

## Práctica 03

DOCENTE	CARRERA	CURSO
Vicente Machaca Arceda	Maestría en Ciencia de la Computación	Algoritmos y Estructura de Datos

PRÁCTICA	TEMA	DURACIÓN
03	Quadtree y Octree	3 horas

### 1. Datos de los estudiantes

- Grupo: V
- Integrantes:
  - Angel Yvan Choquehuanca Peraltilla
  - Estefany Pilar Huaman Colque
  - Eduardo Diaz Huayhuas
  - Gustavo Raul Manrique Fernandez

### 2. Introducción

En el caso de árboles binarios, si los árboles están sesgados, se vuelven computacionalmente ineficientes para realizar operaciones en ellos. Esta es la motivación detrás de asegurarse de que los árboles no estén sesgados. De ahí la necesidad de árboles binarios balanceados.

### 3. Marco Teorico

#### 3.1. Quadtree

Un quadtree es una estructura de datos de árbol en la que cada nodo interno tiene exactamente cuatro hijos. Los Quadtrees son el análogo bidimensional de los octrees y se usan con mayor frecuencia para dividir un espacio bidimensional subdividiéndolo recursivamente en cuatro cuadrantes o regiones. Los datos asociados con una celda de la hoja varían según la aplicación, pero la celda de la hoja representa una unidad de información espacial interesante”.

Las regiones subdivididas pueden ser cuadradas o rectangulares, o pueden tener formas arbitrarias. Esta estructura de datos fue nombrada quadtree por Raphael Finkel y JL Bentley en 1974. Una partición similar también se conoce como Q-tree . Todas las formas de quadtrees comparten algunas características comunes:

- Descomponen el espacio en células adaptables.
- Cada celda (o balde) tiene una capacidad máxima. Cuando se alcanza la capacidad máxima, el cubo se divide
- El directorio del árbol sigue la descomposición espacial del quadtree.

## 3.2. Tipos

Los Quadrees pueden clasificarse según el tipo de datos que representan, incluidas áreas, puntos, líneas y curvas. Los Quadrees también pueden clasificarse según si la forma del árbol es independiente del orden en que se procesan los datos. Los siguientes son tipos comunes de quadrees.

### 3.2.1. Región Quadtree

El árbol cuadrangular de la región representa una partición del espacio en dos dimensiones al descomponer la región en cuatro cuadrantes iguales, subcuadrantes, etc., con cada nodo hoja que contiene datos correspondientes a una subregión específica. Cada nodo del árbol tiene exactamente cuatro hijos o no tiene hijos (un nodo hoja). La altura de los cuadrantes que siguen esta estrategia de descomposición (es decir, subdividir subcuadrantes siempre que haya datos interesantes en el subcuadrante para los que se desea un mayor refinamiento) es sensible y depende de la distribución espacial de áreas interesantes en el espacio que se está descomponiendo. La región quadtree es un tipo de trie.

