
EL LABORATORIO Y LA ENSEÑANZA DE LA HIDROLOGÍA AGRÍCOLA

1.ª PARTE

La enseñanza de la Hidrología Agrícola y su programa

La materia que ahora denominamos *Hidrología Agrícola* figuraba en el antiguo plan de estudios con el título Irrigación y Saneamientos. En otras Facultades de agronomía del país y del extranjero se le denomina Hidráulica Agrícola.

La nueva denominación adoptada por la Facultad de La Plata es más apropiada, responde a una necesidad didáctica relacionada con nuestra carrera y me ha sido sugerida por mis veinte años de práctica en la enseñanza a la que he dedicado mis mejores esfuerzos.

He definido (1) la Hidrología Agrícola en el modo más correcto posible dentro del significado etimológico de las palabras considerándola como "*la ciencia que estudia el régimen de las aguas para la agricultura, las relaciones entre el agua y el suelo y propone los medios para someter a cultivo este último, ofreciendo, con relación al agua, un ambiente lo más posible favorable para el mejor desarrollo de las plantas*".

Según este concepto, la Hidrología Agrícola es una materia con límites sumamente amplios y de gran importancia para el profesional, Ingeniero Agrónomo, que debe ser lógicamente llamado a resolver todos los problemas que se relacionen con el agua y el suelo en agricultura.

El *programa* de esta materia debe, por lo tanto, abarcar ante todo, los conocimientos generales relativos al movimiento y me-

(1) Véase "Hidrología Agrícola" por M. Conti, publicada por Angel Estrada y Cía. 1915.

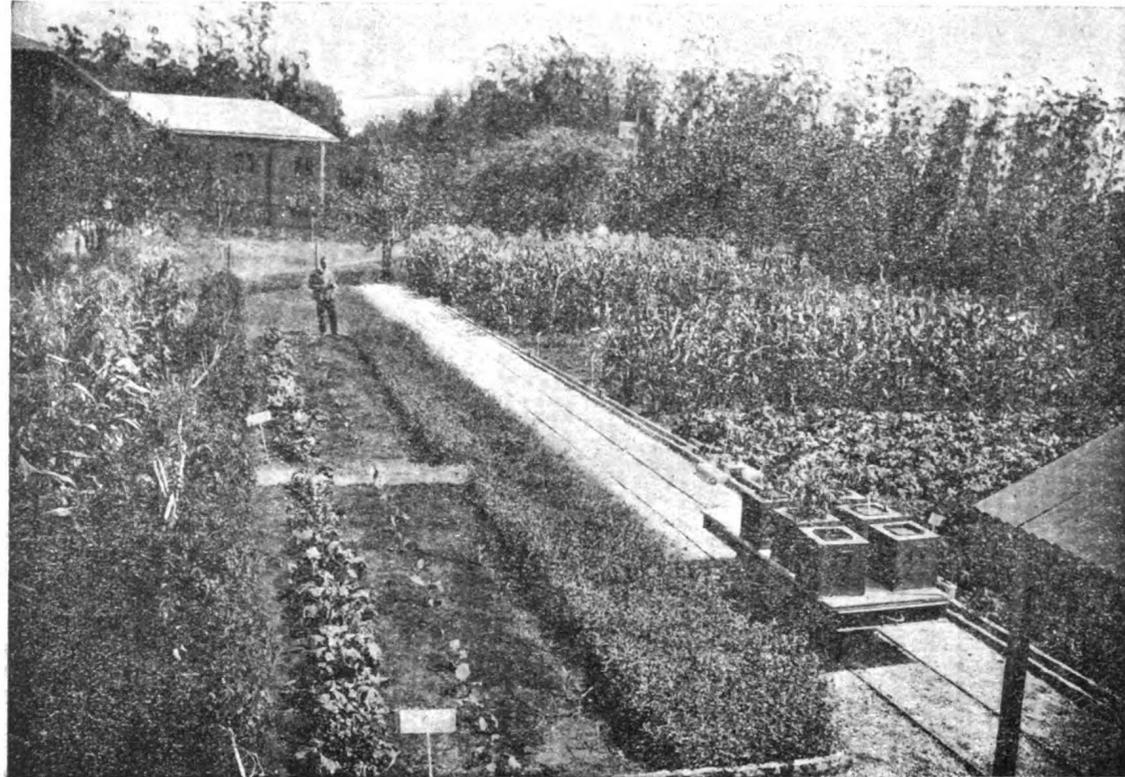
dición de las aguas, en orificios, canales, tubos, etc.; habrá un capítulo que trate de las distintas formas de utilizar el agua para agricultura; se darán nociones de hidráulica fluvial para mejor aprovechamiento de las aguas de ríos; se tratará de la hidrología subterránea y de la elevación mecánica de las aguas; se enseñará el modo de conducir y repartir las aguas en el campo (canales y acequias) y los mejores sistemas para su aprovechamiento mediante el riego. Otro capítulo especial se relacionará a la salinidad de los suelos y a su mejoramiento, ya sea con el riego, ya con el cultivo en seco, asunto éste que es de suma importancia para la agricultura de todos los países. Complementará el programa el estudio de los procedimientos de defensa contra inundaciones, desagües y saneamientos en general.

