



Universidad de Buenos Aires  
FACULTAD DE AGRONOMIA

00456

PROGRAMA  
DE  
RIEGO Y DRENAJE

*Prof. titular: "Ad-Honorem":*

*Ing. Agrón. JORGE ALFREDO LUQUE*

*Aprobado por Resol. (C.D.) 114 del 13  
de agosto de 1979. Según expte. 130.367/79.*



Buenos Aires  
BIBLIOTECA CENTRAL  
1979

## RIEGO Y DRENAJE

### Programa Analítico

#### CAPITULO 1 - Introducción al conocimiento del Agua y del Riego.

EL AGUA.- Estados en que se encuentra. Composición y estructura. Ionización. Calidad del agua para riego. Sales solubles totales. pH. Cationes y aniones. Distribución del agua en el espacio y en el tiempo.

EL RIEGO.- Recursos superficiales de Argentina. El riego en el mundo, en América y en nuestro país. Zonas y provincias regadas. Cultivos. Estado actual y posibilidades.

Introducción a la Programación de Estudios con fines de riego. Proyectos de Riego.

#### CAPITULO 2 - Análisis de los recursos hídricos superficiales y subterráneos

Recursos SUPERFICIALES: masas de agua disponibles mensuales y su cálculo. Breve análisis del parámetro escurrimiento.

Metodología de aforos para corrientes superficiales o ríos. Sección y velocidad. Análisis de embalses.

Recursos hídricos SUBTERRANEOS: el agua subterránea y su aprovechamiento. Mantos acuíferos: prospección, calidad, profundidad, espesor, etc. Nivel estático y dinámico. Cono de depresión. Bombas y mecanismos para la elevación y extracción de agua. Equipos de bombeo. Selección de bomba y motor. Cálculos.

#### CAPITULO 3 - Evaporación, Evapotranspiración y Uso Consuntivo. Requerimientos de riego.

Conceptos de evaporación, evapotranspiración potencial y real y de uso consuntivo. Procedimientos para la determinación de la Evapotranspiración y Necesidades de agua: Thornthwaite, Papadakis, Turc, etc.

Procedimientos para la determinación del Uso consuntivo: Blaney y Criddle, Hargreaves, Christiansen (Utah), Grassi, Christiansen, etc.

Otros procedimientos.

Lámina de reposición. Coeficientes unitarios volumétricos mensuales de riego.

#### CAPITULO 4 - Relación AGUA-SUELO-PLANTA. Estudio y preparación de los suelos para Riego

Caracterización de la humedad del suelo. Constantes hídricas. Tensiones de succión. Potencial hídrico total. Umbral crítico. Capacidad de almacenamiento de humedad útil. Concepto de lámina por procedimiento edafológico. Metodologías para la determinación de la humedad

equivalente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Estudio y preparación de los suelos para riego. Análisis y reconocimiento. Agrupamiento textural para diseño en riego. Clasificaciones y parámetros.

Nivelación y movimientos de tierra con fines de riego. Metodología: procedimiento para el cálculo y ubicación del centroide. Uso de los perfiles medios. Cota de proyecto. Cálculo de corte y relleno, etc. Maquinarias a utilizar.

#### CAPITULO 5 - Hidráulica - Esgurrimiento a través de orificios. Esgurrimiento en cauces y canales.

Leyes y ecuaciones de aplicación. Movimiento y tipos de esgurrimiento. Esgurrimiento a través de orificios y tuberías.

Coefficientes hidráulicos: Chezy, Manning, etc. Vertederos: análisis, definiciones y tipos de vertederos. Rectangulares, trapeciales y triangulares.

Aforadores de esgurrimiento crítico. Aforador Parshall. Condiciones de trabajo.

Esgurrimiento en conductos abiertos: cauces y canales. Análisis de diseño. Construcción de canales. Proyecto de un canal: etapas.

Levantamiento topográfico, traza definitiva, terraplen, revestimientos. Estructuras.

#### CAPITULO 6 - Ingeniería de Riego - Infiltración. Análisis de parámetros para diseño

Infiltración para diseño de riego. Ecuaciones empíricas. Metodología para su determinación.

Planteo de la Demanda hídrica global: cálculo del volumen mensual requerido, el caudal continuo de entrega y de la relación Q/S o "dotación". Uso de los coeficientes unitarios volumétricos.

Aplicación del Diagrama de flujo en la Ingeniería de riego. Introducción al modelo computacional. Sistemas de distribución y entrega del agua a diferentes niveles.

