

Metaheurísticas

Trabajo Práctico

2 de septiembre de 2016

Russo, Christian	679/10
-------------------------	---------------

Índice

1. Introducción Teórica	1
1.1. Colonia de Hormigas	1
2. El problema	4
3. Algoritmo Propuesto	8
3.1. Explicacion	8
3.1.1. Colonia de hormigas	8
3.1.2. Colonia de hormigas Version Alternativa	11
3.2. Pseudocodigo	14
3.2.1. Algoritmo principal	14
3.2.2. Alternativa: Muchas Feromonas	17
4. Parametros	18
5. Experimentación	19
6. Resolucion alternativa	20
7. Programacion lineal entera	21
8. Conclusión	24
9. Anexo	25
9.1. 0G100x100_muchos	25
9.2. 0G100x100_pocos	26

9.3.	45G100x100_pocos	27
9.4.	45G100x100_muchos	28
9.5.	0G400x400_pocos	29
9.6.	45G400x400_pocos	30
9.7.	inst2	32
9.8.	0G1200x1200_muchos	32
9.9.	45G1200x1200_muchos	33
9.10.	45G110X90Y8E7AR	34

1. Introducción Teórica

1.1. Colonia de Hormigas

Es una metaheurística de la familia de PSO (Particle Swarm Optimization) basada en el comportamiento en grupo de las hormigas para definir el camino a un recurso deseado, en otras palabras es una metodología inspirada en el comportamiento colectivo de las hormigas en su búsqueda de alimentos. Es muy usada para solucionar problemas computacionales que pueden reducirse a buscar los mejores caminos o rutas en grafos. Es por eso que es muy importante recordar que las hormigas son prácticamente ciegas, y sin embargo, moviéndose al azar, acaban encontrando el camino más corto desde su nido hasta la fuente de alimentos (y regresar). Entre sus principales características se encuentran:

1. Una sola hormiga no es capaz de realizar todo el trabajo sino que termina siendo el resultado de muchas hormigas en conjunto.
2. Una hormiga, cuando se mueve, deja una señal química en el suelo, depositando una sustancia denominada **feromonía**, para que las demás puedan seguirla.

De esta forma, aunque una hormiga aislada se mueva esencialmente al azar, las siguientes decidirán sus movimientos considerando seguir con mayor frecuencia el camino con mayor cantidad de feromonas.

La metaheurística general consiste en lo siguiente:

1. En principio, todas las hormigas se mueven de manera aleatoria, buscando por si solas un camino al recurso que están buscando (una posible solución).
2. Una vez encontrada una solución, la hormiga vuelve, dejando un rastro de feromonas; este rastro puede ser mayor o menor dependiendo de lo buena que sea la solución encontrada.
3. Utilizando este rastro de feromonas, las hormigas pueden compartir información entre sus distintos pares en la colonia.
4. Cuando una nueva hormiga inicia su trabajo, es influenciada por la feromona depositada por las hormigas anteriores, y así, aumenta las probabilidades de que esta siga los pasos de sus anteriores al acercarse a un recurso previamente encontrado.

En la **figura 1**, podemos ver una serie de iteraciones donde las hormigas llegan a la Fuente de comida y vuelven, dejando feromonas y en la siguiente iteración la solución se ve influenciada por la feromona.

Figura 1: Ejemplo convergencia a una solución

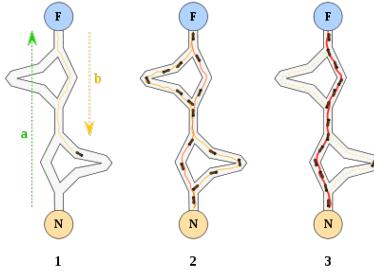
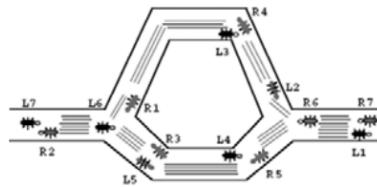


Figura 2: Ejemplo de uso de feromona



Finalmente se llega a una camino, el cual es elegido por casi todas las hormigas, siendo este la solución final.

