

8052-8139

ASIGNATURA: **Hidráulica General y Agrícola.**

Tema 1.- Introducción a la asignatura.

Lección 1.- Concepto de la asignatura.- Reseña histórica, evolución y estado actual de la Hidráulica General y Agrícola.- Definición y división de la Hidráulica.- Objetivo de la asignatura.

Tema 2.- Definición y propiedades físicas de los líquidos.

Lección 2.- Definición de líquido.- Propiedades de los líquidos (I): Peso y masa.- Peso específico absoluto.- Densidad específica.- Densidad relativa.- Presión y altura de presión.- Compresibilidad.

Lección 3.- Propiedades de los líquidos (II): Tensión superficial. Capilaridad.- Viscosidad.- Presión del vapor.

Tema 3.- Homogeneidad dimensional.

Lección 4.- Homogeneidad de las ecuaciones de mecánica de los fluidos.- Símbolos, dimensiones y unidades de las magnitudes más usuales en Hidráulica.- Variables implicadas en el movimiento de los fluidos.- Ecuación general de la Hidráulica.

Tema 4.- Hidrostática.

Lección 5.- Ecuación fundamental de la Hidrostática.- Superficies equipotenciales.- Equilibrio de los líquidos pesados.- Diagrama de presiones.

Lección 6.- Instrumentos para medidas de presiones: Barómetro, Piezómetros. Monómetro simple. Manómetro diferencial. Otros Manómetros.- Prensa hidráulica.

Lección 7.- Presión hidrostática sobre superficies planas. Centro de presión.- Aplicación a los casos mas usuales: Pared rectangular. Compuerta circular.- Estabilidad de un muro vertical.

Lección 8.- Presión hidrostática sobre superficies curvas: Componente según una dirección horizontal. Componente en la dirección vertical.- Presión sobre una superficie cilíndrica de generatrices horizontales.

Lección 9.- Presión sobre una compuerta de sector cilíndrico.- Tubo circular sometido a la acción de presiones hidráulicas internas uniformes. Fórmula de Mariotte.- Presiones de trabajo, de prueba y de rotura en una tubería.- Fórmula de Jurin.

#### Tema 5.- Cinemática de los líquidos.

Lección 10.- Métodos de estudio de Lagrange y de Euler.- Líneas, superficies y filetes de corriente.- Trayectorias.- Líneas de traza.- Aceleración de una partícula líquida.

Lección 11.- Tipos de flujo: Movimientos a presión y con superficie libre.- Regímenes laminar y turbulento. Velocidades media temporal, instantánea y de agitación.- Flujo permanente, variable, uniforme y no uniforme.

Lección 12.- Flujo rotacional e irrotacional.- Flujo en una, dos y tres direcciones.- Caudal. Velocidad media.- Ecuación de continuidad en los movimientos líquidos permanentes.- Ecuación diferencial de continuidad.

#### Tema 6.- Dinámica de los líquidos perfectos.

Lección 13.- Ecuaciones de Euler.- Movimiento paralelo y curvilíneo. Gradiente transversal de presiones.- Ecuación de Bernoulli. Movimiento permanente de los líquidos perfectos en el campo gravitatorio.- Representación gráfica de la ecuación de Bernoulli.- Presiones estática y dinámica.

#### Tema 7.- Dinámica de los líquidos reales.

Lección 14.- Hipótesis del movimiento medio local.- Ecuaciones de Navier-Stokes.- Extensión de la Ecuación de Bernoulli para una trayectoria en los líquidos reales. Pérdida de carga. Representación gráfica.

Lección 15.- Potencia en la sección transversal de una corriente líquida permanente. Coeficiente de Coriolis.- Extensión de la Ecuación de Bernoulli a las corrientes líquidas permanentes.- Potencia de una máquina hidráulica. Generalización de la Ecuación de Bernoulli a las corrientes líquidas permanentes con máquinas hidráulicas intercaladas.