De lo expuesto se desprende que el programa no podría ser más amplio, pero cabe observar que en la enseñanza de esta materia para el Ingeniero Agrónomo hay que seguir un método especial, no siéndonos permitido extendernos en el campo de la Ingeniería Civil o Hidráulica, pues el estudiante de agronomía no estaría preparado para eso. Nuestra enseñanza debe ser netamente de aplicación agronómica, de modo que mientras quedan reservadas para el ingeniero civil la concepción y la ejecución de las grandes obras hidráulicas, pueda el ingeniero agrónomo dedicarse a lo que se refiere al mejor aprovechamiento de las aguas que esas obras ponen al alcance del agricultor.

Consideramos, no obstante eso, posible que el ingeniero agrónomo sepa desempeñarse con entera satisfacción al proyectar y emprender pequeñas obras e instalaciones dentro de los límites de propiedades particulares, pues hasta eso pueden alcanzar sus conocimientos de topografía y construcciones que complementan los de esta materia.

La experimentación de los cultivos en relación a la falta del agua o a su exceso, debe, sin embargo, constituir en todo caso el eje de las actividades profesionales del ingeniero agrónomo; tan es así que en muchos casos se ha reclamado su cooperación por considerarle como factor fundamental en el éxito económico de las obras emprendidas o proyectadas.

El hidráulico Cipolletti recomendaba en su estudio sobre el



Vista del campo experimental para el estudio de los problemas relacionados con la materia. Se enseñan distintos sistemas de riego y se determina el consumo de agua para el mejor desarrollo de las plantas.

régimen hidráulico y la irrigación del Río Negro, la creación de Estaciones Experimentales destinadas a estudiar en la zona los principales problemas relativos a los cultivos y al riego para ofrecer a los futuros colonizadores datos seguros para el ejercicio de su industria. Muchos años después, en ocasión del Congreso Científico Internacional Americano de 1910, fué formulado con todo acierto el voto de que se establecieran en el país chacras experimentales para determinar los consumos unitarios de agua para cada cultivo y las especies vegetales más adaptables y de más alto rendimiento para cada región.

El profesor Charpenter, de la Escuela Especial de Irrigación de Fort-Colins (Colorado, E. U.), después de una larga serie de experiencias, por medio de las cuales se proponía determinar lo que él llama la potencia del riego, concluye su interesante estudio declarando que los resultados conseguidos no pueden ser aplicados sino a la región en que han sido realizadas las experiencias.

Lo mismo puede repetirse por los estudios de los más afamados experimentadores del viejo mundo. Las clásicas experiencias de König, de Hervé Mangon, de Marié-Davy, de Risler, Lawes y Gilbert no pueden, por lo tanto, ser consideradas para nosotros sino como modelos admirables y dignos de ser reproducidos y aplicados a nuestros medios.

El rápido aumento de las superficies de riego hizo sentir la necesidad de estas experiencias locales para el desarrollo agrícola de esas zonas; por esa razón el Ministerio de Agricultura de la Nación creó una oficina en 1912 para el estudio en distintos puntos del país campos experimentales para el estudio de los problemas de hidrología agrícola. Bajo la dirección del que escribe estas líneas se hicieron, entre 1912 y 1914, numerosas experiencias desde Salta, Tucumán, San Luis hasta el Río Negro y de los resultados obtenidos se informó en varias publicaciones. Pero dichos estudios fueron suspendidos por la supresión de la mencionada oficina. Antes de esa época, el malogrado ingeniero agrónomo Fernando Leblanc había realizado estudios experimentales sobre irrigación en la chacra de Patagones. Ese distinguido profesional ha marcado netamente en su poderoso y paciente trabajo el camino que corresponde seguir en la solución de estos problemas.

La chacra experimental de Patagones fué instalada en 1907 para estudiar la mejor forma de aprovechamiento del agua para distintos cultivos en la altiplanicie del partido, de unas 300.000 hectáreas, que debían ser beneficiadas por el riego elevando mecánicamente las aguas del Río Negro.