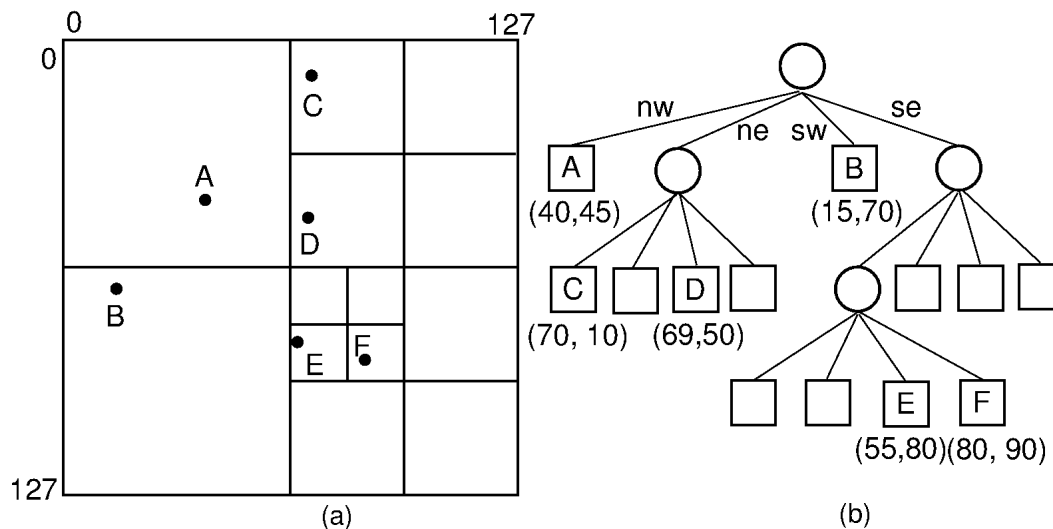


Figura 1: Ejemplo de Segmentacion en Regiones Quadtree

### 3.2.2. Punto Quadtree

El árbol cuádruple de puntos es una adaptación de un árbol binario utilizado para representar datos puntuales bidimensionales. Comparte las características de todos los quadrees, pero es un verdadero árbol, ya que el centro de una subdivisión siempre está en un punto. A menudo es muy eficiente para comparar puntos de datos ordenados bidimensionales, que generalmente operan en tiempo  $O(\log n)$ . Vale la pena mencionar los quadrees de puntos por su integridad, pero han sido superados por árboles  $k$ -d como herramientas para la búsqueda binaria generalizada.

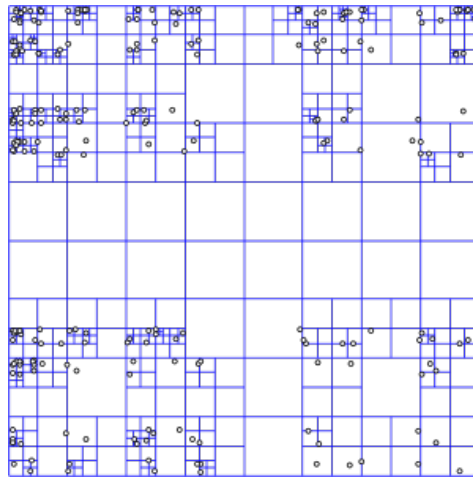


Figura 2: Punto Quadtree

### 3.2.3. Quadtree de región puntual (PR)

Los quadtrees de región puntual (PR) son muy similares a los quadtrees de región. La diferencia es el tipo de información almacenada sobre las células. En un quadtree de región, se almacena un valor uniforme que se aplica a toda el área de la celda de una hoja. Las celdas de un quadtree PR, sin embargo, almacenan una lista de puntos que existen dentro de la celda de una hoja. Como se mencionó anteriormente, para los árboles que siguen esta estrategia de descomposición, la altura depende de la distribución espacial de los puntos. Como el quadtree de puntos, el quadtree PR también puede tener una altura lineal cuando se le da un conjunto "malo"

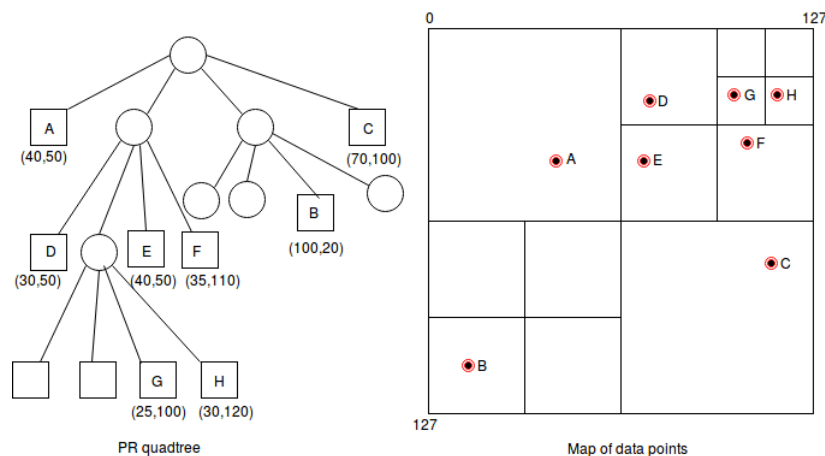


Figura 3: Quadtree de región Puntual

### 3.2.4. Borde quadtree

Los quadtrees de borde (al igual que los quadtrees PM) se utilizan para almacenar líneas en lugar de puntos. Las curvas se aproximan subdividiendo las celdas a una resolución muy fina, específicamente hasta que hay un solo segmento de línea por celda. Cerca de las esquinas / vértices, los cuarteles de bordes continuarán dividiéndose hasta que alcancen su nivel máximo de descomposición. Esto puede resultar en árboles extremadamente desequilibrados que pueden frustrar el propósito de la indexación.