Demanda libre. Turnado. Caracterización de la lámina bruta, lámina neta e intervalo de riego. Tiempos de riego.

#### CAPITULO 7 - Métodos y Sistemas de riego

Clasificación de los sistemas de riego. Sistemas de riego por gravedad. Riego superficial por inundación libre y por inundación controlada. Bordos o amelgas. Pautas de diseño. Riego por surcos. Procedimientos. Otros métodos considerados.

Sistemas de riego mecanizados. Riego por aspersión: ventajas y desventajas. Cálculo de un equipo de riego tipo. Modalidades de la aspersión. Sistemas provistos de "cañón regador" autopulsado.

Sistema de riego por aspersión circular a pivote central.

Métodos de riego por orificios y por goteo. Consideraciones técnicas y económicas.  
Pautas de diseño generales para la selección del sistema de riego a adoptarse.  
Métodos de riego en función de grupos de cultivos.

#### CAPITULO 8 - Suelos para riego.

Caracterización y análisis de los suelos con fines de riego. Clasificación utilitaria de los suelos por capacidad de uso para riego. Clases, sub-clases y factores considerados. Simbología y mapas.

Introducción al conocimiento de la clasificación de los suelos a los fines del escurrimiento. Otras clasificaciones.

Introducción al conocimiento de suelos afectados por sales en el perfil. Suelos salinos, salino-sódicos y sódicos.

#### CAPITULO 9 - Introducción al conocimiento del Drenaje

Drenaje: definición. Coeficiente de drenaje y su cálculo. Relación de los suelos afectados por sales con la necesidad de drenaje.

Principios sobre drenaje. Leyes y ecuaciones en relación con el movimiento del agua en medios saturados. Conductividad hidráulica. Metodología para su determinación en campaña.

#### CAPITULO 10 - Tipos de drenaje. Niveles para el desarrollo

Drenaje zonal. Técnica para el diseño. Estudios freaticométricos e instalación de una red de observación. Metodología.

Análisis de isobatas, isohipsas, mínimos niveles, isoincrementos, etc. Equipotenciales y líneas de flujo. Condiciones de flujo permanente y no permanente para el análisis y resolución del drenaje secundario y de apoyo.

Diseño y estudio de drenes paralelos y de nivel terciario o parcelario. Método de iteración para el trazado de drenes paralelos.

Otros antecedentes.

#### CAPITULO 11 - Proyectos y Operación de Riego

11.1. Breve análisis de evaluación y diseño de Proyectos de Riego. Secuencia recomendada para su desarrollo.

Programación y Diagramas.

11.2. Operación de Riego

Durante el transcurso de las clases se procederá al desarrollo técnico-aplicado de la Operación, Distribución y Manejo del Agua en un Distrito de Riego Tipo, considerando secuencialmente los factores que hacen al desenvolvimiento del tema:

a) Recursos hídricos disponibles - b) Análisis de los suelos - c) Cultivos o explotaciones - d) Análisis de la infraestructura de riego y drenaje - e) planteo para la operación y fases del proceso: curvas de demanda hídrica global; normas para el control y administración del recurso y, diagramado y turnado para la entrega.

Dicho conocimiento se proyectará sobre Manejo de Distritos y Sistemas de Riego en general.

### TRABAJOS PRACTICOS

1. Operación, distribución y manejo del agua en un distrito de riego tipo. Parte I: General.
2. Operación, distribución y manejo del agua en un distrito de riego tipo. Parte II: Uso Consuntivo.
3. Operación, distribución y manejo del agua en un distrito de riego tipo. Parte III: Demanda Hídrica Global, a diferentes niveles.
4. Aforos. Práctica y diseño de estructuras aforadoras.
5. Canales: Diseño y proyecto de canales.
6. Infiltración: Determinación de la Infiltración básica para proyectos de riego.
7. Riego por surcos: ensayo de láminas y caudales. Lámina y dotación, por el procedimiento edáfico. Eficiencia.
8. Proyecto e instalación de un equipo de bombeo. Cálculo de un sistema de riego con agua subterránea mediante compuertas regulables.
9. Proyecto, análisis y diseño de un equipo de riego por aspersión.
10. Métodos de nivelación y sistematización de tierras con fines de riego.
11. Drenaje: Cálculo de espaciamiento de drenes paralelos a nivel parcelario.