Las obras, que quedaron en proyecto, debían abarcar el dique de toma, la usina de elevación mecánica, red de canales, obras de arte, etc., fueron proyectadas, en todos sus detalles, por el ingeniero civil Carlos Wauter; el estudio de las aplicaciones agrícolas, consumo de agua, formas de riego, número de riegos y demás detalles fué hecho por el citado ingeniero agrónomo Leblanc durante tres años de experimentación. Los dos trabajos, fueron publicados, y son igualmente importantes, ellos forman un todo orgánico y completo; *el ingeniero civil y el ingeniero agrónomo se complementan, quedando cada uno en el campo de sus actividades profesionales.*

2.ª PARTE

El campo y el Laboratorio Experimental

Sentado, como principio general, que la experimentación es complemento no sólo útil, sino indispensable en el estudio de la mayor parte de las materias agronómicas, pensamos en la necesidad de aplicar esos principios también en la enseñanza de la Hidrología Agrícola. Sin esto sería imposible ofrecer a los alumnos los medios aptos a comprobar con los hechos los postulados que esta ciencia aplicada ofrece a la consideración del que a ella se dedique.

Convencido de ésto, fué mi primer cuidado instalar un campo experimental para el estudio de los distintos problemas prácticos relacionados con esta materia. Las experiencias realizadas, contraloreadas por los mismos alumnos, fueron reunidas en dos informes ampliamente ilustrados que han sido publicados en números anteriores de la revista de esta Facultad. (1)

A la par del campo, se empezó también la organización de un Laboratorio, tarea que ha procedido lentamente debido a que

(1) Véanse Tomo XIV N.º 3 de 1921 y Tomo XV N.º 1 de 1923 de la Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata.

APARATO PARA EL ESTUDIO DE LA FORONOMIA
O SALIDA DE AGUA POR ORIFICIOS

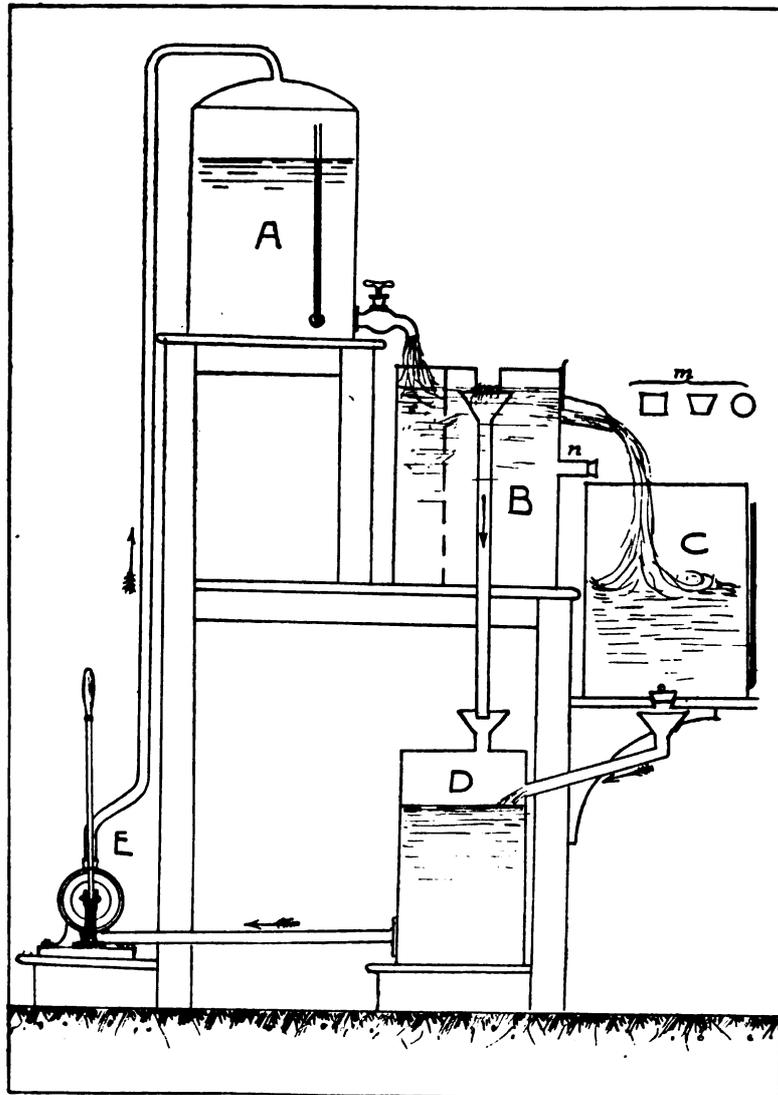


Fig. 1 Este aparato, que fué ideado y construido en la Facultad, permite demostrar experimentalmente, la mayor parte de los principios teóricos que rigen la salida del agua por orificios. Véase la descripción detallada en la página 33.

la casi totalidad de los elementos que en él figuran ha debido ser construída en el taller mecánico de la Facultad, ideándolos personalmente en algunos casos, copiándolos en otros de aparatos análogos usados por distintos experimentadores.