Lección 16.- Ecuación de la cantidad de movimiento en un tubo de corriente en régimen permanente. Factor de corrección de la cantidad de movimiento.- Cavitación. Coeficiente de cavitación crítico.

#### Tema 8.- Hidrometría.

Lección 17.- Tubos de Pitot y de Prandtl.- Aforador Venturi.- Características de los chorros. Coeficientes de chorro.- Orificios de pared delgada no sumergidos y sumergidos.- Diagrama aforador.- Pérdida de carga en un orificio.

Lección 18.- Toberas de aforo. Toberas de descarga.- Boquillas cilíndricas- Vaciado de depósitos mediante orificios, toberas y boquillas.

Lección 19.- Vertederos de aforo: Clasificación.- Vertederos de pared delgada con lámina libre: V. rectangular sin y con contracción lateral. V. triangular. V. trapecial.

Lección 20.- Vertedero sumergido.- Vertedero de cresta ancha.- Criterios para la elección de un vertedero de aforo.- Vertedero de pared curva. Presa vertedero- Vaciado de depósitos mediante vertederos.- Aforador Parshall.

#### Tema 9.- Movimiento de líquidos en tuberías a presión.

Lección 21.- Definición de los elementos, piezas especiales y dispositivos de que consta una red de tuberías.- Redes de riego por aspersión y localizado.- Materiales más frecuentemente utilizados en las tuberías. Conducciones de riego y de drenaje.

Lección 22.- Significado del número de Reynolds. Valores críticos.- Flujo laminar en tuberías: Distribución de las tensiones tangenciales y de las velocidades en una sección transversal. Pérdida de carga continua entre dos secciones transversales.

Lección 23.- Flujo turbulento. Orígenes de la turbulencia. Hipótesis de la viscosidad de remolino de Boussinesq.- Noción de la capa límite. Subcapa laminar o viscosa.- Flujo en la región de entrada de una tubería. Sector inicial de la corriente laminar o turbulenta.

Lección 24.- Pérdidas de carga continuas en régimen turbulento permanente y uniforme.- Rugosidad absoluta y relativa de los tubos.- Fórmula universal de Darcy-Weirbach. Factor de fricción. Velocidad de fricción.- Comportamiento hidrodinámico de las tuberías.- Distribución logarítmica de la velocidad.

- Lección 25.- Fórmula experimental de Blasius.- Experiencias de Nikuradse. Abaco de Nikuradse.- Fórmula logarítmica de resistencia de Karman-Prandlt y de White - Colebrook.- Numero de Reynolds de rugosidad.- Abaco de Moody para tuberías comerciales. Otros ábacos.
- Lección 26.- Fórmulas empíricas exponenciales para el cálculo de las pérdidas de carga continuas: Régimen turbulento liso, de transición y rugoso.- Criterios para la aplicación de estas fórmulas.- Velocidades medias máximas y mínimas.- Envejecimiento de las tuberías.
- Lección 27.- Pérdidas de carga localizada.- Longitud equivalente de conducción.- Ensanchamiento brusco de sección. Desembocaduras.- Ensanchamiento gradual. Difusores.- Estrechamiento brusco de sección. Embocadura.- Estrechamiento gradual. Toberas.- Válvulas.- Codos.- Bifurcaciones y uniones.- Métodos aproximados para evaluar las pérdidas de carga localizadas.- Pérdida de carga total en una tubería.
- Lección 28.- Funcionamiento de las tuberías. Posición de la línea Piezométrica respecto al perfil altimétrico de la conducción.- Regulación del caudal en cabecera o en cola. Colocación de arquetas de rotura de carga.
- Lección 29.- Tubería sencilla con llave o tobera en su extremidad.- Tubería en sifón.- Tuberías en serie.- Tuberías en paralelo.
- Lección 30.- Tuberías con servicio en su recorrido. Servicio mixto.- Curvas características de los emisores en los sistemas de riego por aspersión y localizado.- Tuberías con distribución uniforme y discreta de caudales.
- Lección 31.- Tuberías con distribución continua de caudales.- Cálculo de la presión en el origen de un lateral porta-emisores. Aplicación a los laterales de riego por aspersión y localizado.- Tuberías alimentadas por sus dos extremos. Determinación del punto neutro.