### 3.3. Algunos usos comunes de Quadrees

- Procesamiento de imágenes
- Generación de mallas
- Indexación espacial , consultas de ubicación de puntos y consultas de rango.
- Detección de colisiones eficiente en dos dimensiones
- Ver selección de datos de terreno frustum
- Almacenar datos escasos, como información de formato para una hoja de cálculo [12] o para algunos cálculos matriciales.
- Solución de campos multidimensionales (dinámica de fluidos computacional , electromagnetismo)
- Programa de simulación Game of Life de Conway .
- Estimación estatal
- Los quadrees también se utilizan en el área del análisis de imágenes fractales.
- Conjuntos disjuntos máximos

### 3.4. Octree

#### 3.4.1. Que es Octree?

Un octree o árbol octal es una estructura en "árbol" de datos en la cual cada nodo interno tiene exactamente 8 "hijos". Las estructuras octree se usan mayormente para partir un espacio tridimensional, dividiéndolo recursivamente en ocho octantes. Las estructuras octree son las análogas tridimensionales de los quadtree bidimensionales.

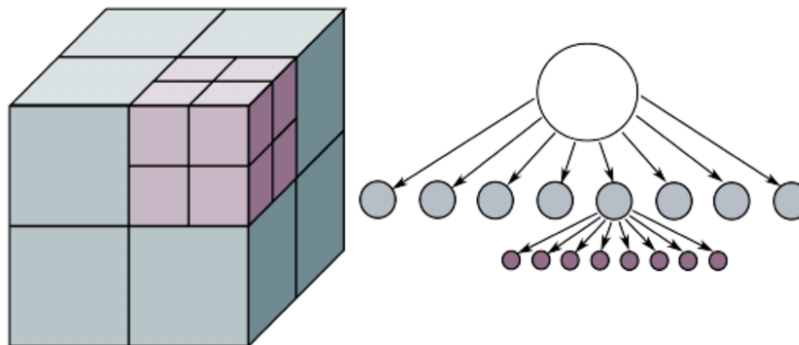


Figura 4: Representación Espacial de un Octree

#### 3.4.2. Representación Espacial de un Octree

En una estructura octree, cada nodo subdivide el espacio que representa en ocho octantes. En una región punto (PR) octree, el nodo almacena un punto tridimensional explícito, el cual es el "centro" de la subdivisión para ese nodo; el punto que define una de las esquinas para cada uno de los ocho hijos. En una octree MX, el punto de subdivisión es implícitamente el centro del espacio que el nodo representa. El nodo raíz de una PR octree puede representar un espacio infinito; el nodo raíz de una octree MX debe representar un espacio con límite finito para que los centros implícitos estén bien definidos. Las estructuras octree nunca se consideran árbol kd, ya que los árboles kd dividen en una

dimensión mientras que las estructuras octree dividen alrededor de un punto. Los árboles kd además son siempre binarios, lo cual no se cumple para las estructuras octree.

### 3.4.3. Aplicaciones del algoritmo Octree

- Detección de colisiones eficiente en tres dimensiones
- Determinación de cara oculta
- Método multipolo rápido
- Métodos no estructurados
- Método de los elementos finitos
- Octree de vóxeles escasos
- Teorema de Bayes
- Índice espacial

## 4. Metodología y Desarrollo

### 4.1. Repositorio

Los archivos del proyecto se encuentran en el repositorio Github: <https://github.com/AngelYvan/mcc-project3-group5>

Los enlaces a las aplicaciones se encuentran en la parte inferior de la pagina:

- Boton Quadtree: <http://mcc-project3-group5.herokuapp.com/>
- Boton Octree: <http://mcc-project3-group5.herokuapp.com/>

### 4.2. Quadtree

#### 4.2.1. Secciones de Código

En las secciones de Código en Github se encuentran las modificaciones para quadtree:

- `insert(point)` es la función para asignar un punto en el espacio de coordenadas X, Y
- `query(range, found)` : Función para extraer la posición del puntero
- `show()` mostrará la posición, y por consiguiente la subdivisión en áreas mas pequeñas

```
49
50 ▶ insert(point) { ... }
72
73 ▶ query(range, found){ ... }
95
96 ▶ show ( ) { ... }
114
115 }
116
```

Figura 5: Insert, Query and Show en Quadtree

#### 4.2.2. Configuración de puntos iniciales

En el archivo: sketch.js de Quadtree, se tiene:

```
14
15   for (let i = 0; i < 3; i++) {
16
17       p = new Point(Math.random() * 400 , Math.random() * 400);
18       qt.insert(p);
19   }
20   background(0);
21   qt.show();
22 }
```

Figura 6: Valores Iniciales en Quadtree

Se tiene configurado el puntero i como 3. Esto puede variarse para tener puntos iniciales ya preestablecidos.