No era posible pensar en adquirir cosas de esta naturaleza, había que hacerlas y además de los aparatos hemos construído modelos en relieve que reproducen obras hidráulicas, sistematizaciones, defensas, etc.

Todo este material, reunido en un amplio y cómodo local, dentro del cual tiene cabida también el aula, constituye un auxiliar tan importante para la enseñanza que difícilmente podría concebirse la posibilidad de realizarla sin dicho recurso.

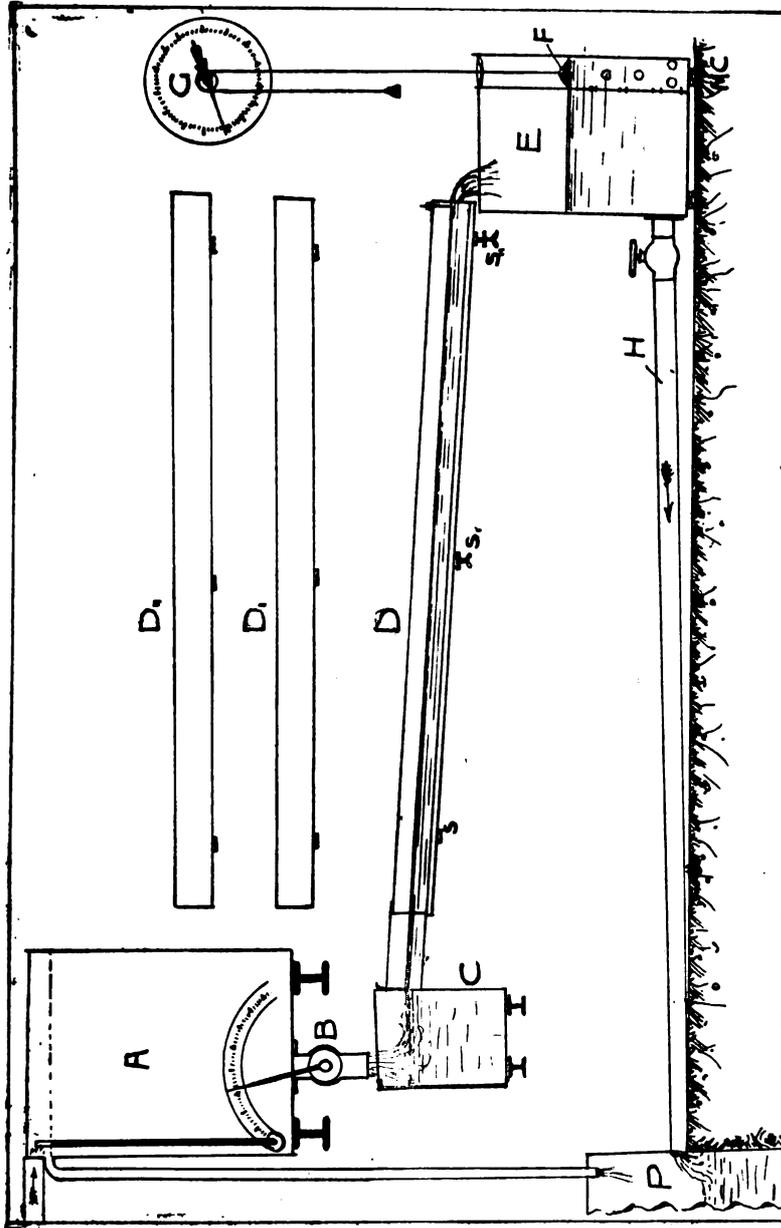
Para que se conozca nuestro laboratorio y para que pueda apreciarse la utilidad de las distintas partes que lo constituyen, hemos reunido una serie de fotografías y dibujos que publicamos en este artículo, comentándolos con breves palabras.

1.° Los aparatos para el estudio de la salida de agua por orificios y vertederos, que posee el laboratorio, permiten realizar las siguientes investigaciones:

- a) Demostrar la influencia de la altura de carga en la salida del agua.
- b) Determinar los coeficientes de contracción en relación a la forma del orificio, espesor de las paredes, etc.
- c) Demostrar la contracción de la vena líquida en un vertedero por medio de una pared de cristal.
- d) Demostrar la influencia del ancho del vertedero respecto al ancho del canal en el coeficiente de contracción.

