiciones, la succión del suelo puede continuar incrementándose, aún cuando el tensiómetro no lo indique. En la práctica, el límite de utilidad de la mayoría de los tensiómetros es de alrededor de 0.8 bares como máximo.

Los tensiómetros han sido de utilidad para determinar en forma práctica cuando se debe regar cultivos y huertos frutales, así como plantas en maceteros. Una práctica común es colocar el tensiómetro en una o más profundidades del suelo, que representen la zona radicular, regando cuando el tensiómetro indica que la succión matricial ha alcanzado algún valor determinado. El uso de varios tensiómetros diferentes profundidades puede indicar la cantidad de agua necesaria para el riego, así como los gradientes hidráulicos en el perfil del suelo./

Si  $\emptyset_1, \emptyset_2, \emptyset_3 \dots \emptyset_n$  son las succiones matriciales en centímetros de columna de agua (milibares) a las profundidades  $d_1, d_2, d_3, \dots d_n$ , medidas en cm desde la superficie del suelo, la gradiente hidráulica promedio  $i$  entre las profundidades  $d_n$  y  $d_{n+1}$  es:

$$i = (\emptyset_{n+1} + d_{n+1}) - (\emptyset + d_n) / (d_{n+1} - d_n)$$



la práctica, sólo alcanza a medir hasta 0.8 bar, Aunque el suelo siga secándose, el manómetro no dará una lectura más alta. A esta tensión (i.e., 0.8 bar) aparece una burbuja en la parte superior del tensiómetro y va creciendo a medida que el suelo se reseca.

En intervalo de tensiones dentro del cual un tensiómetro funciona satisfactoriamente es adecuado para casi todos los cultivos. Dentro de su intervalo de sensibilidad, el tensiómetro es más preciso que cualquier otro medio utilizado para determinar la tensión del agua del suelo. Asimismo, el agua que el suelo contiene, previamente al riego, en la zona radicular efectiva, determina el volumen que hay que aplicar. Por consiguiente, los tensiómetros, colocados a una cierta profundidad (o profundidades), pueden emplearse para indicar que volumen se debe aplicar. Un descenso en la lectura del instrumento significa que el agua de riego ha alcanzado la profundidad a que se haya la cápsula de cerámica. El cierre del agua en este momento garantiza el riego hasta una profundidad constante y, de este modo, la operación llena las necesidades del cultivo, el suelo y el clima.

Si se colocan tensiómetros a unas cuantas profundidades, es posible regular la aplicación del agua con arreglo al estado de humedad que existía a diferentes profundidades del suelo. Se pueden aplicar, a menudo, pequeños volúmenes para mojar sólo la estrata superior; los volúmenes mayores pueden aplicarse con menor frecuencia para mojar las estratas más profundas, a fin de lixiviar las sales del terreno o para otros fines. La posibilidad de regular el volumen de la aplicación de agua, controlando la profundidad del humedecimiento, ha conducido al desarrollo del riego automático, que se basa en la condición de humedad del suelo, y nos es la aplicación de cantidades arbitrarias basadas en un programa prefijado.

El número de tensiómetros requeridos por cada parcela depende del cultivo, el tipo de suelo y el método de riego. Para cada cultivo hay que emplear por lo menos un instrumento, y preferiblemente más de uno. Si el tipo, la estructura o la profundidad del suelo son variables, se requiere un instrumento por cada una de estas variables. Asimismo, habrá que utilizar más instrumento si se varía el método de riego o el intervalo entre riegos. Tratándose de ciertos cultivos, se necesitan dos tensiómetros en cada sitio

La medición de la gradiente hidráulica es particularmente importante en la región bajo de la zona radicular, en la que la dirección y la magnitud del movimiento de agua no puede ser estimada de otra manera.

Para succiones mayores de 0.8-1.0 bares, los procedimientos de determinación directa y los principales envueltos en éste son discutidos más adelante en este capítulo; sin embargo, existen métodos indirectos para determinar  $\emptyset$  superiores a 1.0 atmósfera.

Debe hacerse notar en este capítulo, que en muchas oportunidades la determinación del contenido de agua del suelo es menos útil que algunas otras propiedades que dependen del contenido de agua, como es el caso de la determinación de la tensión del agua en el suelo, que es un parámetro muy relacionado con el desarrollo de las plantas y la determinación de la frecuencia de riego. Por ello, muchas veces se efectúan mediciones, en terreno o en laboratorio, de la tensión o energía de retención del agua del suelo, más que el contenido de agua que éste tenga en un momento determinado. Estas determinaciones se hacen en terreno mediante el uso de tensiómetros, cuyos componentes y principios de funcionamiento se han discutido antes.

Las mediciones tensiométricas se realizan a fin de conocer el estado energético del agua del suelo (retención de agua). Estas mediciones pueden relacionarse con la cantidad de agua disponible para la planta (Figura 4.5), pero no sirven para determinar directamente el contenido de agua.