#### 4.2.3. Funcion Find

Mientras se mueve el puntero del mouse, la aplicación detectará en un area especifica la cantidad de puntos a detectar.

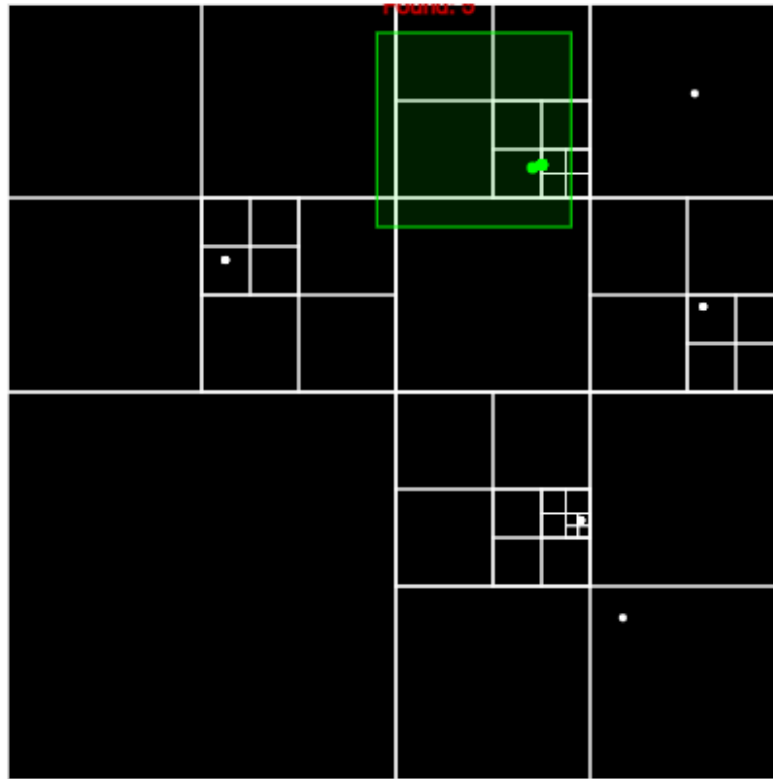


Figura 7: Find en Quadtree

### 4.3. Octree

#### 4.3.1. Secciones de Código

En las secciones de Código en Github se encuentran las modificaciones para que Octree se:

- `insert(point)` es la función para insertar un punto en el volumen del Octree
- `query(range, found)` : Define el rango a analizar y el `found` para determinar la posición del cubo verde y el conteo de puntos
- `show()` mostrará el cubo verde y su conteo de puntos.

```
149 ▶ insert(point) { ... }  
168  
169 ▶ query(range, found) { ... }  
195  
196 ▶ show( ) { ... }  
228 }
```

Figura 8: Lineas de codigo en Octree

#### 4.3.2. Configuración de puntos iniciales

En el archivo: sketch.js de la carpeta Octree, linea 33, se tiene:

```
for (let i=0; i < 10; i ++){  
  let p = new Point (Math.random () * 799 , Math.random () * 799, Math.random () * 799);  
  qt.insert (p);  
}
```

Tenemos la variable (puntero): i . Esta variable determina la cantidad inicial de puntos que tendrá nuestro cubo Octree. Con ello podemos determinar el numero maximo de puntos.

```
33 for (let i=0; i < 10; i ++){  
34   let p = new Point (Math.random () * 799 , Math.random () * 799, Math.random () * 799);  
35   qt.insert (p);  
36 }  
37 qt.show ();  
38
```

Figura 9: Linea 33 de sketch.js de Octree

#### 4.3.3. Funciones Principales

Para determinar en OCTREE el insertado y conteo de puntos, se realizó cajas de texto y botones de ejecución, y estos son:

- Insert: Permite insertar el punto especifico en un sistema de coordenadas X, Y, Z.
- Find (buscar): Permite determinar el area a buscar en un sistema de coordenadas X, Y, Z.