La figura 1 de la página 32 representa el aparato que hemos ideado y construído con el objeto de realizar estudios experimentales relacionados con algunos de los puntos que se acaban de señalar.

Consta de un depósito para agua **A** cuyo nivel constante puede mantenerse por medio de la bomba **E**. El agua pasa a otro depósito **B** con diafragma, vertedero de descarga para mantener el nivel y orificio de salida de forma variable según se indica en **m**, en **n** va un tubo adicional. El agua salida de los orificios en las condiciones establecidas, pasa al depósito



INSTALACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL AGUA EN CANALES Y CONDUCTOS ABIERTOS

Fig. 2 También este conjunto ha sido construido en los talleres de la Facultad; su descripción puede verse en la página 35.

C donde puede ser medida y luego vaciada al depósito **D** desde el cual, puede ser bombeada al primitivo depósito **A**. Las determinaciones del caudal de agua por medio de fórmulas y la medición del caudal realmente salido, permiten deducir el valor de los coeficientes en cada caso.

2.º Para el estudio del movimiento de las aguas en canales se ha construído un conjunto que se halla representado en la figura 2.

El agua desde su depósito **A** que posee caño de entrada y otro de salida para mantener el nivel, pasa, por medio de una llave **B** con aguja reguladora de cantidad, a un recipiente **C** que comunica con una canaleta **D** que se dispone con pendiente variable por medio de los soportes y tornillos **s, s', s''**. A lo largo de la canaleta podrán hacerse determinaciones de velocidad; existen compuertas reguladoras y, por último, el agua cae en un depósito **E**, donde se vuelve a medir con un aparato **G** en combinación con el flotante **F**. El caño **H** permite descargar el agua a la pileta **P**, desde donde se bombea al depósito **A**. Las otras canaletas **D'** y **D''** son de repuesto, y difieren de la colocada en su sitio, por la naturaleza de las paredes habiéndose pegado en una pequeñas gravas y en otra arena, con el objeto de demostrar la influencia de este factor sobre la velocidad alcanzada por el agua.

3.º Para el estudio del movimiento de las aguas en el terreno y para la determinación de los coeficientes de filtración se han construído varios recipientes paralelepípedos, de los cuales representamos uno en sección longitudinal en la fig. 3. En la parte central **A**, a la que hemos dado la longitud de un metro, se coloca tierra de la clase que se quiere ensayar. En el depósito **B** separado de la tierra por una fina rejilla, se pone agua con una altura de carga variable por medio de embudo corredizo verticalmente, el exceso de agua pasa a un recipiente, la que filtra alcanza el extremo **C** desde donde cuela en la proveta inferior. Si se prepara agua con fluorescina, y se echa en determinado momento, podrá computarse con exactitud el tiempo que demora a pasar de un extremo a otro; el mismo ensayo lo hemos realizado con éxito mediante una solución de cloruros; la primera gota de lo filtrado que precipita una solu-

ción de nitrato de plata, revela con exactitud el tiempo demorado por la filtración.