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- Berhr, R. (1954). Hidráulica Agrícola. Edit. Salvat, Barcelona. España.
- Bonnet, J. (1960). Edafología de los suelos salinos y sódicos. Universidad de Puerto Rico. San Juan de Puerto Rico.
- Bureau of Reclamation, USDA (1967). Diseño de presas pequeñas.
- Castany, G. (1971). Tratado práctico de las aguas subterráneas. Edit. Omega, Barcelona, España.
- Castilla Perez, O. Normas para el estudio y proyecto de sistemas de drenaje de aguas freáticas en los distritos de riego. Secretaría de Recursos hidráulicos. Memor. Técnico N° 240, México. Diciembre, 1966.
- Castilla Pérez, O. Proyecto de drenes parcelarios para fines de lavado de suelos. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Memor. Técnico N° 228. México. Diciembre. 1965.
- Ciril Fox (1953). El agua. Edit. Omega, España.
- Davis y De Wiest (1971). Hidrogeología. Edit. Ariel, España.
- Deliavsky, S. (1949). Irrigation and hydraulic design. Vol. I, II, III. London, England.
- Espinoza Vicente, E. (1964). Los distritos de riego. C.E.C.S.A. México.
- Hagan, R.M., Haise, H. y Edminster T. (1967). Irrigation of Agricultural Land. N° 11 Serie Agronomy, Amer. Soc. Agronomy, Madison, U.S.A.
- Henderson, F.M. (1966). Open Channel Flow. Edit. Mc. Millan Co., N.Y. U.S.A.
- Hidalgo Granados (1971). Métodos modernos de riego en superficie. Edit. Técnicos Asociados S.A., Barcelona, España.
- Israelsen, O.W. y Hansen, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Edit. Reverté, Barcelona, España. 1965.
- Kazman, R.G. (1969). Hidrología moderna. Ed. CECSA, México.
- King, H.W. y Brater, E.F. (1954). Handbook of hydraulics. Mc Graw Hill Book and Co., New York, USA.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A. y Paulhus, J.D. (1964). Hidrología para ingenieros. Mc Graw Hill, New York, USA.
- Linsley, R.K. y Franzini, J. (1964). Ingeniería de los recursos hidráulicos. Mc Graw Hill Book and Co., New York, USA.
- Luque, J.A. (1979). Administración y manejo de distritos y sistemas de riego. 2a. ed. Edit. Hemisferio Sur, Bs. As., Argentina.
- Luque, J.A. (1979). Proyectos agrícolas de riego. Edit. Hemisferio Sur, Bs. As., Argentina.
- Luque, J.A. (1977). Manual de evaluación técnica y elaboración de proyectos de riego. Edit. Hemisferio Sur, Bs. As., Argentina.
- Luque, J.A. (1975). Planteo secuencial de la operación de riego para la distribución, entrega y administración del agua. Instructivo No. 2, IICA, OEA, Zona Andina, Lima, Perú.

- Luque, J.A., Gutiérrez, A.U. y Paoloni, J.D. (1970). Requerimiento de agua y uso consuntivo en explotaciones de la Provincia de Río Negro. Ministerio de Economía, Prov. de Río Negro, Argentina.
- Luque, J.A. y Paoloni, J.D. (1974). Manual de operación de riego. 2da. edición. Edic. Riagro, Hemisferio Sur.
- Luque, J.A., Paoloni, J.D. y Tujchneider, O.C. (1972). Análisis de profundidad área. Duración (PAD) con estudio de precipitaciones máximas para la cuenca del Río Naposta Grande, Prov. de Buenos Aires. Anales Soc. Científica Argentina, Tomo CXIII Entregado 1/11, Ene-Feb 1972, Bs. As., Argentina.
- Luthin, J. (1966). Drainage engineering. Edit. J. Wiley, N.Y., USA.
- Luthin, J. (1967). Drenaje de tierras agrícolas. Teoría y aplicaciones, Edit. Limusa Wiley S.A., México.
- Olivier, H. (1963). Riego y clima. Edit. CECSA, México.
- Pizarro, F. (1978). Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Edit. Agrícola Española S.A., Madrid, España.
- Pires, M. y Ollier, Ch. (1965). El regadío. Edit. Técnicos Asociados, Barcelona, España.
- Remenieras, G. (1971). Tratado de hidrología aplicada. Edit. Técnicos Asociados S.A. Barcelona, España.
- Roe y Ayres (1960). Drenaje agrícola para ingenieros. Edit. Omega, España.
- Thorne, J. y Peterson (1969). Técnicas de riego. Edit. CECSA, México.
- Trueba Coronel, S. (1964). Hidráulica. Edit. CECSA, Mex., México.
- U.S.D.A. Richards y otros (1954). Handbook N° 60. Riverside, California, USA.
- Vente Chow (1958). Handbook of applied hidrology. Mc Graw Hill, New York, USA.
- Zimmerman, J.D. (1970). El riego. Edit. CECSA, México.