X: <input type="text" value="0"/>	Y: <input type="text" value="0"/>	Z: <input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Insert"/>
X: <input type="text" value="0"/>	Y: <input type="text" value="0"/>	Z: <input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Find"/>
Found: 1			

Figura 10: Inserción y Buscar en Octree



#### 4.3.4. Conteo de Puntos

Configurando "Find", permitimos que el cuadrado verde determine su posición y realice el conteo de puntos en un volumen dado.

#### 4.3.5. Inserción de Puntos

Si queremos añadir puntos. Solo debemos indicar la posición del punto en coordenadas y hacer clic en el botón INSERT.

## 5. Resultados

### 5.1. Quadtree

Para Quadtree se tiene una aplicación que permite detectar, generar puntos y redistribuir cuadrantes por cada acción del puntero.

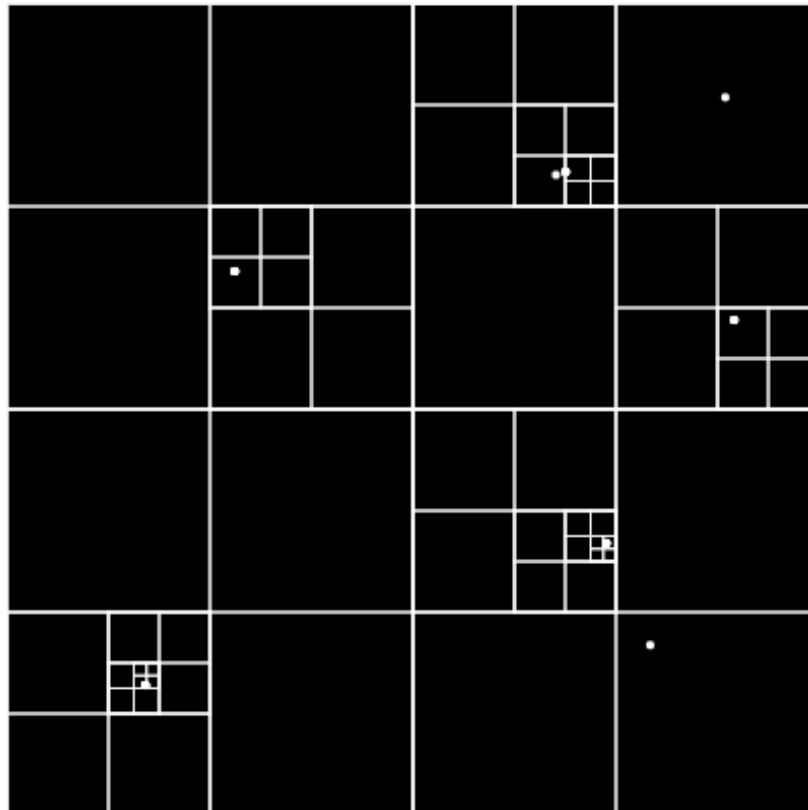


Figura 11: Resultado Quadtree

### 5.2. Octree

Configurando 100 puntos en Octree.

```
33 ▼   for (let i=0; i < 100; i++) {  
34       |   let p = new Point (Math.random (  
35       |   qt.insert (p);  
36       |   }  
37       qt.show ();
```

Figura 12: Configurando 100 puntos

Se tiene la siguiente figura:

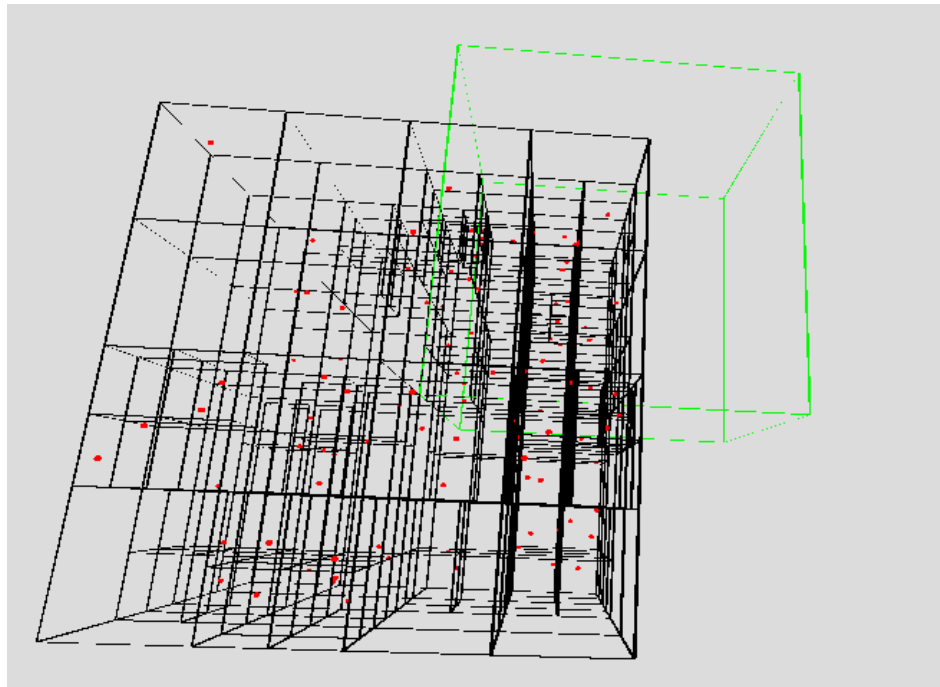


Figura 13: Octree con 100 puntos

Con el botón FIND podemos determinar cuantos puntos tenemos en el area especificada en verde en coordenadas  $X=0$  ,  $Y=0$  ,  $Z=0$ .

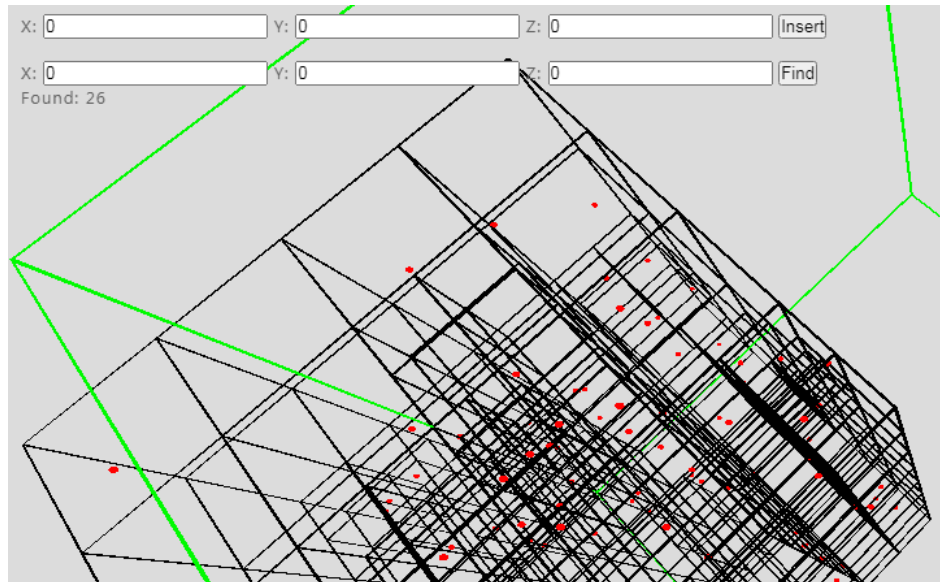


Figura 14: Octree y detección de puntos en un volumen

Para las coordenadas  $X=400$ ,  $Y=400$ ,  $Z=400$ , se determina los siguientes puntos:

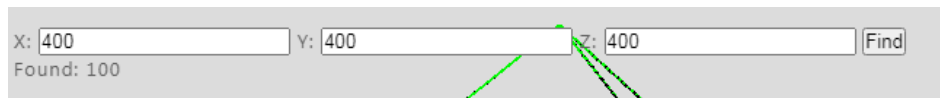


Figura 15: 100 puntos en area verde - Octree

## 6. Conclusiones

- 1 La Practica 03 nos ha permitido Experimentar con la estructura del quadtree de forma multidimensional.
- 2 Se observó una diferencia en la eficiencia de la funcion query presente en ambas interfaces.
- 3 Se puede observar como ventaja del Quadtree que esta estructura se facilita para operaciones vecinales.
- 4 Los octrees permiten que el espacio se represente en varios niveles de granularidad
- 5 El Octree presenta una amplia posibilidades de uso para propiedades, como área de la superficie, masas, entre otras opciones.