---

Figura 2  
Curva de calibración de un tensiómetro  
Insertar Figura

---

La unidad métrica decimal empleada para medir la tensión del agua es el bar. Un bar es igual a 0.987 atmósfera. Los tensiómetros suelen estar calibrados en centibares; y un centibar equivale a la succión ejercida por una columna acuosa de 10 centímetros de alto. Una lectura manométrica de "cero" significa que existe una condición de saturación en el suelo. La tensión máxima que el instrumento puede medir es teóricamente de 1 bar, pero en



Esto es determinado por la profundidad de la zona radicular. En caso de que el desarrollo radicular sólo llegue hasta 40 ó 50 cm. de profundidad, es suficiente con un solo instrumento. Para cultivar plantas perennes, o anuales profundamente arraigadas, dos tensiómetros son preferibles.

De ordinario, en campos de por lo menos 10 hectareas, se usa el valor medio para calcular la cantidad necesaria de riego. Si el campo es uniforme y si la red de riego es permanente, cuatro tensiómetros bastan para cultivo de campo, y seis pares de instrumentos (colocados a dos profundidades) en huertos. En el caso de pequeñas parcelas, es conveniente instalar inicialmente unos cuantos instrumentos y, a la luz de la información y experiencias recabadas, decidir sobre el mejor número que será representativo de la parcela.

El tensiómetro debe colocarse en un sitio y a una profundidad tales que la cápsula porosa quede dentro de la zona radicular activa, esté en contacto íntimo con el suelo y sea mojada por el agua de riego. En siembras que forman hilera se debe colocar los tensiómetros dentro de la hilera y entre dos plantas. Si la siembra es tupida, no tiene importancia el punto exacto de colocación.

La instalación correcta del tensiómetro exige que éste sea introducido en un barreno hasta una profundidad en que la cápsula haga un buen contacto con suelo no perturbado. El barreno se introduce a la profundidad que se desee y la broca debe sacarse con cuidado para que la perforación permanezca despejada y redonda. Entonces se introduce el tensiómetro, dándole ligeros golpes desde arriba. Al nivel del suelo, se apila un poco de tierra alrededor del instrumento para que no quede ningún hueco donde el agua se puede acumular.

El tensiómetro delicado, de modo que se le debe resguardar contra daños mecánicos, que pueden ser causados por equipos agrícolas (como segadoras, cultivadoras, etc.) o por el tránsito de los trabajadores. Hay que tener cuidado de no situar los instrumentos en algún camino o vereda. Si se les ubica entre dos árboles, donde una segadora podría alcanzarlos, deben estar rodeados de estacas. Es posible instalar los instrumentos en ángulo, para que la cápsula quede en un lugar y la parte superior del tensiómetro en



un sitio mejor resguardado. Hay tensiómetros especiales en que es posible separar la cápsula del tubo de agua (junto con el manómetro), a fin de que se pueda colocar el tubo en un lugar resguardado.

El mejor momento para observar el tensiómetro es en la madrugada. A esa hora, es insignificante el movimiento del agua en el suelo y a través de las plantas; prácticamente existe un estado de equilibrio. Las observaciones deben hacerse siempre a la misma hora. La frecuencia de las observaciones - lo mismo que la frecuencia de riego - depende del cultivo, suelo, clima y método de riego. Cuanto mayor sea el intervalo entre dos riegos consecutivos, tanto menos frecuentemente debe hacerse las observaciones. En el caso de cultivos sensibles y de raíces poco profundas, o de cultivos regados por goteo, se recomienda observar los tensiómetros diariamente y regar a bajas tensiones. La utilización de tensiómetros es más eficiente cuando las lecturas se transportan diariamente a papel quadriculado. La curva así obtenida describe la tendencia del uso consuntivo (uso consumo) del agua por el cultivo, y de esto se puede concluir cuáles son los factores que afectan el uso consumo; (como el clima, la floración, cosecha, turgencia foliar, etc.). Las gráficas también permiten fijar de antemano la fecha del siguiente riego, así como la cantidad necesaria de agua que habrá que aplicar. Figura 4.6.

---

### Figura 3

Gráficas de lecturas de tensiómetros en un campo durante la temporada de riego.

---

De vez en cuando puede ser necesario agregar agua al tensiómetro, sobre todo si se trata de instrumentos que indican altas tensiones. A estas tensiones, un poco de aire penetra por los poros de la cápsula de cerámica, pasa al tubo del agua y se acumula bajo el tapón de plástico. El momento más apropiado para agregar agua es después de un riego, cuando el tensiómetro ha recobrado la mayor parte del agua y la tensión es baja.

Los poros de la cápsula se van tapando poco a poco, debido a la precipitación de sales solubles presentes en la solución del suelo. Esto reduce la permeabilidad de la cápsula y retarda su respuesta a los cambios en el contenido de agua del suelo. La obstrucción parcial no es significativa, siempre que el

tiempo empleado para la respuesta no sea demasiado largo. Sin embargo, en ciertos casos se debe cambiar la cápsula por una nueva. Su período de utilidad depende de la manera como se use y del tipo de suelo. Si no se saca del suelo el tensiómetro, la cápsula seguirá sirviendo varios años, en casi todo tipo de suelo. Si las lecturas de tensión son generalmente bajas, no obstante el hecho de que el suelo esté seco, o de haber alguna duda sobre si el tensiómetro funciona bien, se puede probar fácilmente el instrumento con una bomba aspirante.