## PROGRAMA DE EXAMEN

### Bolilla 1:

- a) El agua: naturaleza y propiedades. Distribución del agua superficial como recurso en la Rep. Argentina. El agua de riego. Calidad, pH y sales solubles. El riego en el mundo y en la Argentina.
- b) Equipos de bombeo. Bombas: características, tipos y su empleo.
- c) Grupos texturales de suelos para riego: parámetros.

### Bolilla 2:

- a) Aforos: procedimientos de aforo basados en la ecuación:  $Q = S \times \bar{V}$ . Metodología. Prácticas del aforo.
- b) Introducción a los procedimientos de nivelación: método del centroide y de los perfiles medios.
- c) Masas de agua disponibles mensuales: metodología. Zonas de riego de la Rep. Argentina.

### Bolilla 3:

- a) Vertederos y aforadores. Modelos y ecuaciones en que se basan.
- b) Nivelación: desarrollo del procedimiento del centroide. Metodología para el cálculo de corte y relleno.
- c) Procedimiento secuenciado para la operación y el manejo del riego, partiendo de la información básica y requisitos previos: recursos hídricos, suelo, cultivos, etc.

### Bolilla 4:

- a) Proyecto y trazado de canales. Metodología y detalles.
- b) Evapotranspiración potencial y uso consuntivo de las explotaciones. Procedimientos diferenciados, Cálculo, etc.
- c) Aguas subterráneas. Movimiento de agua en mantos saturados. Aprovechamiento del agua subterránea.

### Bolilla 5:

- a) Lámina de riego: lámina neta y lámina bruta. Eficiencias. Cálculo de lámina e intervalo de riego.
- b) Métodos y sistemas de riego. Riego por gravedad.
- c) Suelos para riego: clasificaciones. Agrupación textural de los suelos con fines de diseño en riego.



**Bolilla 6:**

- a) Curvas de demanda: objetivos, unidades de trabajo, metodología. Uso de la demanda cuantificada desde el distrito a la sección de riego.
- b) Métodos y sistemas de riego. Desarrollo. Sistemas mecanizados.
- c) Cálculo del procedimiento para la determinación de la distancia en drenes parcelarios. Introducción al drenaje.

**Bolilla 7:**

- a) Mecanismo del riego: oportunidad y frecuencia. Tiempo de riego. Tiempos a nivel de parcela y a nivel de distrito.
- b) Riego por aspersión. Metodología y desarrollo.
- c) Procedimientos Blaney y Criddle y Hargreaves para el cálculo del uso consuntivo de las explotaciones.

**Bolilla 8:**

- a) Infiltración para diseño de riego. Desarrollo y variables. Aplicación del nomograma para la infiltración básica.
- b) Riego por goteo: aplicación y metodología.
- c) Demanda hídrica global: breve definición y análisis de su metodología. Coeficientes unitarios volumétricos mensuales de riego.

**Bolilla 9:**

- a) Introducción al conocimiento del drenaje. Metodología del drenaje zonal.
- b) Entrega volumétrica de agua de riego por turnado: metodología.
- c) Ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y métodos de riego: análisis.

**Bolilla 10:**

- a) Drenaje de apoyo y a nivel secundario. Casos que se presentan.
- b) Normas para la administración y el control del riego a nivel de sistema y/o distrito. Planillas de apoyo.
- c) Cálculo de lámina e intervalo de riego. Distintos conceptos de lámina y dotación de riego.

**Bolilla 11:**

- a) Suelos salinos, salino-sódicos y sódicos. Caracterización, clasificación, etc.
- b) Vertederos y aforadores. Clases. El aforador Parshall.
- c) Concepto de dotación o relación "caudal/superficie". Valor de la dotación "pico".

**Botilla 12:**

- a) Mecánica del riego: lámina caudal, intervalo. Métodos de entrega por demanda libre y volumétrico por turnado.
- b) Análisis del Plan anual de Cultivo y Riego. Actualización del Padrón de regantes.
- c) Conducción y distribución del agua de riego: canales y tuberías. Infraestructura de riego según el método o sistema adoptado.



Facultad de Agronomía  
Universidad de Buenos Aires