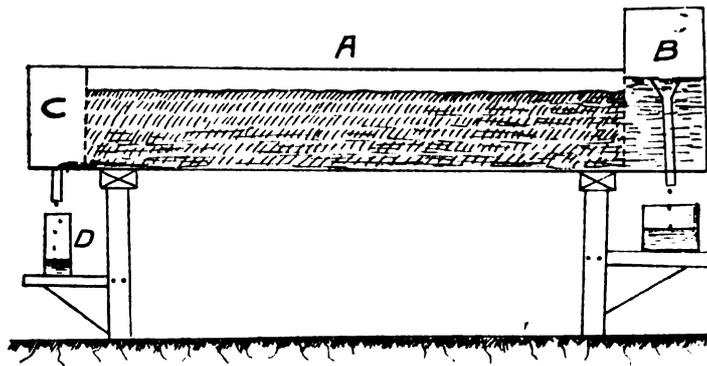
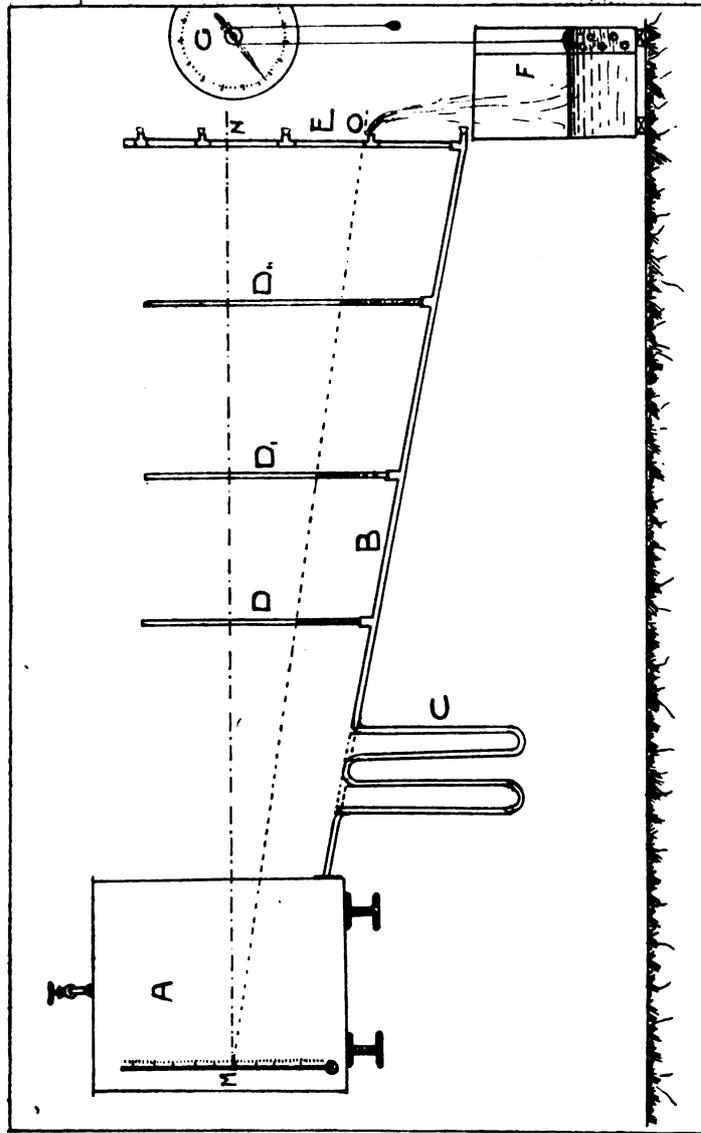


Fig. 3 Sección longitudinal del aparato para la determinación del movimiento del agua en el suelo, cuya descripción va en el texto.

4.° El aparato para el estudio del movimiento de las aguas por cañerías es destinado a determinar los coeficientes aplicables en las fórmulas para la determinación de la velocidad, para establecer la influencia de las curvas, codos y para determinar en cada caso la línea piezométrica de un sistema. Fig. 4.

El agua contenida en el depósito **A** y mantenida siempre al mismo nivel **MN** pasa a la cañería **B** directamente o a través de una serpentina **C** según se quiera. Los tubos de vidrio **D**, **D'** **D''**, permiten apreciar el nivel del agua y establecer la línea del nivel piezométrico toda vez que se abra una u otra de las salidas escalonadas sobre el tubo final **E**. El agua cae en el depósito **F** en combinación con un medidor **G** que permite apreciar el agua salida en la unidad de tiempo en cada ensayo que se haga; será así posible determinar la velocidad del agua, la influencia de los codos y resolver experimentalmente todos los problemas que se planteen sobre conducción de agua por cañerías.

5.° Se ha construído también una *pileta para el estudio de las bombas* y otras máquinas elevadoras de agua. Fig. 5. Sobre la pileta **A** se hallan instaladas una bomba centrífuga **B**, una bomba rotativa **E**, una bomba de cilindro horizontal **F**, dos bombas de los tipos más comunes **H** e **I**, una bomba oscilante **L**;



INSTALACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA POR
TUBOS O CAÑERÍAS

Fig. 4 Los detalles de esta instalación construida en los talleres de la facultad, pueden verse en la página 36

y por último un ariete **P** que recibe el agua de un depósito **Q**. El movimiento se consigue mediante poleas y correas colocadas sobre el eje **MN** que recibe la energía procedente de un motor eléctrico con la correa **ST** que pasa por una ventana a través de la pared. En la repisa **G** puede instalarse cualquier bomba que se quiera someter a ensayo. Las aguas bombeadas por cada máquina son elevadas y descargadas a igual altura en el caño **DD'**. El agregado **O** con codos, arriba a la izquierda, sirve para demostrar la influencia de las curvas en el rendimiento de las bombas. En cada caño de elevación hay un tapón *r* donde puede injertarse un manómetro de mercurio que permite apreciar las presiones del agua en las cañerías en relación a los accidentes de la instalación. La potencia absorbida en cada caso y por cada bomba, puede apreciarse con toda exactitud en el tablero del motor eléctrico que acciona el conjunto; es posible con esta instalación sacar deducciones de sumo interés práctico sobre el rendimiento de un conjunto o de un determinado tipo de bomba.

