

¿Por que COMSOL Earth Science Module? Descripción general del Módulo de Ciencias de la Tierra

Fecha publicación: 07 de June de 2006

El Módulo de Ciencias de la Tierra o Earth Science Module (en adelante ESM) es un entorno de COMSOL Multiphysics para el modelado de **procesos físicos que intervienen en la superficie de la tierra y en la subsuperficies**. Las interfaces y modelos utilizan las formulaciones y lenguaje que los investigadores en este campo necesitan y comprenden. La mayoría de los modos de aplicación están sustentados en acoplamientos físicos múltiples que sirven para responder a preguntas sobre **abastecimientos de agua subsuperficial (acuíferos) reservas petrolíferas subsuperficiales, abocadores, contaminación ambiental, eliminación de residuos nucleares, agricultura e irrigación, filtración a través de muros de contención, corrientes y estuarios, por nombrar tan solo unos cuantos**.

La librería de modelos contiene **ficheros de modelo e instrucciones paso a paso** para ejemplos procedentes de **expertos famosos, artículos clásicos y otros manuales de software**. La mayoría de los modelos demuestran conceptos útiles en muchas aplicaciones. Por ejemplo, el flujo de agua y los modelos de transporte de soluto muestran herramientas que los científicos e ingenieros requerirán para analizar el flujo de petróleo, el transporte de calor y la migración del magma. Así mismo, sacando a relucir el poco usual ejemplo de flujo electromagnético y de fluido en el modelo del volcán se demuestra de un vistazo la gran potencia y carencia de limitaciones que le ofrece COMSOL Multiphysics para poder probar todas sus ideas, y también permite demostrar los protocolos que se pueden aplicar cuando se modelan sensores electromagnéticos para evaluar, por ejemplo, reservas de petróleo y acuíferos.

Beneficios del ESM

Los usuarios no familiarizados con COMSOL Multiphysics nunca habrán visto:

- Plantillas de ecuaciones o modos de aplicación fáciles de utilizar para modelar flujo variablemente saturado (de Richards), flujo saturado (Darcy, Brinkman), flujo libre (Navier-Stokes), transporte de soluto, y transferencia de calor **en un único paquete**;
- Un paquete suficientemente flexible para que pueda modificar ecuaciones, crear sus propias EDPs y enlazar arbitrariamente físicas y obtener un código de elementos finitos automático;
- Expresiones del tipo **sólo escríbela en** para propiedades de materiales, postprocesado y otras;
- Acceso a modos de aplicación en COMSOL Multiphysics que le permitirán pensar sobre acoplamientos físicos no estándares, como el enlace entre flujo, temperatura, deformación estructural o el enlace entre flujos de medios porosos y de superficie.

Los usuarios que ya estén trabajando con COMSOL Multiphysics deben saber que:

- El modulo combina flujo variablemente saturado, flujo saturado, flujo libre, transporte de soluto y transferencia de calor en un único paquete;
- Flujo variablemente saturado con la ecuación de Richards no existía previamente en COMSOL Multiphysics.

- Los modos de aplicación automáticamente tienen en cuenta las múltiples físicas que vienen por el hecho de tener alguno o ambos sólidos y fluidos en un volumen (dispersión de sustancias químicas y calor, sustancias químicas que atacan o absorción a las tierras)
- Herramientas para realizar el seguimiento de las propiedades de los fluidos, sólidos y gases en los medios porosos.

¿Qué se obtiene con ESM?

