

Proyecto 1 - Evolución térmica en hormigones masivos

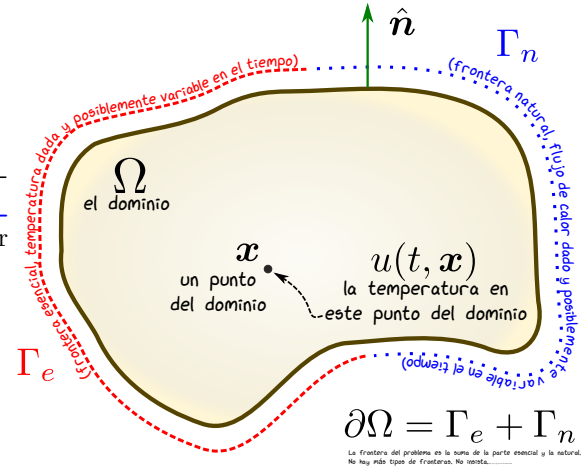
Profesor invitado: Álvaro Paul (apaul@miuandes.cl)

Objetivo:

Predecir, usando simulación numérica en diferencias finitas, la evolución térmica en hormigones masivos durante su proceso de maduración. Predecir datos reales y usarlos para mejorar las predicciones modeladas.

La siguiente ecuación diferencial en derivadas parciales, conocida como la ecuación de difusión (https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusion), describe la evolución de la temperatura por difusión de calor en un sólido:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{k}{cp} \nabla^2 u = q(t) \quad CB: \begin{cases} u(t, \mathbf{x}) = f_e(t, \mathbf{x}) & \forall \mathbf{x} \in \Gamma_e \\ \nabla u(t, \mathbf{x}) \cdot \hat{\mathbf{n}} = f_n(t, \mathbf{x}, u) & \forall \mathbf{x} \in \Gamma_n \\ u(0, \mathbf{x}) = u_0(\mathbf{x}) & t = 0 \end{cases}$$



La función $u(t, \mathbf{x})$ describe la temperatura de cada punto del dominio en función del tiempo y espacio. Las constantes k , c y ρ son la conductividad térmica, calor específico y densidad de masa del sólido respectivamente. En el caso del hormigón se considera que durante su maduración se introduce calor al sistema mediante una función de fuente $q(t)$ que describe el calor generado en cada punto en función del tiempo. Se considera dos tipos de condiciones de borde: una de temperatura dada en la frontera esencial del dominio (Γ_e) y otro de flujo de calor dado en la frontera natural (Γ_n) que posiblemente depende del tiempo, espacio y temperatura actual.

El objetivo es aprender a resolver la ecuación de difusión por diferencias finitas en 1-D, 2-D y 3-D y usarla para predecir la evolución de la temperatura en un caso real de hormigón masivo. Finalmente se buscará mejorar el modelo en base a los datos obtenidos explorando distintas opciones de parámetros y condiciones de borde y otros detalles de modelación.

1. Metas técnicas intermedias

[Meta 1] Armar un repositorio compartido en GitHub, llamado MCOC-Proyecto-1, agregando a todos los miembros de su grupo como colaboradores. La actividad del repositorio se utilizará para entender el funcionamiento del grupo y el aporte individual de cada integrante.

[Entrega 1] Enviar el link del repositorio al profesor (jaabell@miuandes.cl) con copia al ayudante de proyecto, Rodrigo Sivila (rosivila@miuandes.cl).

[Meta 2] Crear un *board* en Trello para coordinar los esfuerzos del grupo. Se deben crear tarjetas para cada meta y su correspondiente entrega, asignando tareas a cada integrante. Idealmente, se separa cada entrega en sub-pasos asignando a cada integrante alguna tarea. La actividad del trello board se utilizará para entender el funcionamiento del grupo y el aporte individual de cada integrante.

[Entrega 2] Compartir el board con el equipo de ayudantes y el profesor del curso.

[Meta 3] Jugar con propagación térmica 1-D (implementación entregada) para aprender aspectos básicos de la difusión del calor y su implementación.

[Entrega 3] (informe 4 hojas) Simular un caso 1-D considerando distintos parámetros, condiciones de borde, términos de fuente calórica y discretizaciones (estudio de convergencia). Estudiar al menos 10 casos con diferentes condiciones de bordes, parámetro y términos fuentes. Realizar una buena discusión de lo aprendido.

[Meta 4] Extensión guiada a 2-D. Se enseñara en clases como extender a 2-D y 3-D.

[Entrega 4] Extender el programa a 2-D y replicar resultados entregados por el profesor.

[Meta 5] Entender el proceso de generación de calor que se produce durante la hidratación del cemento y seleccionar y estimar parámetros razonables para la situación que se debe modelar.

[Entrega 5] Breve informe justificando selección.

[Meta 6] Extender simulaciones a 3-D y predecir (ciegamente) la evolución térmica en el experimento real.

[Entrega 6] Se realizan predicciones entregando evoluciones temporales en el tiempo en puntos específicos del dominio así como también visualizaciones de campos térmicos. Se compararán todos los grupos con los resultados experimentales.

Entrega final. En base a lo anterior y los resultados experimentales ya conocidos se realiza una calibración final de los parámetros del modelo.

2. Itinerario

- M 06/08/2019 Clase introductoria.

TFC: Trabajar [Meta 1], [Meta 2] y [Meta 3]

- L 12/08/2019 [Entrega 1], [Entrega 2] y [Entrega 3]. Clase para [Meta 4].
- M 13/08/2019 Cont. clase para [Meta 4]. Trabajar [Meta 4]. [Meta 5].

TFC: Trabajo en [Meta 4] y [Meta 5].

- L 19/08/2019 [Entrega 3], [Entrega 4]. Clase para [Meta 6]. Trabajar [Meta 6].
- M 20/08/2019 Trabajar [Meta 6].
- J 22/08/2019 [Entrega 6] via SAF y se hacen disponibles los datos reales y se comparan resultados de cada grupo.

TFC: Trabajo en entrega final.

- L 26/08/2019 ** Entrega final **

3. Formato entrega final

Se escribirá un artículo técnico en formato *paper* (dado, no más de 10 páginas) que deberá ser entregado via SAF y sometido al centro de escritura para dar cumplimiento al requisito de escritura de este curso.

4. Ponderación b

$$NP_1 = 0,4 \cdot EF + 0,6 \frac{E_1 + E_2 + 2E_3 + 2E_4 + E_5 + 2E_6}{8}$$

- NP_1 : Nota del proyecto 1.
- EF_1 : Nota de la entrega final del proyecto 1.
- E_i : Nota de la [Entrega i].

5. Herramientas computacionales usadas

- Control de versiones de código y trello.
- Álgebra lineal (`scipy.linalg`)
- Lectura de archivos de texto sencillos.
- Síntesis de resultaos y graficación (`matplotlib.pyplot`).

6. Herramientas matemáticas usadas

- Álgebra lineal (operaciones con matrices).
- Ecuaciones diferenciales parciales.