PERGUNTAS Y RESPUESTAS ACERCA DE  
LOS TENSIOMETROS

---

(Traducido y reproducido del folleto N° 2264/75 del Programa de Extensión Cooperativo de la Universidad de California, cuyo autor es A. W. Marsh).

1. COMO FUNCIONAN LOS TENSIOMETROS ? \_\_\_\_\_

El tensiómetro es un tubo cerrado lleno con agua. Una cápsula de cerámica porosa está ubicada en su parte inferior y un tapón cierra la otra punta, cerca de la cual está ubicado un manómetro para medir la presión. Se instala en el suelo con la punta de cerámica ubicada donde se desea medir el agua del suelo. El tubo usualmente es lo suficientemente largo como para que el manómetro y el tapón permanezcan sobre el suelo para su lectura posterior.

A medida que el suelo se seca, succiona o saca agua a través de la pared porosa de la cápsula de cerámica, creando un vacío parcial dentro del tensiómetro, el que se puede leer en el manómetro. Este poder del suelo (succión del suelo) para extraer agua del tensiómetro aumenta a medida que el suelo se seca más y más. Cuando el suelo se riega o se humedece por las lluvias, la succión del suelo se reduce y el agua penetra dentro del tensiómetro donde existía previamente un vacío, el que se reduce y hace que disminuya la lectura del manómetro.

2. QUE SIGNIFICAN LAS LECTURAS ? \_\_\_\_\_

Las lecturas muestran la humedad relativa del suelo. Una lectura alta está causada por un suelo seco (con una alta succión) y una lectura baja muestra un suelo húmedo (con baja succión). La mayoría de los manómetros de tensiómetros están calibrados con graduaciones de 0 a 100 centibares, 100 centibares equivalen a 1 bar - es la unidad usada por los meteorólogos, que es aproximadamente igual a una atmósfera de presión. Un tensiómetro puede operar dentro de un rango de 0 a 80 centibares. /

Una lectura de 0 significa que el suelo está saturado y las raíces de las plantas van a sufrir por una falta de oxígeno. Una lectura de 0 a 5 es muy húmedo para la mayoría de los cultivos. Lecturas en el rango de 10 a 25 representan las condiciones ideales de humedad y aireación. A medida que las lecturas van más allá de 25, el déficit de agua puede afectar a plantas sensibles o plantas que presenten un sistema radicular muy superficial.



La mayoría de los (plantas) cultivos con sistemas radiculares de 50 cm o más de profundidad sufrirán de una falta de agua antes que las lecturas alcancen el rango de 40 a 50. En suelos de texturas medias (suelos Franco) las plantas que posean sistemas radiculares de 75 cm o más de profundidad usualmente no sufrirán de un déficit de agua hasta que las lecturas alcancen valores de 60 - 70. En suelos de textura medias a moderadamente finas (Franco-arcillosos), las plantas con sistemas radiculares bien desarrollados y profundo, no necesitarán ser regados por varios días después de haber leído 70 cb.

Una lectura de 80, representa condiciones lo suficientemente secas de un suelo para regar bajo la mayoría de las condiciones, aún cuando la planta no muestre síntomas de stress.

Estas interpretaciones se aplican a lecturas obtenidas cerca del centro de la masa radicular principal.

### 3. SON PRECISOS LOS TENSIOMETROS ?

---

Dentro del rango en que trabajan, los tensiómetros son más precisos que cualquier otro medio para evaluar la humedad relativa del suelo (o sea las condiciones de humedad de este suelo).

Como cualquier instrumento mecánico, puede, sin embargo haber un mal funcionamiento del aparato, el cual no dará lecturas precisas; pero estas fallas de funcionamiento son normalmente fáciles de detectar (Ver pregunta N° 18). Frecuentemente una lectura permanece alta después del riego cuando teóricamente el suelo debería estar húmedo. Esto a veces se mal interpreta como un mal funcionamiento de los tensiómetros. Muchos chequeos de estas situaciones han mostrado que el agua de riego no penetra tan profundo como se había esperado (hasta la cápsula porosa), por lo que el instrumento realmente está dando una lectura precisa de las condiciones de humedad del suelo alrededor de la cápsula porosa (zona de la masa radicular principal).

Algunos suelos de texturas densas crean malas condiciones para una respuesta precisa del tensiómetro. La distribución de raíces y el movimiento capilar del agua en estos suelos son muy deficientes. Como resultado de esto, el suelo que rodea las raíces que absorben rápidamente el agua, puede secarse más que el suelo que no está tocado por las raíces. El tensiómetro puede indicar sólo la humedad promedio de todo el suelo que toca la cápsula. Los agricultores compensan esto regando suelos densos cuando las lecturas son menores.