Hemos realizado con esta instalación una serie de experiencias comparativas obteniendo resultados sumamente interesantes que nos proponemos hacer conocer en otra oportunidad.

Además de todo esto, nuestro Laboratorio dispone de lo siguiente:

—Un conjunto de aparatos para el aforo de cursos de agua, flotadores, tubos, varillas reométricas, etc.

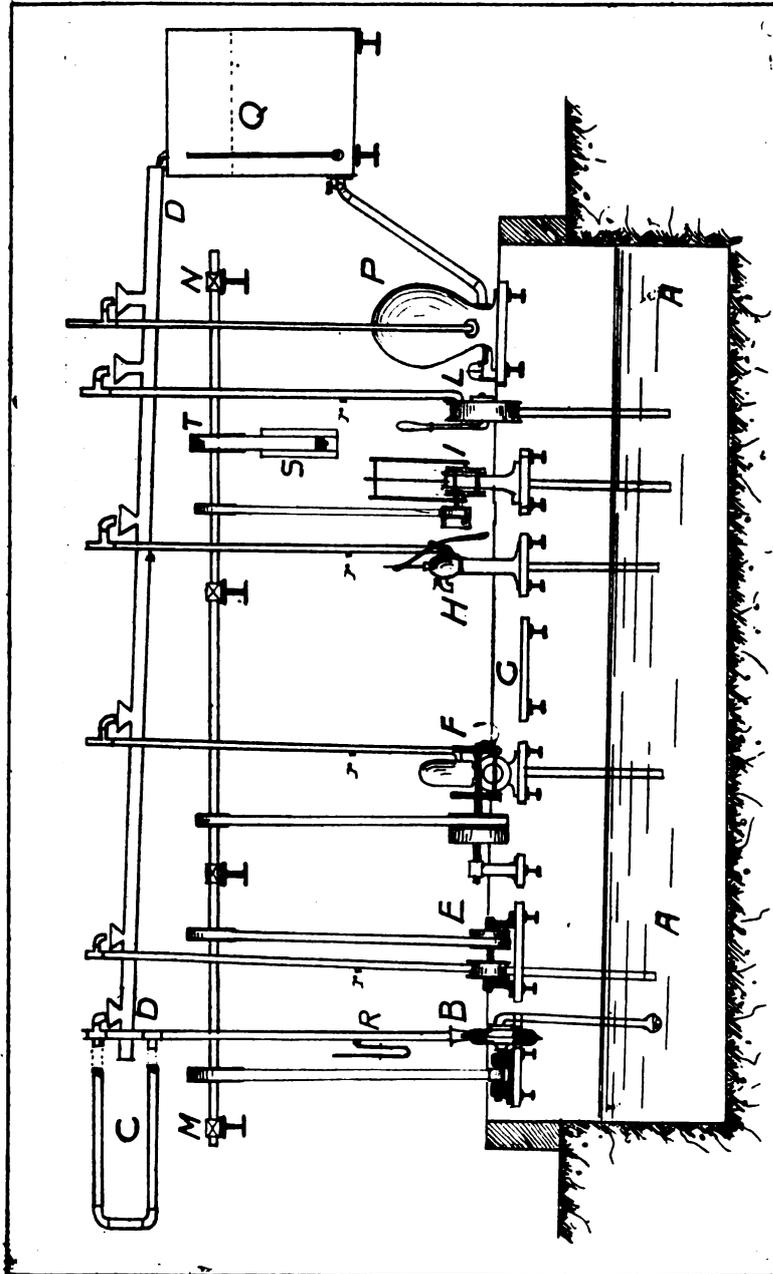
—Varios aparatos para tomar observaciones meteorológicas en combinación con los ensayos de cultivo en el campo experimental anexo (pluviómetro registrador, anemómetro, evaporímetro, termómetro para suelo).

—Herramientas para perforación de pozos.

—Mapa hidrométrico y planos de obras hidráulicas, colección de fotografías, de obras de riego y de experiencias sobre los distintos puntos de la materia.