- **ECUACIONES: Siete modos de aplicación fáciles de usar** configurados para geociencias:
 1. **Ecuación de Richards** (presión, carga de presión, carga hidráulica) – **flujo lento en medios porosos variablemente saturados**, donde espacio de poro no está completamente lleno. Por ejemplo, irrigación de terrenos secos, agua desapareciendo en la arena de la playa; búsqueda de una posición basada en la física para la tabla de agua.
 2. **Ley de Darcy** (presión, carga de presión o carga hidráulica) – **flujo en medios porosos**. Una ley de Darcy para sistemas saturados con un único líquido. Como en un acuífero o una reserva petrolífera. Ecuaciones de Darcy múltiples para flujo de dos y tres fases. Como en una inyección de agua para movilizar petróleo hacia un pozo de extracción, flujo simultáneo de petróleo y gas.
 3. **Ecuaciones de Brinkman** (presión y velocidad) – **flujo en medios porosos que es suficientemente rápido para que la cizalladura sea importante**. Por ejemplo, flujo rápido cerca de la perforación de un pozo;
 4. **Ecuaciones de Navier Stokes** (presión y velocidad) – **flujo libre fuera del medio poroso**, en canales por ejemplo. Incluye opciones para flujos guiados por densidad (“no-isotérmico”) y flujos arremolinados. Por ejemplo, flujo en pozos, ríos, fracturas.
 5. **Transporte de soluto** (concentración) – **transporte de una o más sustancias químicas** en fluidos, sólidos, o sistemas fluido-sólido. Soporte para definir dispersión y absorción dependiente de la velocidad. Por ejemplo, polución, transferencia de gas, actividad microbiana.
 6. **Transferencia de calor** (temperatura) – transporte de calor en sistemas con componentes inmóviles (conducción) con o sin fluidos móviles (**convección y conducción**). Soportes que definen propiedades efectivas para medios con fluidos, sólidos y gases; dispersión dependiente de la velocidad; y **geotermias** generadas por decaimiento radiogénico.
- **Acceso completo a COMSOL Multiphysics y sus Módulos** para acoplamientos multifísicos.
- Si se desea, se puede obtener un **enlace a MATLAB** y correr COMSOL Multiphysics desde la línea de comandos de MATLAB en lugar de utilizar la interfaz gráfica de usuario de COMSOL Multiphysics; configurar los modelos de COMSOL Multiphysics desde la línea de comandos de MATLAB e importarlos a la GUI de COMSOL Multiphysics; utilizar rutinas y comandos de MATLAB dentro del modelo de COMSOL Multiphysics; utilizar herramientas de análisis de MATLAB dentro de COMSOL Multiphysics durante el postprocesado; exportar los resultados de COMSOL Multiphysics a MATLAB y Simulink, etcétera.
- **MODELOS: 22 modelos con acoplamientos físicos que cubren un gran número de estudios de investigación:**
 - Flujo a escala de poro** – flujo Navier-Stokes en los intersticios de un medio poroso de microescala, geometría para escanear imágenes de microscopio electrónico (ejemplo de un importante grupo de investigación)
 - Ejemplos de flujo variablemente saturado y transporte**
 - Interpolación – flujo con propiedades de materiales a partir de datos experimentales (ejemplo de los manuales de Hydrus y SWMS)
 - Flujo variablemente saturado – ejemplo de flujo del grupo hídrico de Arizona
 - Sorción de soluto – ataques químicos a sólidos mientras se mueve (Hydrus y SWMS)

- Cadena de reacción – flujo variablemente saturado y transporte de cadenas de decaimiento padres-hijas-nietas que involucran volatilización (manuales de Hydrus y SWMS)

Reservas de acuíferos y petróleo

- Ejemplos que cuadran importantes soluciones analíticas (Theis, Hantush y Jacob, Cooper y Papadopolus), incluyendo un modelo de depósito de perforación que tiene en cuenta como el fluido del pozo influye en los retrocesos de las reservas.
- Flujo de petróleo a un pozo perforado proveniente de los ingenieros de la Universidad Heriot-Watt
- Flujo que **transita desde la superficie a un flujo libre** que ilustra el flujo de petróleo en un pozo, también aplica a agua subterránea – agua superficial y flujo de factura.
- **Flujo de dos fases** – compara resultados de simulaciones de flujo para sistemas aire-agua, aire-aceite, y aceite-agua (duplica el estudio de USEPA)

Flujo y deformación

- **Poroelasticidad biot** – deformación de embalses cuando los fluidos son extraídos por bombeo (estudio USGS)
- Congelación del suelo describe la deformación relacionada con el cambio de volumen del cambio de fase hielo-agua (estudio de transporte de Holanda)

Transporte químico, contaminación, remedio

- Flujo variablemente saturado y ejemplos de transporte (de Hydrus y SWMS ver arriba)
- Inyección de soluto – inyección de fluido de **fuentes puntuales** con migraciones químicas a través de acuífero (ejemplo de manual de MT3D)

Electromagnéticos - volcán muestra flujo de agua acoplado al electromagnético – un ejemplo de varias partes que involucra una geometría 3D generada con datos topográficos reales (estudio publicado)