4. CUANTO TIEMPO DESPUES DE INSTALADO SE PUEDE OBTENER UNA LECTURA?

24 horas normalmente son suficientes para obtener una lectura representativa después de la instalación. Si el suelo está seco en el momento de instalar el tensiómetro, es necesario un riego antes de lecturas satisfactorias. Bajo condiciones favorables de suelo, una lectura correcta puede obtenerse en 15 o 30 minutos con un tensiómetro nuevo. Algunos tensiómetros especiales tienen una reacción rápida y proveerán de una lectura correcta en 1 ó 2 minutos, si el suelo no está seco. Estos están limitados a suelos profundidad máxima de 30 cms.

5. SE PUEDEN MOVER DE LUGAR EN LUGAR ? \_\_\_\_\_

Los tensiómetros se pueden mover cuando sirvieron su propósito en el lugar original. Para cultivos anuales, se deben sacar antes de la cosecha. Para cultivos perennes, son muy raras veces removidos, pero en algunas ocasiones se pueden cambiar de sitio cada 2 ó 3 años porque el instrumento puede tener una pequeña influencia sobre el patrón de crecimiento de las raíces o bien la planta y las raíces pueden desarrollarse en forma tal, que se requiere de una nueva localización más representativa del tensiómetro. Con cada cambio, la cápsula cerámica pierde porosidad por la cristalización de sales a medida que la superficie se seca (de la cápsula) por lo que no se recomienda el cambio de ubicación. El tensiómetro no es un instrumento que se cambie de lugar para que de lecturas en un minuto o dos después de cada instalación. Preferentemente debe estar fijo para que sea eficiente y duradero.

6. CUANTOS TENSIOMETROS NECESITA ? \_\_\_\_\_

No existe una recomendación fija y definitiva del número de tensiómetros por hectárea, porque las condiciones varían. Debería haber, al menos, una y preferentemente dos localizaciones de tensiómetros por cada área del campo o terreno que difiera en textura del suelo y en profundidad, en tipo de cultivo o cobertura vegetal, en pendiente, en método de riego, en tiempo de riego, y en la facilidad o problemas de riego.

En cada localización, se necesitan tensiómetros a diferentes profundidades. El número dependerá del suelo y la profundidad radicular. Usualmente se requerirá solo una profundidad (un tensiómetro para profundidades radiculares inferiores a 40 cm. Se



deben usar dos o tres para plantas con sistemas radicular activo más profundo que 40 cm.

En un terreno uniforme y grande, regado como un todo, o en varios potreros regados con una diferencia de 1 a 3 días, será suficiente una localización cada 4 hectáreas.

En un campo de 4 hectáreas, con plantación frutal, y riego por aspersión, un agricultor usó 6 localizaciones con dos instrumentos por localización. La conveniencia está entonces entre 1 - 6 localizaciones en 4 hectáreas dependiendo del caso específico.

Una buena idea es comenzar con buena asistencia técnica para determinar el número total necesario.

#### 7. DONDE DEBEN UBICARSE ?

Para instalar un tensiómetro y que la cápsula porosa esté en la zona de raíces activas, en buen contacto con el suelo, debe ubicarse en una posición donde el agua de riego llegue con seguridad dentro del perfil del suelo. Se debe observar la concentración de la zona de raíces activas y la profundidad haciendo una perforación (pala o barreno) cerca de la planta, pero no justo donde el tensiómetro será instalado. En frutales nuevos, se debe colocar el tensiómetro (la cápsula porosa) en el paquete de raíces ya que el suelo dentro de éste, seguramente será diferente al suelo de afuera y las lecturas no serán correctas.

Después de algunas semanas, el tensiómetro se puede reinstalar cerca de la línea de riego de los nuevos árboles. Pueden ocurrir subsecuentes redistribuciones del tensiómetro anualmente durante el período de rápido crecimiento, y posteriormente en forma menos frecuente. En el riego por surcos se debe colocar el instrumento lo suficientemente cerca como para asegurar que la cápsula alcanzará el agua de riego. En la mayoría de los cultivos en hileras, se ubican en la hilera de plantas. Con riego por aspersión, se colocan los tensiómetros donde puedan "ver" el aspersor; esto es, donde el agua del aspersor no esté bloqueada por un poste, tronco, ramas de hojas, etc. En riego por goteo, se deben ubicar a 30-45 cm desde el emisor.

En algunos cultivos se debe ubicar el instrumento en localizaciones críticas o problemáticas en donde se desea especialmente conocer el contenido de agua del suelo. Estos lugares pueden ser lugares difíciles de humedecer, que se sequen muy rápidamente, o permanezcan excesivamente húmedos. Los tensiómetros son muy útiles para identificar y ayudar a resolver problemas de riego o agua en el suelo.