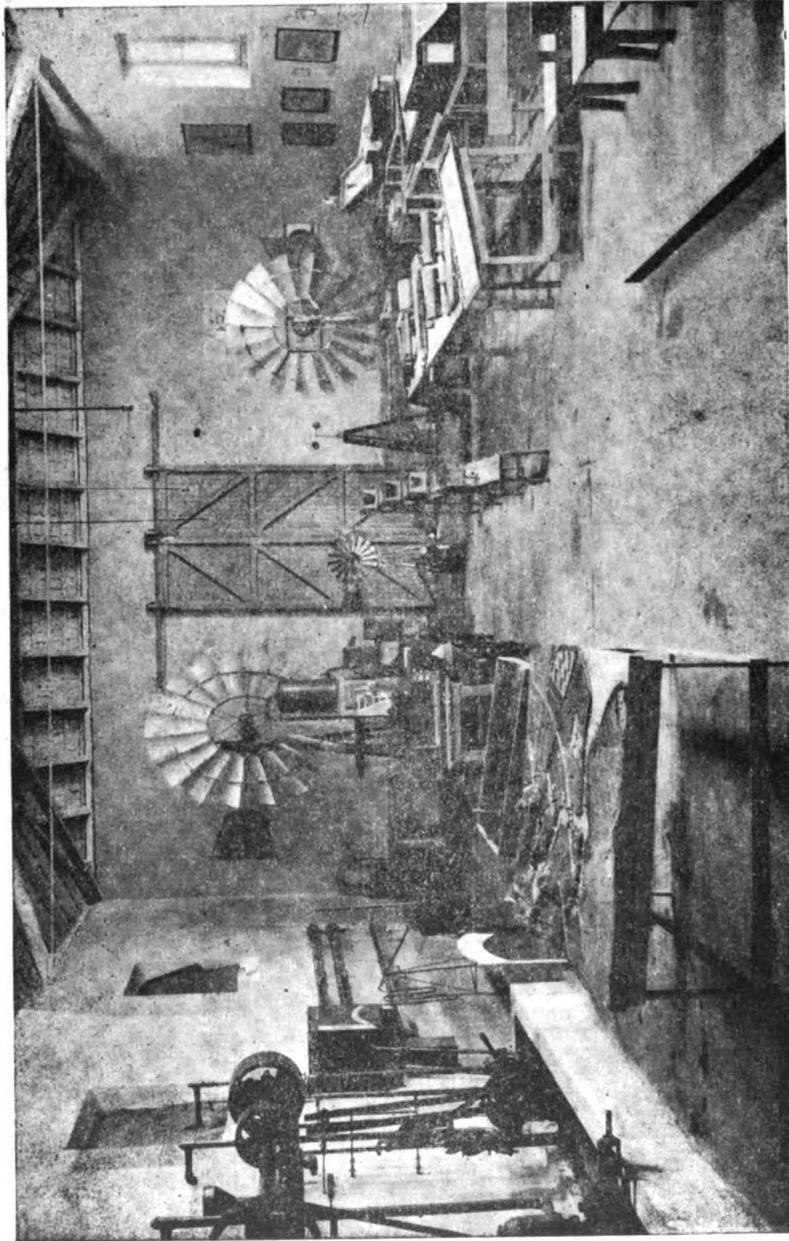
Entre los modelos con que se ha enriquecido el Laboratorio recordamos los siguientes:

- 1—Modelos de compuertas fijas y portátiles, vertederos, saltos, etc.
- 2—Modelos de medidores y marcos de agua usados en las viejas zonas de riego del país.



INSTALACION PARA EL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE BOMBAS Y MAQUINARIAS
ELEVADORAS DE AGUA

Fig. 5 Véase la descripción detallada de sus distintas partes en el texto: pagina 36.



Vista de conjunto del laboratorio de Hidrología Agrícola

- 3—Modelo de medidor Cipolletti.
- 4—Modelo de módulo o medidor Milanés.
- 5—Modelo de aguada para proporcionar agua a un establecimiento ganadero.
- 6—Modelo de las obras de embalse sobre el Río Primero, Dique de San Roque.
- 7—Modelo de las obras hidráulicas para el partido de Patagones.
- 8—Modelo de conjunto de obras hidráulicas, defensa de río, saneamiento, colmatajes, polders etc.
- 9—Varios modelos de sistemas de riego.

Después de esta rápida enumeración, deseamos manifestar que no creemos poseer con este Laboratorio lo ideal, ni lo más perfecto para el estudio de los distintos problemas que se plantean en el estudio de esta materia. Mucho camino nos queda a recorrer; pero nos proponemos seguir nuestra tarea hasta lograr el máximum de eficiencia didáctica del mencionado Laboratorio en relación a los elementos que tendremos a nuestra disposición.

Mientras tanto, considerando y comparando lo actual con el estado anterior de esta enseñanza, es justo reconocer que, aun en este momento, nuestro Laboratorio constituye un exponente elogiado para nuestra Facultad, que se ha adelantado bajo este concepto a la mayor parte de las instituciones análogas del país y del extranjero.

M. Conti.

Agosto de 1924.