



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE  
INGENIEROS DE MINAS  
-----

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**INGENIERÍA GEOLÓGICA**

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA  
***RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS***

**Curso** : 4º  
**Cuatrimestre** : 2º  
**Carácter** : Optativa

**Créditos totales**  
Teóricos : 2,5  
Prácticos : 2

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 1: 2001-09-03

## RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS: PROGRAMA

### a) *OBJETIVOS Y CONTENIDOS*

#### **BLOQUE 1: Conceptos básicos**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

*1.1 Comprender los conceptos de ciclo hidrológico y balance hídrico*

*1.2 Conocer la clasificación hidrogeológica de los materiales*

##### CONTENIDOS:

#### 1.1: CICLO HIDROLÓGICO

- Naturaleza y composición del agua
- Unidad del agua en la atmósfera, superficie y subsuelo
- Factores condicionantes
- Lluvia útil

#### 1.2: ACUÍFERO, ACUITARDO, ACUICLUDO Y ACUÍFUGO

- Definiciones y características principales
- Posibilidades de investigación y explotación

#### 1.3: BALANCE HÍDRICO

- Elementos del balance
- Interacción entre elementos
- Actuación antrópica y natural

#### **BLOQUE 2: El agua en la atmósfera**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

*2.1 Comprender la hidrometeorología*

*2.2 Conocer que factores intervienen en la precipitación, evaporación y evapotranspiración*

*2.3 Conocer los equipos y técnicas de medida, así como el tratamiento de los datos obtenidos*

CONTENIDOS:

2.1: HIDROMETEOROLOGÍA y CLIMATOLOGÍA

- Composición y características de la atmósfera
- Comportamiento hidrológico de la atmósfera
- Equipamiento de medida
- Factores condicionantes del clima
- Clasificaciones climáticas

2.2: HUMEDAD ATMOSFÉRICA

- Naturaleza y características
- Factores condicionantes

2.3: PRECIPITACIONES

- Génesis y distribución
- Tipos y leyes de variación
- Tratamiento de datos y cálculos estadísticos
- Series temporales
- Precipitaciones ocultas
- Lluvia artificial

2.4: EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

- Génesis y características
- Factores condicionantes
- Equipamiento de medida y métodos de cálculo
- Tratamiento de datos y cálculos estadísticos
- Series temporales

**BLOQUE 3: Hidrología de superficie**

*OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

*3.1 Conocer los equipos de medida y técnicas de cálculo de escorrentías*

*3.2 Conocer los cálculos estadísticos de escorrentía*

CONTENIDOS:

3.1: ESCORRENTÍA

- Naturaleza y principales características y fases
- Factores condicionantes
- Equipamiento de aforo

### 3.2: HIDROGRAMAS

- Etogramas
- Relación lluvia-escorrentía
- Hidrograma de un río
- Curva de agotamiento
- Tratamiento de datos y cálculos estadísticos
- Series temporales

## **BLOQUE 4: El agua en el subsuelo**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 4.1 Comprender el comportamiento del agua en el subsuelo*
- 4.2 Conocer los métodos de cálculo de la humedad del suelo*

### CONTENIDOS:

#### 4.1: INFILTRACIÓN

- Origen y factores condicionantes
- Saturación y capacidad de campo
- Medida de la infiltración

#### 4.2: ZONACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL TERRENO

- Clases y tipos de agua en el subsuelo
- Franja de aireación o no saturada
- Franja de saturación
- Transito del agua gravífica

## **BLOQUE 5: Relaciones acuífero-río**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 5.1 Comprender la relación existente entre ríos y acuíferos (recarga y/o drenaje)*
- 5.2 Conocer los modelos de gestión conjunta de aguas*

### CONTENIDOS:

#### 5.1: RÍO INFLUENTE Y EFLUENTE

- Caracterización y factores identificadores
- Interdependencia
- Recarga y descarga inducida

## 5.2: ÁREAS INUNDADAS

- Humedales
- Lagos y embalses

## 5.3: GESTIÓN CONJUNTA DE AGUAS SUPERFICIALES/SUBTERRÁNEAS

- Modelos de uso conjunto
- Planificación hidrológica

## **BLOQUE 6: Recarga artificial**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 6.1 Comprender los objetivos de la recarga artificial*
- 6.2 Conocer las técnicas de recarga artificial existentes*

### CONTENIDOS:

#### 6.1: RECARGA EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS

- Objetivos
- Dispositivos de recarga
- Problemas y soluciones
- Medidas de control
- Experiencias nacionales e internacionales

#### 6.2: RECARGA EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS

- Objetivos
- Dispositivos de recarga
- Problemas y soluciones
- Medidas de control
- Experiencias nacionales e internacionales

## **BLOQUE 7: Acuíferos costeros**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 7.1 Comprender las leyes que rigen el equilibrio agua dulce-salada*
- 7.2 Conocer el comportamiento de la interfase agua dulce-salada en acuíferos libres y cautivos*
- 7.3 Conocer las técnicas de captación y creación de barreras contra la intrusión*