8. COMO SE DEBEN INSTALAR ? \_\_\_\_\_

Para una buena instalación, se debe insertar la cápsula de cerámica dentro de un hoyo previamente preparado con un barreno, de tal forma que las paredes de la cápsula porosa estén en estrecho contacto con suelo no disturbado y las raíces. Para profundidades de hasta 120 cm (las más frecuentes) en todos los casos se debe mantener el hoyo limpio con el mismo diámetro del tensiómetro. Muchos tensiómetros difieren en su diámetro. Se debe luego, presionar el tensiómetro con cuidado de no presionar el manómetro, hasta el fondo y finalmente comprimir el suelo alrededor del instrumento, para que no penetre agua directamente por el tubo hacia abajo. Las instalaciones de más de 120 cm non son comunes, pero a veces son necesarias. Requieren de llaves y técnicas especiales de instalación y probablemente asistencia técnica de una persona calificada.

9. ESTARAN LOS TENSIONETROS EN EL CAMINO DE LAS OPERACIONES NORMALES DE MANEJO?

Si es así, se deben proteger y marcar correctamente, y así podrán ser usados con pocos inconvenientes. O bien pueden instalarse con la cápsula porosa ubicada en el lugar necesario pero el tapón y el manómetro en una posición protegida. Se pueden instalar en una caja smergida con una tapa movable, en cuyo caso los tensiómetros están fuera de los caminos y protegidos de las operaciones (Menos aradura y rastraje). Este método es particularmente útil en riego por aspersión.

10. ESTAN LOS TENSIONETROS SUJETOS A DAÑOS ? \_\_\_\_\_

Si. Se pueden romper y los manómetros se pueden arruinar si se exponen a temperaturas de congelamiento. Los tensiómetros deben ser protegidos contra estos daños. Para protegerlos contra posibles accidentes con llaves o palas, y maquinaria, se deben marcar con una banderilla roja o de color llamativo y cubrirlos con una caja u otra forma similar de protección.

Para protegerlos contra el congelamiento, se debe cubrir los instrumentos durante las épocas de frío con sacos o con una caja llena de desechos textiles.

11. CUANDO Y COMO DEBEN LEERSE LOS INSTRUMENTOS ? \_\_\_\_\_

La lectura más deseable es en la mañana temprano. El movimiento de agua en las plantas y el suelo a esa hora está relativamente detenido y existe una condición cercana al equilibrio. Es también una buena práctica siempre leer el manómetro a la misma hora del día.

La frecuencia de las lecturas depende de la velocidad de absorción del uso del agua utilizada en relación con la capacidad de aporte de la zona de las raíces del suelo.

Un mínimo de tres lecturas deberían efectuarse entre dos riegos consecutivos. En general se deben tomar las lecturas con una frecuencia tal que el cambio entre dos lecturas no sea mayor que 10 a 15 centibares.

Muchos usuarios toman lecturas tres veces a la semana. Si el riego se lleva a cabo una vez a la semana, se debe tomar lecturas diarias. Si el riego es mensual, dos veces a la semana es adecuado. Durante el invierno, basta una lectura semanal.

## 12. EN CUAL LECTURA SE DEBE REGAR ? \_\_\_\_\_

Esto depende del suelo, del cultivo, del clima y del método de riego. Lo mejor es que cada usuario determine bajo sus propias características, cuál es la lectura en la cual debe regar, lo que no es muy difícil. La experiencia y la investigación han aportado algunas pautas generales para comenzar un programa.

Con métodos de riego tradicionales (riego por tendido o por surcos) no se debe regar cuando las lecturas están en el rango de 9-10 centibares. El suelo está ya muy mojado y las raíces pueden sufrir de falta de oxígeno. En la mayoría de las condiciones de campo, no se requiere regar en el rango de 10-25. Con pocas excepciones, no se debe atrasar un riego con lecturas de 75-80. El suelo está comenzando a secarse, y su habilidad para reponer agua rápidamente a las plantas durante los períodos de alta demanda o rápido uso es muy pobre.

Aquí se presentan algunas sugerencias para las lecturas de riego que pueden ser usadas como guía para algunos cultivos regados por métodos tradicionales de riego ( no son valores fijos y deben ser ajustados a cada condición).

	Centibares
Arboles frutales de hoja caduca	70 - 80
Citrus	50 - 70
Paltos	40 - 50
Viñas	40 - 60
Tomates	60 - 70
Lechuga	40 - 50
Frutillas	25 - 35
Apio	20 - 30
Melones, Zanahoria	50 - 60
Pastos	20 - 30



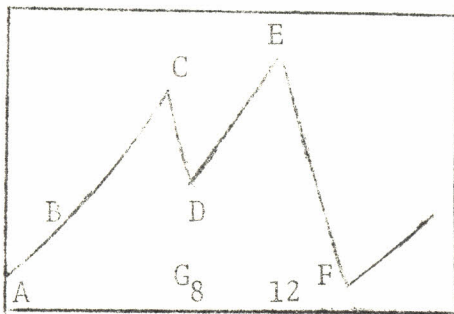
Con riegos frecuentes como riego por goteo o aspersión, el objetivo es mantener las lecturas dentro del rango de 10-25 a través del control de la cantidad de agua aplicada.