#### Tema 10.- Movimiento de líquidos en canales.

- Lección 32.- Movimiento permanente y uniforme en canales.- Ecuación general de la pérdida de carga continua.- Fórmulas prácticas para la determinación de las pérdidas de carga continuas.- Distribución de la velocidad en una sección transversal.- Velocidades medias máximas y mínimas. Velocidad de erosión y de sedimentación.

- Lección 33.- Características hidráulicas de las secciones transversales de más frecuente uso.- Calados que proporcionan la velocidad media máxima y el caudal máximo en canales de sección circular. Curva característica caudal-calado.
- Lección 34.- Sección hidráulica óptima. Secciones trapecial y rectangular de mínima resistencia.- Curva característica Q-y de un canal en régimen uniforme. Caudal específico del canal.
- Lección 35.- Flujo permanente y variado en canales.- Calado normal. Formas del movimiento gradualmente variado.- Energía específica en una sección transversal.- Calado crítico.
- Lección 36.- El régimen de la corriente y el número de Froude.- Ecuaciones que definen el régimen crítico en un canal rectangular.- Variación caudal-calado a energía específica constante.- Variación energía específica-calado a caudal constante.
- Lección 37.- Pendiente crítica.- Transiciones a través del calado crítico. Paso del régimen lento al rápido.- Paso del régimen rápido al lento. Resalto hidráulico.
- Lección 38.- Ecuación diferencial del régimen permanente gradualmente variado.- Clasificación de las curvas de remanso.- Método de cálculo tramo a tramo.

#### Tema 11.- Bombas hidráulicas.

- Lección 39.- Alturas geométrica y manométrica de elevación.- Curva característica de la conducción.- Potencias y rendimientos de un grupo moto-bomba.- Clasificación de las bombas hidráulicas: B. rotodinámicas. B. volumétricas. B. gravimétricas.
- Lección 40.- Bombas centrífugas.- Altura de aspiración de una bomba centrífuga.- Factor NPSH. Condición de funcionamiento sin cavitación.- Tipos e instalaciones de bombas rotodinámicas más usuales.
- Lección 41.- Ecuación de Euler de las turbobombas.- Influencia del ángulo  $B_z$  en las características de funcionamiento de una bomba centrífuga.- Pérdidas de energía en una bomba hidráulica. Rendimientos hidráulico, volumétrico y mecánico.
- Lección 42.- Bombas homólogas. Leyes de semejanza en bombas hidráulicas.- Fórmulas de semejanza cuando varía únicamente el número de revoluciones.- Velocidad específica, cinemática, dinámica y adimensional.- Clasificación de las bombas hidráulicas según su velocidad específica.

Lección 43.- Curvas características de las bombas rotodinámicas a velocidad constante. Punto de diseño.- Curvas características generales de las bombas rotodinámicas a velocidades variables.

Lección 44.- Punto de funcionamiento de una instalación elevadora.- Estabilidad del sistema.- Entorno de trabajo de una bomba rotodinámica. Regulación económica del caudal.- Resolución de casos prácticos.

Tema 12.- Movimiento variable de líquidos en tuberías; Golpe de Ariete.

Lección 45.- Descripción del fenómeno transitorio del golpe de Ariete.- Celeridad de la onda de presión en una tubería. Fórmula de Joukowski.- Fórmula de Allievi.

Lección 46.- Tiempo de cierre de las válvulas. Cierre rápido, crítico y lento.- Fórmula de Micheaud.- Cálculo práctico de la celeridad en tubos industriales.- Métodos para reducir la intensidad del golpe de ariete.

Lección 47.- Fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de anulación de la velocidad del agua en tuberías de impulsión.- Casos prácticos de impulsiones "largas" y "cortas". Efectos de las válvulas de retención y situación adecuada de las mismas.

Tema 13.- Hidrología agraria.