### CONTENIDOS:

#### 7.1: TIPO DE ACUÍFEROS COSTEROS

- aturaleza y características principales
- Factores determinantes

#### 7.2: INTERFASE AGUA DULCE-SALADA

- aturaleza y características principales
- Facies química del agua
- Ley de Ghiben-Herzberg
- Condiciones reales y ley de Hubbert
- Dispositivos de auscultación y control

#### 7.3: EXPLOTACIÓN Y PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS COSTEROS

- Técnicas de captación
- Control de la intrusión

### **BLOQUE 8: Aguas minerales y termales**

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 8.1 Conocer el concepto de agua mineral y de su tipología*
- 8.2 Conocer la legislación existente y los límites admisibles en su composición*
- 8.3 Conocer la tramitación administrativa que debe desarrollarse*
- 8-4 Conocer las medidas de protección y control*

#### CONTENIDOS:

##### 8.1: TIPOS DE AGUAS MINERALES Y/O TERMALES

- Agua de manantial
- Agua mineral natural
- Agua tratada
- Aguas termales

##### 8.2: LEGISLACIÓN APLICABLE

- Directivas de la Unión Europea
- Legislación española

##### 8.3: HIDROQUÍMICA DEL AGUA MINERAL

- Límites máximos admisibles
- Nivel guía o de referencia
- Tratamientos fisicoquímicos admisibles

##### 8.4: PROCEDIMIENTO PARA SU DECLARACIÓN

- Tramites administrativos

- Controles y muestreo físicoquímico
- Contenido del informe de apoyo

#### 8.5: MEDIDAS DE PROTECCIÓN HIGIÉNICO SANITARIAS

- Perímetro de protección
- Zonación del perímetro y grados de protección

### **BLOQUE 9: Modelización hidrogeológica**

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 9.1 Comprender las limitaciones y objetivos de la modelización hidrogeológica*
- 9.2 Conocer el proceso de modelización hidrogeológica y sus controles numéricos*
- 9.3 Conocer los principales tipos de modelos hidrogeológicos (conceptual, físico y numérico)*
- 9.4 Conocer las condiciones de contorno*
- 9.5 Conocer los criterios de convergencia y cálculo de errores*

#### CONTENIDOS:

##### 9.1: PROCESO DE MODELIZACIÓN

- Identificación de objetivos
- Definición de hipótesis de partida
- Selección de la herramienta de modelización
- Fases de trabajo y autocontrol

##### 9.2: MODELO CONCEPTUAL

- Definición del área y límites del modelo
- Definición del espaciado temporal
- Recopilación y síntesis de la información disponible
- Rango de variación paramétrica

##### 9.3: DISCRETIZACIÓN

- Discretización espacial
- Discretización temporal

##### 9.4: CONDICIONES DE CONTORNO

- Piezometría inicial
- Nivel constante
- Flujo constante
- Nivel forzado (ríos y drenajes)
- Superficie piezométrica
- Barreras de flujo

##### 9.5: FUNCIONES DE RECARGA Y DESCARGA

- Sondeos de inyección y drenaje
- Recarga por lluvia
- Descarga por evapotranspiración
- Compactación del terreno

#### 9.6: CRITERIOS DE CONVERGENCIA Y CALIBRACIÓN

- Piezómetros de control
- Balance de masas
- Proceso de calibración del modelo
- Definición del error máximo admisible
- Análisis de sensibilidad

#### 9.7: PREDICCIÓN

- Obtención de resultados
- Simulación
- Problema inverso

### **b) BIBLIOGRAFÍA**

#### BÁSICA:

- BAQUERO, J.C. *Modelización hidrogeológica en minería. Aplicación al drenaje de minas*. Tesis Doctoral. U.P.M. E.T.S.I. Minas. Madrid. 1999.
- CUSTODIO, E., et al. *Hidrología subterránea*. Omega, S.A. Barcelona, 1976.
- DAVIS, S.N., et al. *Hidrogeología*. Ariel. Madrid. 1971.
- FERNÁNDEZ-RUBIO, R et al. *Apuntes elaborados por la Unidad Docente de Hidrogeología*. Madrid. 2001.

#### COMPLEMENTARIA:

- ANDERSON, M.P. y WOESSNER, W.W. *Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press Inc. a Division of Harcourt Brace & Company. Nueva York. 1992.
- MARJORIBANKS, R.W. *Geological Methods in Mineral Exploration and Mining*. Chapman & Hall. Londres. 1997.
- WATERLOO HYDROGEOLOGIC SOFTWARE. *Visual MODFLOW. The Integrated Modeling Environment for MODFLOW and MODPATH*. Waterloo. 2000.



**c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS**

Se propondrá a cada alumno la realización de un trabajo monográfico práctico tutelado, individual.

**d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

La calificación final consta de dos sumandos: teoría y práctica.

Teoría: Se realizará una evaluación continua a lo largo del curso por temas, mediante controles o pruebas (preguntas o problemas). A los controles o pruebas no realizados se les asignará cero puntos. La calificación media de la teoría supondrá el 70% de la calificación final. Los alumnos que no hayan aprobado algún tema, deberán realizar examen final de la asignatura, cuya calificación supondrá el 70% de la calificación final.

Práctica: Cada alumno realizará un trabajo práctico, cuya calificación supondrá el 30% de la calificación final.