13. SE REQUIERE LLEVAR UN REGISTRO DE LAS LECTURAS ? \_\_\_\_\_

Se puede obtener un beneficio completo del uso de los tensiómetros, al llevar un registro de las lecturas y, preferentemente, llevando estos registros a gráficos. Las líneas del gráfico muestran qué ha pasado antes de cada medición y haciendo una estimación futura se puede saber con cierta exactitud qué va a acontecer en los próximos días.

Gráfico

Lecturas



Días

- (A) Poco después de un buen riego
- (B) Con este punto, es posible, extendiendo la línea AB, de predecir cuando será necesario regar.
- (C) Justo antes del riego
- (D) Después de un riego que no penetró adecuadamente.
- (E) El suelo se secó prontamente debido al riego inadecuado.
- (F) Refleja un riego adecuado después de E.
- (G) Es muy útil anotar día y hora del riego.

14. NECESITAN LOS TENSÍOMETRO CUIDADOS ADEMÁS DE LAS LECTURAS ? \_\_\_\_\_

Periódicamente, los tensiómetros necesitan ser rellenados con agua. En cada lectura, se debe chequear el nivel de agua. Si esta está más de 3 a 5 cm bajo el tapón, se debe agregar agua. Todos los tensiómetros deben ser probados tres a cuatro veces en el año, succionando el tensiómetro.

15. POR QUE NECESITAN SER RELLENADOS CON AGUA ? \_\_\_\_\_

Cuándo la succión del suelo permanece baja, se pierde muy poca agua del tensiómetro. Cuando el suelo se comienza a secar, esta succión en aumento saca el agua del instrumento, creando un alto vacío contra el cual es muy difícil prevenir una pequeñas fuga de aire. En condiciones de alta succión, los poros de la cápsula de cerámica permiten en el paso de alguna cantidad de aire hacia dentro del tensiómetro. Cuándo el suelo se riega, el agua es devuelta al interior del instrumento, pero no en forma suficiente para llenarlo, si ha entrado aire. El mejor momento para agregar agua es después del riego, cuando el llenado natural ha hecho parte del trabajo, y el vacío es pequeño, luego el tapón se puede remover fácilmente.



## 16. PUEDEN FRACASAR LOS TENSIOMETROS ?

---

As veces fallan aunque no es muy común que ocurra. Si se ha dañado un tensiómetro, éste no va a cumplir su función. Puede suceder que el manómetro se oxide y dejar de funcionar o trabarse, si entra agua bajo el vidrio, o puede congelarse y fallar. Puede penetrar aire por una rotura del tapón, por las conexiones o por el manómetro. Se puede trizar el tapón por la acción de la luz solar y la polución del aire. Si el tapón de repente se sale cuando la lectura es alta, la aguja del manómetro, puede golpear el clavito que marca el 0 con suficiente fuerza para anular la fricción, y provocaría lecturas equivocadas. Muy raras veces, ocurre una depositación cristalina en el cuello del manómetro bloqueando su acción. Se puede remover este depósito con una pequeña pieza de alambre.

Los poros de la cápsula de cerámica se llenan en forma gradual e medida que se van cristalizando materiales disueltos en la solución del suelo. Esto hace que la transferencia de agua a través de la cápsula sea más lenta y aumenta el tiempo requerido para que el tensiómetro responda a los cambios de las condiciones de humedad del suelo. Algunos de estos efectos no son perjudiciales, pero si el tiempo de respuesta comienza a ser demasiado lento para un uso satisfactorio, se debe instalar una nueva cápsula. La velocidad de respuesta se puede recuperar parcialmente alisando la cápsula (el exterior) con papel de lija fino.

El tiempo que toma alcanzar estas condiciones depende del suelo y su uso. Si se dejan los tensiómetros en el campo la porosidad de la cápsula, permanece satisfactoria por muchos años en la mayoría de los suelos.

Cada vez que se mueve el instrumento del suelo, la vida de la cápsula se reduce, especialmente si los suelos son calcáreos y salinos. En casos extremos, cuando los tensiómetros se instalan y remueven muchas veces, la porosidad de la cápsula puede en un año ser inútil. Para minimizar el daño, la cápsula del tensiómetro que ha sido recién removido del suelo, debe protegerse del aire seco, hasta que el instrumento se haya llenado, limpiado y secado.

## 17. COMO SABER CUANDO UN TENSIOMETRO NO ESTA TRABAJANDO ?

---

Un instrumento que está sin agua o que gotea, permanecerá en 0. Dos o más lecturas sucesivas de 0, en el mismo tensiómetro son signo de mal funcionamiento y no deben ser tomadas como lecturas reales. En la mayoría de los casos el desarreglo es fácilmente corregido (Ver pregunta N° 18). Si el manómetro se ha oxidado, o tiene depósitos cristalinos en su cuello, permanecerá una lectura fija aún cuando se remueva el tapón. Un manómetro congelado puede o no responder cuando el suelo se seca, pero aún si responde, será

incorrecto. Si se sospecha que una lectura no es correcta, hay que chequear el manómetro succionado el tensiómetro. Las lecturas mayores de lo que se espera, especialmente después de un riego, generalmente no son fallas del tensiómetro, sino que fallas en la penetración del agua de riego hasta la profundidad de la cápsula.