En la **figura 2**, asumiendo que el número de líneas punteadas es proporcional a la cantidad de feromona, se puede ver como el camino inferior es más corto que el superior, por lo cual muchas más hormigas transitarán por éste durante el mismo período de tiempo. Esto implica, que en el camino más corto se acumula más feromona mucho más rápido. Después de cierto tiempo, la diferencia en la cantidad de feromona en los dos caminos es lo suficientemente grande para influenciar la decisión de las nuevas hormigas que entran a recorrer estas vías

Se puede ver que una gran ventaja de esta metaheurística es que puede construir una solución intercambiando información entre las distintas hormigas (soluciones), así generar una solución mejor de la que podrían generar individualmente.

Con el paso del tiempo, el rastro de feromonas comienza a evaporarse, y esto produce que los caminos pierdan su fuerza de atracción, cuanto más largo sea el camino, más tiempo demorara una hormiga en recorrerlo, más se evaporará la feromona y por ende serán menos frecuentado. Por su parte los caminos mas cortos (o mas óptimos) tendrán mayor cantidad de feromonas, por ende, mayor probabilidad de ser frecuentados.

ACO fue el primer algoritmo de optimización de Colonias de Hormigas desarrollado por Marco Dorigo en su tesis doctoral [3].

Algunas de las aplicaciones donde se utiliza esta metaheurística:

1. El problema del viajante de comercio (TSP)
2. Optimización para el diseño de circuitos lógicos combinatorios
3. Problemas de enrutamiento de vehículos
4. Problema de la asignación de horarios
5. Aplicaciones a análisis de ADN y a procesos de producción
6. Partición de un grafo en árboles:
7. Otros

Referencias

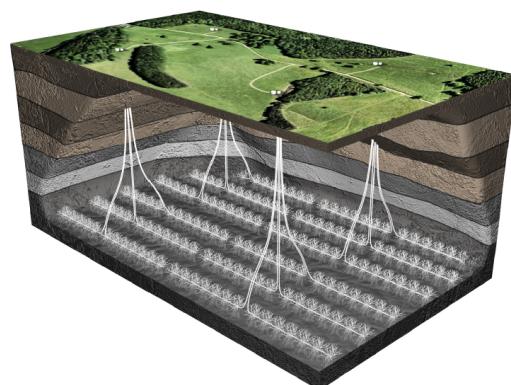
- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Ant_colony_optimization_algorithms
- [2] <http://www-2.dc.uba.ar/materias/meta2016-clase7.pdf>
- [3] <http://people.idsia.ch/gianni/Papers/CEC99.pdf>
- [4] Ant colony optimization: applications and trends. Carlos Algarin

2. El problema

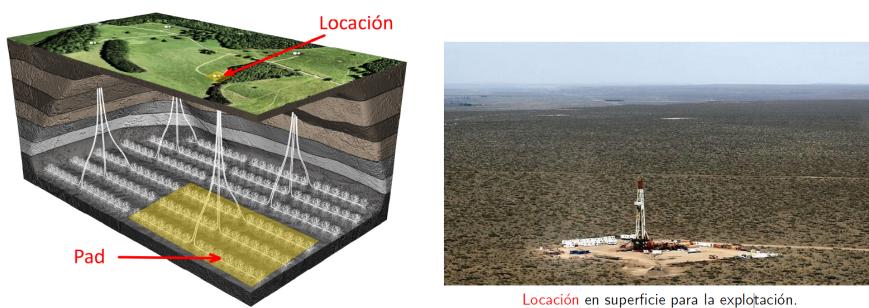
Un yacimiento petrolífero es una acumulación natural de hidrocarburos (gas natural y petróleo, entre otros) en el subsuelo. Debido a la creciente escasez de reservas de hidrocarburos acumulados en yacimientos convencionales, la industria del petróleo y diversos gobiernos nacionales han tornado su atención en las últimas décadas a la explotación de yacimientos no convencionales. Uno de los tipos de yacimientos más explorados está dado por las reservas de petróleo y gas natural almacenados en un tipo de rocas sedimentarias llamadas pelitas (shale), conocidos como yacimientos de *shale gas* y *shale oil*.