Lección 48.- El ciclo hidrológico.- Precipitaciones.- Infiltraciones.- Escorrentías.- Evapotranspiraciones.- Acuíferos; Definición y clasificación.

Lección 49.- Aguas superficiales y subterráneas.- Recursos hidráulicos en España y su aprovechamiento.- Balance hídrico del suelo agrícola.

Tema 14.- El agua en el suelo.

Lección 50.- Fuerzas de retención del agua por el suelo.- Movimiento del agua en suelos saturados. Ley de Darcy.- Conductividad hidráulica. Factores que influyen en la conductividad.- Generalización de la Ley de Darcy y límites de validez.

### Tema 15.- El riego.

- Lección 51.- Parámetros del riego.- Necesidades de agua de riego.- Eficiencias en el uso del agua de riego.- Utilización económica del agua de riego.
- Lección 52.- Dosis de riego.- Conceptos y normas fundamentales.- Dosis teórica y dosis real.- Espaciamiento entre dos riegos consecutivos.- Módulo de riego.- Subdivisión de las superficies regadas.
- Lección 53.- Caudales ficticios continuos.- Aplicaciones y normas para zonas de riego de uno y de varios cultivos.
- Lección 54.- Duración del riego.- Jornada de riego.- Caudales máximos de funcionamiento en las redes de riego.- Programación y planificación de riegos.
- Lección 55.- El riego por aspersión; Descripción y características generales.- Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.- Análisis crítico.
- Lección 56.- Cálculo y diseño hidráulico de riego por aspersión.
- Lección 57.- El riego localizado; Descripción y características generales.- Clasificación de los sistemas de riego localizado.- Análisis crítico.
- Lección 58.- Cálculo y diseño hidráulico del riego localizado.

### Tema 16.- El drenaje agrícola.

- Lección 59.- Incidencia del drenaje en el suelo agrícola y los cultivos.- Sistemas de drenaje agrícola.- Tipos de drenes.- Instalación de los drenes.
- Lección 60.- Drenaje en régimen permanente.- Drenaje en régimen variable.- Criterios para la ejecución de drenajes agrícolas en régimen permanente y variable.
- Lección 61.- Cálculo y diseño hidráulico del drenaje agrícola.

## BIBLIOGRAFIA

- CARLIER, M. 1972. Hydraulique Générale et Appliqué. Ed. Eyrolles. Paris.
- CLEMENT, R. 1979. Irrigation par aspersion. Ed. Eyrolles. Paris.
- CHOW, V.T. 1982. Hidráulica de los canales abiertos. Ed. Diana. México D.F.
- DE PACO, J. L. 1969. Conducciones con servicio en ruta. E.T.S.I. A., Universidad Politécnica. Valencia.
- GOMEZ, P. 1981. Técnica y tecnología del riego por aspersion. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- ILRI. 1978. Principios y aplicaciones del drenaje (4 tomos). Wageningen (Holanda).
- KARMELI, D. y KELLER, J. 1975. Trickle irrigation design. Rain Bird. Glendora. California.
- MONTALVO, T. 1980. Fórmulas logarítmicas en el cálculo de tuberías. E.T.S.I.A., Universidad Politécnica. Valencia.
- TORRES, J. E. 1971. Hidráulica. E.T.S.I.A., Valencia.
- TORRES, J. E. y DE PACO, J.L. 1979. Curso Internacional de Ingeniería del Riego y del Drenaje. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- TORRES, J. E. 1981. Principios básicos de Hidráulica, II Curso Internacional de Riego localizado. I.N.I.A. (Centro Regional de las Islas Canarias), Tenerife.
- TORRES, J. E. 1982. Hidráulica de las redes de riego a presión. II Curso sobre Tecnología del Riego. E.T.S.I.A. de Lérida. Universidad Politécnica de Barcelona. Lérida.
- TROSKOLANSKY, A.T. 1977. Les turbopompes. Ed. Eyrolles. Paris.
- VERMEIREN, I. 1980. Localized irrigation. FAO. Roma.