18. QUE PUEDE HACERSE PARA CORREGIR UNA FALLA ? \_\_\_\_\_

Si el manómetro permanece en 0, se debe rollenar con agua y succionar. El instrumento debe estar vacío en suelo seco; así en el caso de lecturas altas, se puede probar la existencia de burbujas de aire. Si la cápsula estaba seca, burbujas finas van a subir por algunos minutos pero eventualmente cesarán. Se debe determinar la fuente de entrada de burbujas. Si las burbujas suben desde la parte de más abajo, se debe sacar el tensiómetro y enviarlo a reparar (seguramente se debe **cambiar** la cápsula). Si las burbujas suben del manómetro, éste debe estar mal conectado y necesitará ajustarse. Si no suben burbujas, puede ser que el tapón está roto o no fue colocado convenientemente.

Si la aguja del manómetro permanece fija y éste parece oxidado, debe remover, desarmar y secarlo si aún está húmedo. Se debe aplicar un removedor de herrumbre (aceite) en todas las partes movibles y superficies.

Uno o dos días después de aceitarlo, se debe limpiar cuidadosamente para remover el óxido, y probar el movimiento de la aguja cuidadosamente con la mano. Se debe luego aplicar un poco de aceite fino y rearmar. Posteriormente chequear nuevamente mediante succión para ver la operación y precisión del sistema. Algunos manómetros congelados se pueden restaurar pero el trabajo es tedioso y las oportunidades de éxito son limitadas.