La explotación de este tipo de yacimientos utiliza métodos de fractura hidráulica, por medio de los cuales se generan fracturas en la roca madre para concentrar el petróleo y el gas natural y posteriormente proceder a su extracción. A pesar de que las primeras inyecciones de material para la extracción de hidrocarburos se remontan a la segunda mitad del siglo XIX, recién se comenzó a usar este tipo de métodos en forma extensiva a principios del siglo XXI, principalmente en Estados Unidos. Además de las reservas en Estados Unidos, en la última década se han descubierto enormes reservas de *shale gas* y *shale oil* en Argentina, Canadá y China.

Se describe el proceso de explotación de un yacimiento *shale*. En primer lugar, se realizan varias perforaciones verticales en el subsuelo que llegan hasta la roca madre. Como se ve a continuación:



El sector en la superficie alrededor de las bocas de pozo se denomina locación, y habitualmente ocupa un área rectangular de entre algunas decenas y unos pocos cientos de metros por lado. Estos equipos son los únicos que se ven en la superficie, y habitualmente su instalación involucra obras de nivelación del suelo y construcción de caminos de acceso. Como consecuencia, las locaciones no pueden estar sobre cursos de agua, barrancos o en sitios montanosos.



Locación en superficie para la explotación.

Cada perforación atraviesa la roca madre, y a lo largo de esta perforación se realizan los procesos de inyección de materiales para lograr la fractura de la roca. Luego, se utilizan las mismas para la extracción de los hidrocarburos que migran hacia las zonas de fractura.

La zona explotada a partir de una locación se denomina pad, y tiene una forma típicamente rectangular.

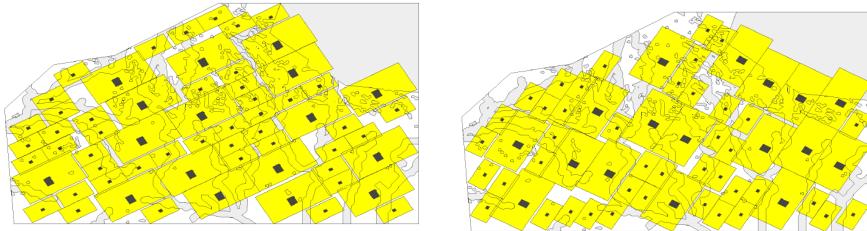
Dadas estas características del problema queremos que las zonas de fractura en la roca madre no se deban superponer.

Al momento de planificar la explotación de un yacimiento no convencional, uno de los principales problemas a resolver es donde ubicar las locaciones y qué tipo de explotación realizar en cada una (lo cual determina el tipo y tamaño de los pads resultantes) con el objetivo de maximizar la producción y minimizar los costos y el impacto ambiental. Este problema se conoce con el nombre de optimización del área de drenaje, y como resultado se espera un plan de explotación que muestre las ubicaciones de locaciones y pads.

En la siguiente figura podemos ver el mapa de un yacimiento, y las configuraciones de pads que podemos usar para la explotación.



Los pads se deben ubicar siguiendo cierto ángulo α , llamado dirección de esfuerzo horizontal mínimo. Como por ejemplo:



Formalmente, los datos de entrada del problema están dados por los siguientes elementos:

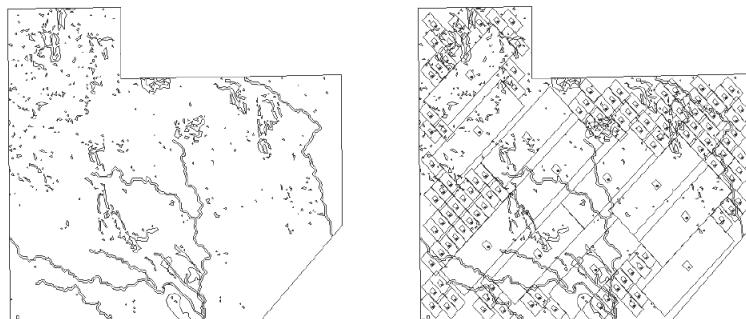
1. El yacimiento $Y \subseteq \mathbb{R}^2$, que en este trabajo asumimos dado por un polígono en el plano (no necesariamente convexo). Todos los pads deben estar ubicados dentro del perímetro del yacimiento.
2. Una función $ogip : Y \rightarrow \mathbb{R}_+$ (original gas in place), que especifica la cantidad de shale gas esperada en cada punto del yacimiento, y el precio de venta $\rho \in \mathbb{R}_+$ de cada unidad extraída. Dado un pad $P \subseteq Y$ ubicado dentro del yacimiento, el gas total obtenido por explotar el pad esta dado por $ogip(P) := \int_P ogip(x)dx$
3. Un conjunto $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ de configuraciones posibles de pads, que podemos utilizar para explotar el yacimiento. Para cada configuración $S \in S$, tenemos estos datos:
 - a) Largo $l_{ps} \in \mathbb{R}_+$ y ancho $a_{ps} \in \mathbb{R}_+$ del pad, en metros.
 - b) Largo $l_{ls} \in \mathbb{R}_+$ y ancho $a_{ls} \in \mathbb{R}_+$ de la locación en metros, y asumimos que $l_{ls} < l_{ps}$ y $a_{ls} < a_{ps}$.
 - c) La locacion esta ubicada en el centro del pad, pero se puede mover algunos metros de este centro para evitar obstáculos geográficos. El parámetro de tolerancia $tols \in \mathbb{R}_+$ especifica la cantidad máxima de metros que el centro de la locación se puede mover con relación al centro del pad.
 - d) Finalmente, se tiene el costo $c_s \in \mathbb{R}_+$ de construcción del pad. Dado un pad P correspondiente a la configuración S , definimos su margen neto como $neto(P) := \rho \times ogip(P) - c_s$.
4. Un conjunto de obstáculos (habitualmente de índole geográfica) que las locaciones deben evitar. Consideramos que cada obstáculo esta dado por un polígono en el plano, y ninguna locación se puede superponer con ningún obstáculo.

5. Un ángulo $\alpha \in [0; 2\pi]$ de explotación ideal, denominado ángulo de esfuerzo horizontal mínimo, que especifica la orientación aproximada que deben tener los pozos horizontales sobre el yacimiento con relación al norte geográfico. Como esta orientación es aproximada, se tiene una tolerancia $\beta \in [0; 2\pi]$, que especifica que todos los pads deben estar orientados en un ángulo comprendido en el intervalo $[\alpha - \beta, \alpha + \beta]$.

El problema consiste en hallar un conjunto de pads $P_s = \{P_1, \dots, P_n\}$ y un conjunto de locaciones $L_s = \{L_1, \dots, L_n\}$ (de modo tal que la locación L_i corresponde al pad P_i , para $i = 1, \dots, n$) que maximice $\text{neto}(P) := \sum_{i=1}^n \text{neto}(P_i)$ de modo tal que se cumplan las siguientes restricciones:

1. Todos los pads deben estar contenidos dentro del yacimiento, es decir $P_i \subseteq Y$ para $i = 1, \dots, n$.
2. Como restricción, los pads de la solución no se deben superponer, dado que corresponden a zonas de fractura en la roca madre.
3. Cada pad y su locación deben responder a las especificaciones de una configuración de S . Es decir, para cada $i = 1, \dots, n$ debe existir una configuración $S \in S$ tal que P_i tiene largo l_{ps} y ancho a_{ps} , L_i tiene largo l_{ls} y ancho a_{ls} y su centro está a no más de tol_s metros del centro de P_i , y finalmente P_i y L_i están orientados en un mismo ángulo, el cual debe estar entre $[\alpha - \beta, \alpha + \beta]$.
4. Ninguna locación de L_s se debe superponer con ningún obstáculo.

Por ejemplo, en la siguiente figura se muestra un yacimiento y los obstáculos dentro del yacimiento, y en la figura contigua se muestra una solución factible para $\alpha = \pi/4$ y para dos configuraciones posibles. Dado que la función ogip no siempre está bien determinada de antemano (y en ocasiones se trabaja con estimaciones poco fiables de esta función) alternativamente se puede solicitar que se maximice el área total cubierta con los pads propuestos, en lugar del beneficio neto total obtenido. El algoritmo que se presenta en la próxima sección permite utilizar cualquiera de estas dos funciones objetivo, o una combinación lineal de ambas.



