

# El conjunto de Mandelbrot

El conjunto de Mandelbrot es uno de los fractales más conocidos y estudiados. Su nombre se debe al matemático Benoit Mandelbrot que lo estudió en los años 70.

Se define como el conjunto de los números complejos  $c$  para los cuales la siguiente serie no diverge.

$$z_0 = 0$$
$$z_n = z_{n-1}^2 + c$$

En la figura puede verse la representación en el plano complejo de este conjunto. Los puntos representados en negro pertenecen al conjunto; el color del resto de los puntos depende de la velocidad con que la serie diverge.

Queremos saber si un número complejo  $c$  pertenece al conjunto de Mandelbrot. Para ello iteraremos la recurrencia anterior  $n$  veces. Si en algún momento el módulo del número complejo obtenido es estrictamente mayor que 2 consideramos que la serie es divergente y dejaremos de iterar. Si, por el contrario se alcanza la  $n$ -ésima iteración sin que el módulo del número complejo sea mayor de 2 entonces supondremos que la serie no es divergente y que por lo tanto el número complejo pertenece al conjunto de Mandelbrot.

## *Requisitos de implementación.*

En la implementación del problema se utilizará una clase genérica `complejo` cuya representación serán dos valores del tipo del parámetro. Se implementará en la clase un constructor que permita inicializar el número complejo, un operador suma (+), un operador producto (\*) y un método que calcule el módulo del número complejo. Estas operaciones se definen como:

$$(a+bi) + (c+di) = (a+c) + (b+d)i$$
$$(a+bi) * (c+di) = (a*c-b*d) + (a*d+c*b)i$$
$$mod(a+bi) = sqrt(a^2 + b^2).$$

## Entrada

La entrada comienza con un número entero mayor o igual que cero que indica el número de casos de prueba que aparecen a continuación. Cada caso de prueba consta de tres valores separados por blancos. Los dos primeros son números reales (`float`) con dos decimales que indican la parte real y la parte imaginaria del número complejo  $c$ . El tercer valor indica el número de veces que se quiere iterar la recurrencia para decidir si la serie es divergente.

Los datos de entrada cumplen que: la parte real e imaginaria del número  $c$  pertenecen al intervalo  $[-2..2]$  y el número de iteraciones pertenece al intervalo  $[100..500]$ .

## Salida

Para cada caso de prueba se escribe SI si el número complejo  $c$  pertenece al conjunto de Mandelbrot y NO si no pertenece.

## Entrada de ejemplo

```
2
-1.80 -0.40 400
0.20 -0.20 400
```

## Salida de ejemplo

```
NO
SI
```

**Autores:** Isabel Pita y Alberto Verdejo.