

**NOMBRE: FÍSICA DE MEDIOS POROSOS**

**CLAVE: O**

**CICLO: 2-3 SEMESTRE**

**PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)**

**HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)**

**Objetivo:** Que el alumno conozca los resultados fundamentales del flujo de fluidos en medios porosos y sea capaz de aplicarlos a fenómenos naturales en acuíferos, reservorios geotérmicos, hidrocarburos y en biología. El estudiante podrá construir modelos simples, para geometrías idealizadas de flujo, y también podrá plantear modelos numéricos para flujos no-isotérmicos en dos y tres dimensiones.

### **1.- Los conceptos fundamentales del flujo en medios porosos.**

- 1.1. Parámetros de la roca: Porosidad. Permeabilidad. Transmisibilidad y almacenamiento.
- 1.2. Volúmenes del Poro, del Sólido y Estructural. Compresibilidades.
- 1.3. Ley de Darcy para flujo monofásico e isotérmico. Soluciones fundamentales.
- 1.4. Aplicación a flujos ligeramente compresibles. Ecuación parabólica de conducción de flujo.
- 1.5. Geometrías de Flujo simplificadas: lineal, radial, esférica, elíptica.

### **2.- Propiedades Físicas y Matemáticas del Fluido.**

- 2.1. Viscosidad, Conductividad Térmica y Calor Específico del Fluido.
- 2.2. Flujo en dos fases. Adsorción y Capilaridad. Permeabilidades Relativas.
- 2.3. Histéresis, Imbibición y Drenaje en yacimientos de aceite y gas.
- 2.4. Fluidos no isotérmicos: ecuaciones integrales de la masa y de la energía.
- 2.5. Generalización de la ley de Darcy para flujos multifásicos no isotérmicos.
- 2.6. Ecuación general de estado del agua para usos geotérmicos e industriales.

### **3.- Modelos Matemáticos del flujo en medios porosos con aplicaciones.**

- 3.1. El Modelo de Advonin. El Modelo de Donaldson. El modelo de Warren y Root.
- 3.2. Análisis de Pruebas de Presión en Pozos productores de fluido.
- 3.3. Modelo Compuesto de Doble Porosidad-Permeabilidad.
- 3.4. Modelo general para el transporte de masa y energía en medios de múltiple porosidad.
- 3.5. Uso del simulador numérico TRAMER3 en código FORTRAN.

### **4.- Fenómenos Acoplados en medios porosos fracturados.**

- 4.1. El concepto de termo-poroelasticidad. Deformación Poroelástica de la Roca.
- 4.2. Ecuaciones de la Poroelasticidad Lineal Acopladas al Flujo de Fluidos Isotérmicos.
- 4.3. Sistemas multiporosos y multipermeables. Ejemplos en México.
- 4.4. Cálculo de Parámetros Promedio en las Interfaces del Sistema Roca-Fluido.
- 4.5. El Colapso de Fracturas en Reservorios con Poco Fluido.
- 4.6. Turbulencia y Aplicación de la Ley de Forchheimer.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- [1]. Abramowitz, M., Stegun, I. (1972). *Handbook of Mathematical Functions*. Dover, New York, 1046 págs.
- [2]. Advonin, N. (1964). *Some Formulas for Calculating the Temperature Field of a Stratum Subject to Thermal Injection*. Neft'i Gaz, Vol.3 (pp. 37-41).
- [3]. Assens, G.E. (1976). *Derivation, by Averaging of the Equations of Heat, Mass and Momentum Transfer in a Geothermal Reservoir*. Proceedings of the 2nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, (pp. 1-26), December 1-3, 1976, Stanford, California.
- [4]. Bear, J. (1988). *Dynamics of Fluids in Porous Media*. 1<sup>st</sup> Ed. Dover, (764 págs.), Nueva York.
- [5]. Bear, J. and Bachmat, Y. (1984). *Transport Phenomena in Porous Media - Basic Equations*. (3-61), en *Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media*. Bear, J. y Corapcioglu, Y., editores, Vol. **82**, (1003 págs.) NATO ASI Series E: Applied Sciences, M. Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- [6]. Bunschuh, J. and Suárez, M.C. *Introduction to the Numerical Modeling of Groundwater and Geothermal Systems: Fundamentals of Mass, Energy and Solute Transport in Poroelastic Rocks*, 525 pp., Vol. **2** Multiphysics Modeling series, ISBN: 978-0415-401678, 2010.

- [7]. Smith, G.D. (1978). *Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. 2<sup>nd</sup> Edition, (304 pp.). Clarendon Press - Oxford.
- [8]. Suárez, M.C. (2000). *Flujo de Fluidos No-Isotérmicos en Reservorios Fracturados con Porosidad y Permeabilidad Múltiples*. Tesis de Doctorado (295 pp.), Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado - UNAM.

**Técnicas de enseñanza sugeridas**

Exposición oral	( X )
Exposición audiovisual	( )
Ejercicios dentro de clase	( X )
Seminarios	( X )
Lecturas obligatorias	( X )
Trabajos de investigación	( X )
Prácticas en taller o laboratorio	( )
Prácticas de campo	( )
Otras:	( )

**Elementos de evaluación sugeridos**

Exámenes parciales	( X )
Exámenes finales	( X )
Trabajos y tareas fuera del aula	( X )
Participación en clase	( X )
Asistencia a prácticas	( )
Otras:	( )

- Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.