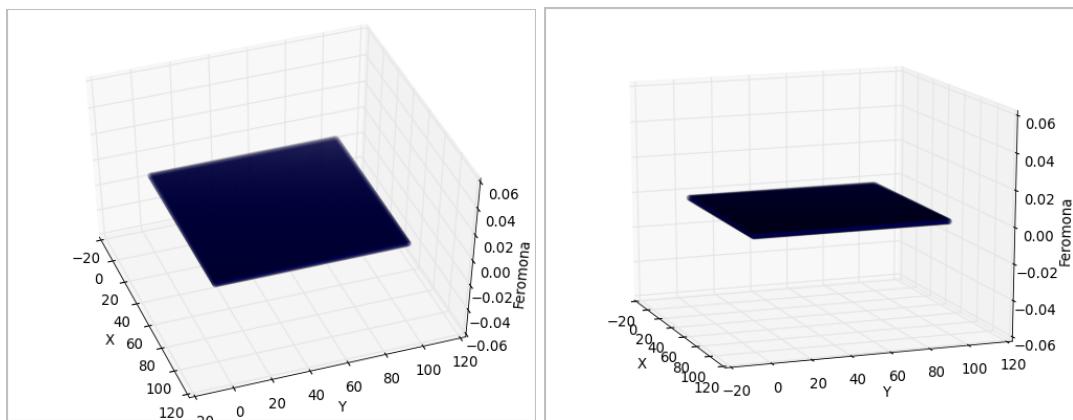
3. Algoritmo Propuesto

3.1. Explicacion

3.1.1. Colonia de hormigas

El algoritmo implementado esta basado en la metaheuristica de **colonia de hormigas**.

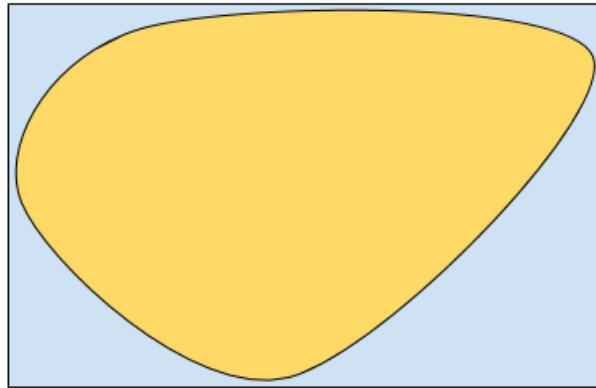
La idea general es tener una matriz que representa a la **feromonía**, esta matriz representa la region de entrada, en otras palabras el valor en la posicion (x,y) de la matriz de feromonía representa el valor de la feromonía en dicha posicion del suelo. En un principio se inicializa con todos los valores en 0, como se ve a continuacion:



La matriz de feromonía esta **discretizada** con un valor **configurable por parametro**. Por ejemplo, si la region es una region de 100×100 metros, pero la discretizacion de la feromonía la seteamos en 10 metros, vamos a tener una matriz de feromonía de 10×10 . Es clave notar en este punto que cuanto menor es el valor de la discretizacion de la feromonía mayor cantidad de puntos en la matriz y por lo tanto vamos a lograr mejores resultados pero a su vez resultados con tiempo computacional mas alto (ver sección de experimentación).