FIGURA: 1 ILUSTRACION ESQUEMATICA DE LAS PARTES DE UN TENSIOMETRO

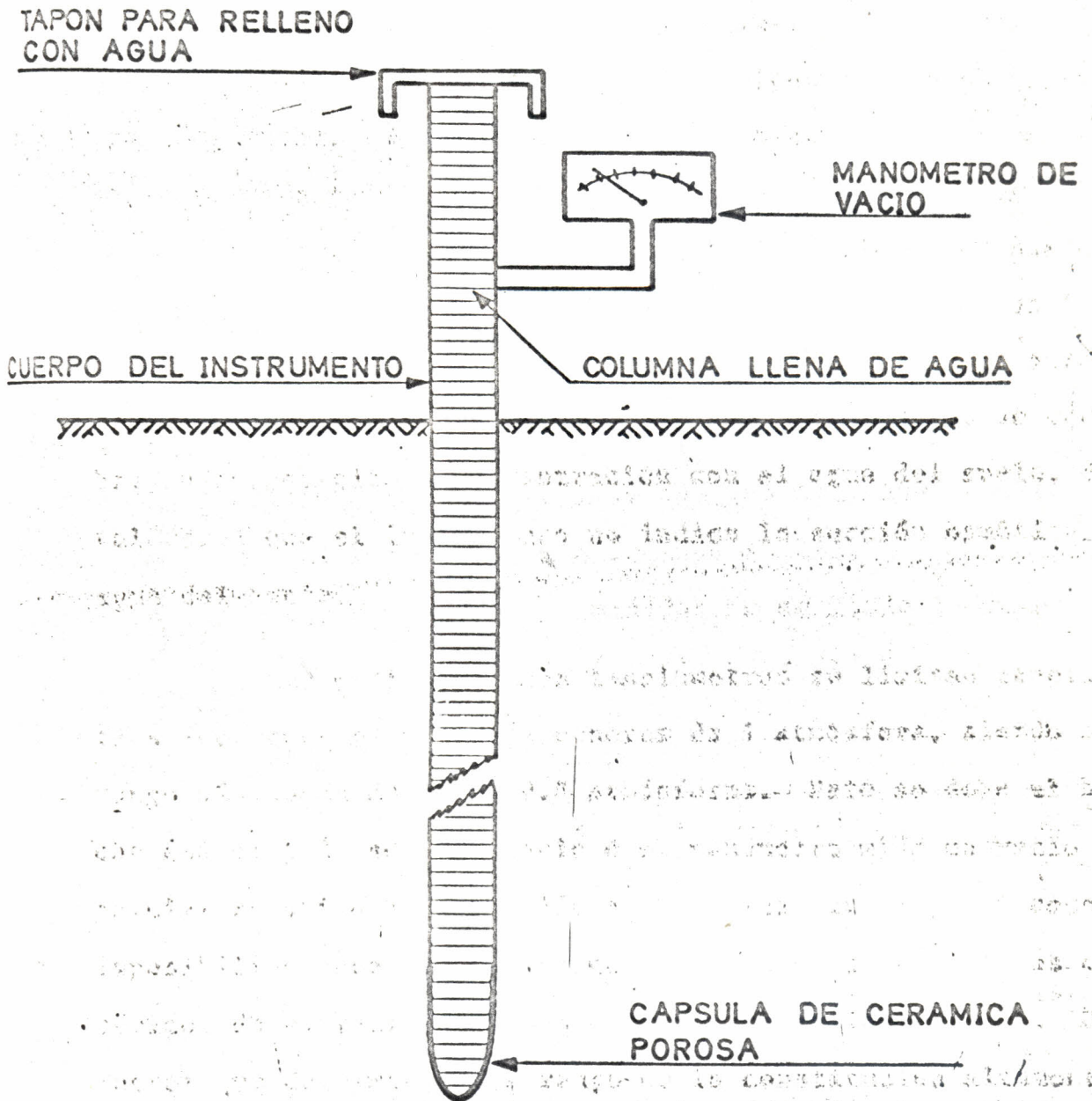




FIGURA: 2

# CURVA DE CALIBRACION DE UN TENSIOMETRO.

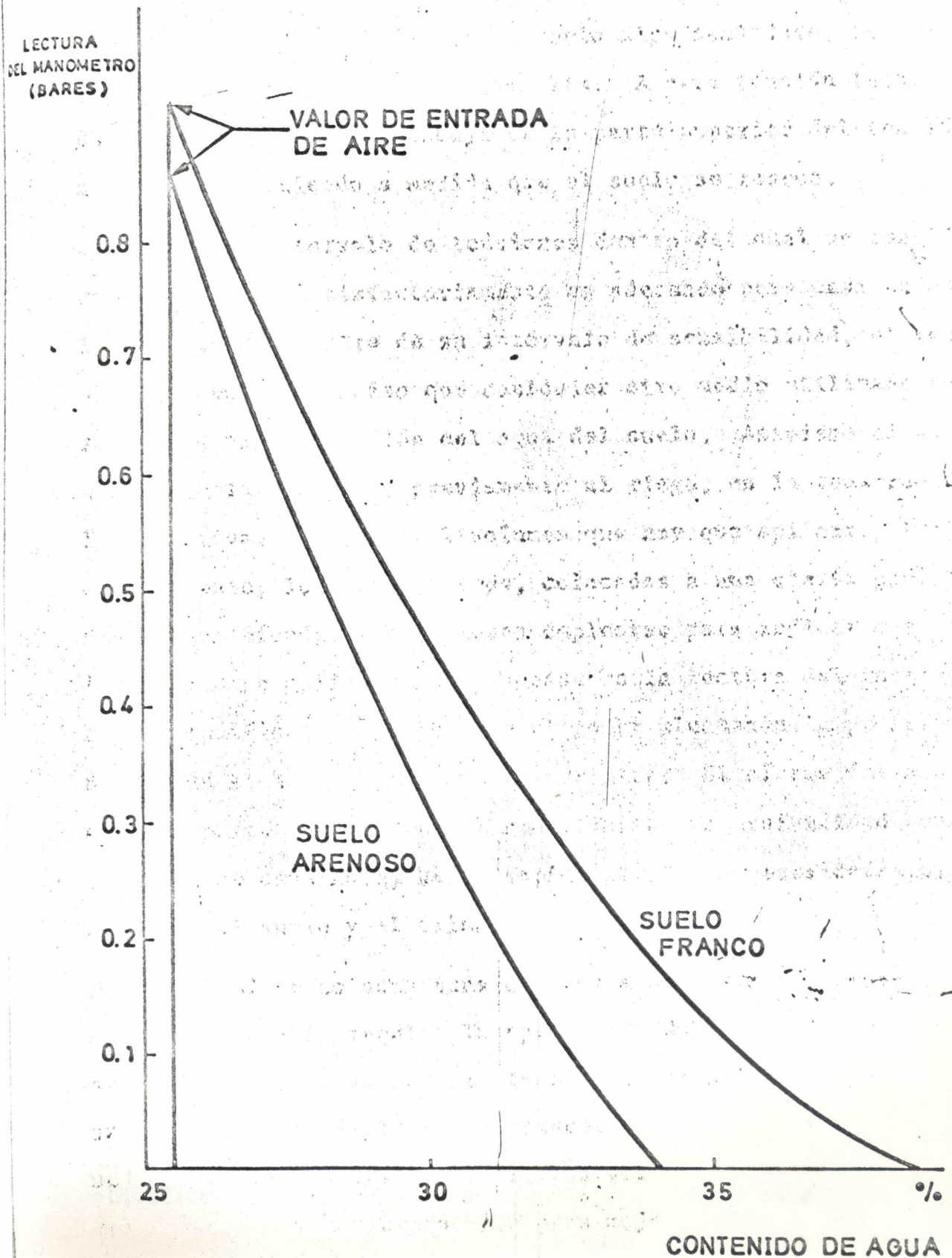


FIGURA: 3

# GRAFICA DE LECTURAS DE UN TENSIO-METRO A 30 cm. DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO.

