

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

CC3069 - Computación Paralela y Distribuida

Sección 21

Ing. Miguel Novella Linares



*Excelencia que trasciende*

**DELVALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

## Proyecto #1

Programación paralela con OpenMP

Davis Alvarez, 15842

Juan Solorzano, 18151

Mario Perdomo, 18029

**GUATEMALA, 18 de marzo de 2022**

# Tabla de contenidos

<b>Introducción</b>	<b>3</b>
Objetivos	3
<b>Disipación de calor</b>	<b>3</b>
Planificación de actividades	3
Diagrama de flujo	4
Resultados	4
Discusión	4
<b>Conclusiones</b>	<b>4</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>4</b>
<b>Apéndice</b>	<b>5</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>5</b>
<b>Anexos</b>	<b>5</b>
Catálogo de Funciones	5
Bitácora de pruebas	5

## Introducción

Para simular la forma en que se propaga el calor en un barra de metal se utiliza una Ecuación Diferencial Parcial (PDE). En esta ecuación se utiliza una metodología unidimensional, la que asigna un ancho 0 a la barra. Con ayuda de aproximaciones diferenciales finitas de las derivadas en el tiempo y la distancia se puede discretizar esta PDE con intervalos de tiempo iguales, y luego utilizando el método explícito de Euler para integraciones en el dominio del tiempo se obtiene el algoritmo:

$$T_j(t_i + 1) = T_j(t_i) + \frac{c\Delta t}{(\Delta x)^2} (T_{j-1}(t_i) - 2T_j(t_i) + T_{j+1}(t_i))$$

Este algoritmo simplificado para el cálculo de la nueva temperatura, basado en temperaturas anteriores, se utilizará en este proyecto para realizar la transformación de un programa secuencial en uno paralelo con ayuda de la herramienta OpenMP.

## Objetivos

- Implementar y diseñar un programa para la paralelización de procesos con memoria compartida usando OpenMP.
- Aplicar el método PCAM y los conceptos de patrones de partición y programa para modificar un programa secuencial y volverlo paralelo.

## Disipación de calor

La ecuación de difusión, generalmente conocida como ecuación de calor es:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = c \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}$$

donde  $T(x, t)$  es la función que buscamos resolver y donde  $x$  es la coordenada en el espacio y  $t$  es el tiempo. La constante  $c$  es el coeficiente de difusión que determina qué tan rápido cambia  $T(x, t)$  en el tiempo. Los problemas de difusión de calor suelen experimentar cambios drásticos al principio, pero luego la evolución de  $T(x, t)$  se vuelve más lenta cada vez.

Es posible resolver  $T(x, t)$  usando un esquema explícito, pero las restricciones del paso del tiempo se convierten en menos favorables, que por ejemplo, para la ecuación de ola. Y más importante, la solución de  $T(x, t)$  es bastante suave y cambia lentamente, pequeños cambios de tiempo no son convenientes y no se requiere exactitud, ya que el proceso de difusión va convergiendo a un estado estacionario.

Para obtener una solución equivalente de la ecuación de difusión y para aplicar métodos numéricos, necesitamos condiciones iniciales y de límites. La ecuación de difusión va con una condición inicial  $T(x, 0) = I(x)$ , donde  $I$  es una función prescrita. Un límite es necesario a cada uno de los puntos de lados, lo que significa que en una dimensión  $T$  debe ser conocida,  $T$  debe ser conocida o alguna combinación de estas.

Iniciando con la condición de límite más simple:  $T = 0$ . El problema de difusión en una dimensión puede ser especificado como:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = c \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}, \quad x \in (0, L), \quad t \in (0, T] \quad (1)$$

$$T(x, 0) = I(x), \quad x \in [0, L] \quad (2)$$

La ecuación (1) es conocida como ecuación de una dimensión de difusión, y generalmente llamada ecuación de calor. Con solo la derivada de primer orden una condición inicial es necesaria, mientras que, la derivada de segundo orden lleva a la demanda de dos condiciones de límite. El parámetro  $c$  debe ser dado y es llamado coeficiente de difusión.

Para discretizar esta ecuación, el primer paso que debemos realizar es reemplazar el dominio  $[0, L] \times [0, T]$  por un conjunto de puntos:

$$x_i = i\Delta x, i = 0, \dots, N_x,$$

$$t_n = n\Delta t, n = 0, \dots, N_t$$

Así,  $T_i^n$  denota la función que aproxima  $T(x_i, t_n)$  para  $i = 0, \dots, N_x$  y  $n = 0, \dots, N_t$ . Exigiendo que la PDE (1) sea cumplida en el punto  $(x_i, t_n)$  nos lleva a la ecuación:

$$\frac{\partial T(x_i, t_n)}{\partial t} = c \frac{\partial^2 T(x_i, t_n)}{\partial x^2}$$

El siguiente paso es reemplazar las derivadas por aproximaciones de diferencias finitas. El método más simple es utilizar el método Forward Euler en el tiempo y una diferencia central en el espacio. Con esto logramos transformar PDE a una ecuación algebraica:

$$[D_t^+ T = \alpha D_x D_x T]_i^n$$

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = c \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2}$$

La característica clave de esta ecuación es que es algebraica, que lo hace más simple de resolver. Asumimos que  $T_i^n$  es conocida y que  $T_{i+1}^n$  es la única incógnita para resolver:

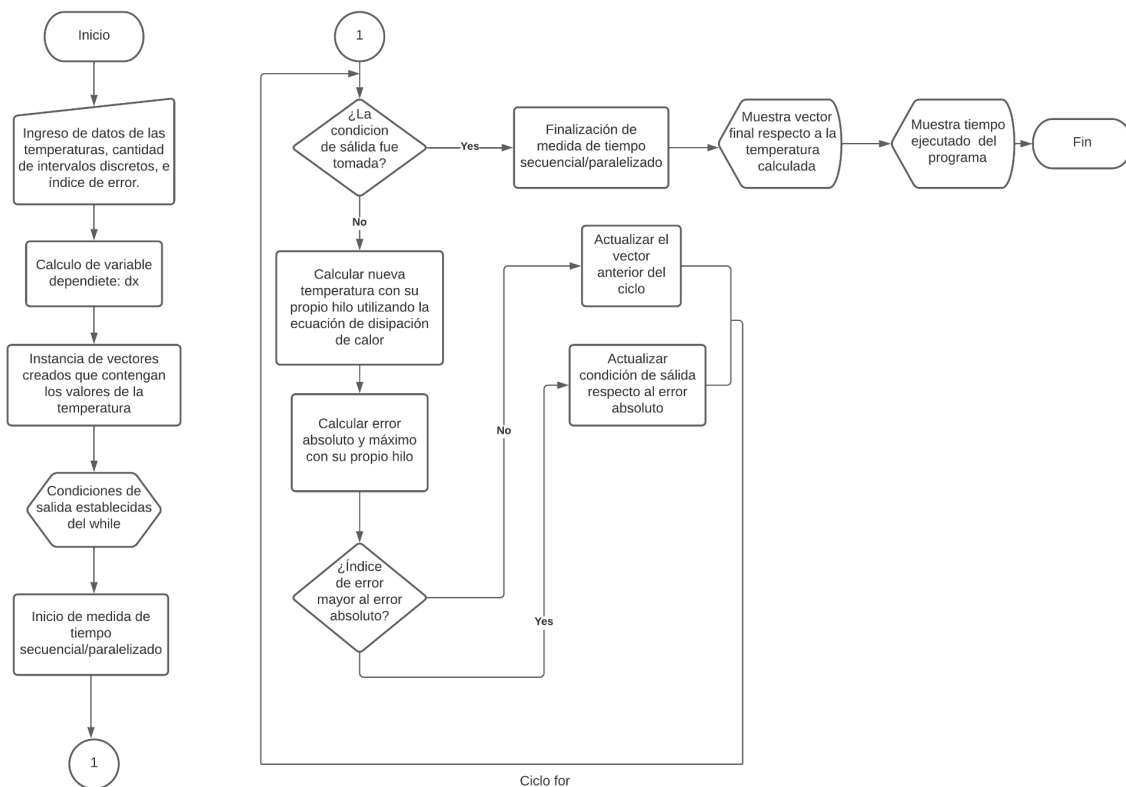
$$T_i^{n+1} = T_i^n + \beta (T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n)$$

Donde  $\beta$  no tiene dimensiones, que contiene a la coeficiente de difusión y las discretizaciones del cambio del tiempo  $\Delta t$  y el cambio en el espacio  $\Delta x$ .

## Planificación de actividades

No.	Semana	Tarea	Descripción
1	28 feb - 4 mar	Plantilla Reporte	Se crea el documento compartido para el reporte.
2		Algoritmo de disipación de calor	Se tiene el algoritmo base de cálculo de disipación de calor para iniciar a trabajar en su optimización
3	7 mar - 11 mar	Partición de los datos	Se planea la forma en que se van a dividir los datos para tu paralelización y se implementa
4		planificación de variables	Se identifica las variables privadas y compartidas que se utilizaran en el algoritmo
5		paralelizar algoritmo	se inicia con la paralelización del algoritmo
5	14 mar - 18 mar	paralelizar algoritmo	se inicia con la paralelización del algoritmo
6		realizar pruebas	Se pone a prueba el algoritmo paralelo y se calcula el speedup
7		Interfaz amigable de ingreso de datos	Se realiza una interfaz amigable para el ingreso de los datos al algoritmo
8		Completar reporte	Se complementa el reporte, discutiendo los resultados, colocando las conclusiones y recomendaciones.
9		Entregar/Presentar	Realizar entrega en canvas

## Diagrama de flujo



Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones

Apéndice

Bibliografía

Anexos

## Catálogo de Funciones

### Bitácora de pruebas

Threads = 6  
 Intervalos = 10  
 Longitud= 100  
 Temp inicial= 10  
 Temp izquierda = 10  
 Temp derecha= 100

#### Secuencial

Prueba	Tiempo
1	0.060000 s
2	0.060000 s
3	0.060000 s

#### Paralelo

Prueba	Tiempo
1	5.794000 s
2	5.802000 s
3	5.760000 s

Threads = 3  
 Intervalos = 10  
 Longitud= 100  
 Temp inicial= 10  
 Temp izquierda = 10  
 Temp derecha= 100

#### Secuencial

Prueba	Tiempo
1	0.060000 s
2	0.060000 s



3	0.060000 s
---	------------

## Paralelo

Prueba	Tiempo
1	3.179000 s
2	3.121000 s
3	3.033000 s

Threads = 3

Intervalos = 10

Longitud= 100

Temp inicial= 60

Temp izquierda = 20

Temp derecha= 150

## Secuencial

Prueba	Tiempo
1	0.089000 s
2	0.088000 s
3	0.089000 s

## Paralelo

Prueba	Tiempo
1	4.577000 s
2	4.634000 s
3	4.585000 s

inconvenientes