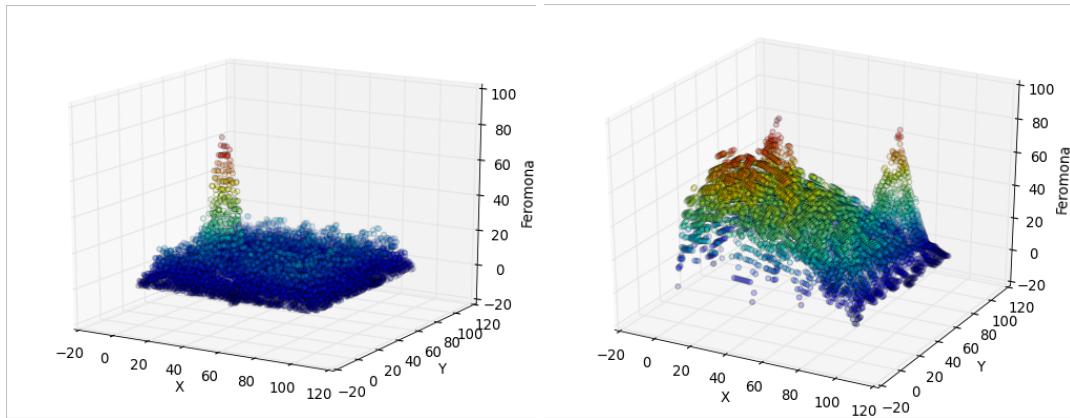
Por otro lado, contamos con una estructura auxiliar, una matriz de tamaños iguales que la matriz de feromonía, esta estructura contiene 0 y 1 dependiendo de la **disponibilidad** del punto de la feromonía. Esto es utilizado para saber cuando una feromonía esta disponible, dado que los vamos a ir tapando con el correr de las iteraciones y por otro lado, en casos de que la region original no sea rectangular o este rotada, la matriz de feromonía se arma de forma tal que la region quede incluida y los espacios fuera de la region se setean como **no disponibles** en esta nueva estructura. En la siguiente figura vemos un ejemplo donde la sección amarilla seria la region, y la azul seria la matriz de feromonía, por lo tanto en la matriz de disponibilidad en los casilleros co-

rrespondientes a partes azules tendriamos un 1 indicando que no esta disponible esa feromonía, ya que no esta dentro de la region.



Lo siguiente es, ejecutar una cantidad configurable de iteraciones el algoritmo obteniendo en cada solucion, un conjunto de soluciones que van **actualizando** la matriz de feromona y en cada paso del algortimo vamos **chequeando y guardandonos la mejor solucion**, siendo la mejor solucion la que tenga el valor mas alto del ogip tapado.

En las siguientes imagenes podemos ver algunos ejemplos de feromonas luego de varias iteraciones.



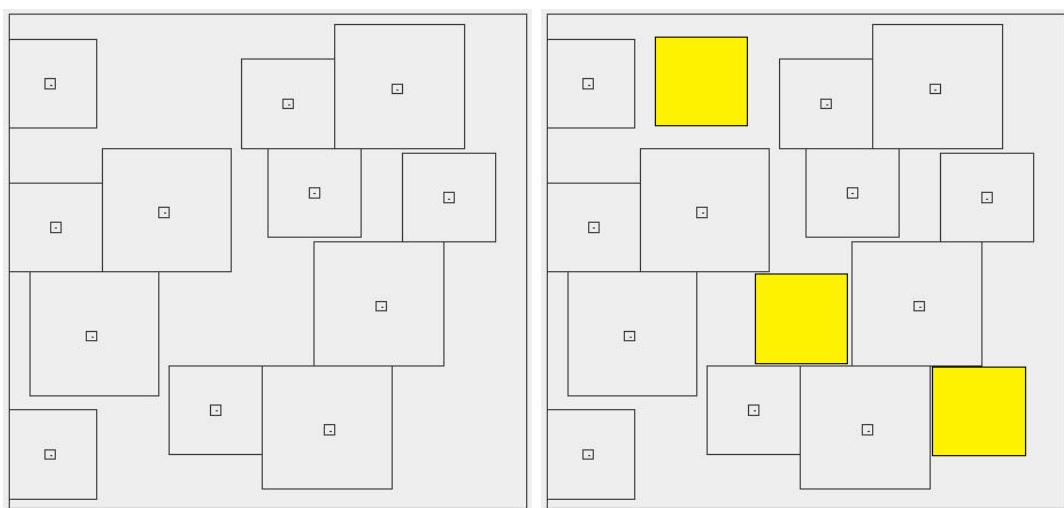
El algoritmo esta dividido en dos partes, la **iteracion inicial** y el **resto de las iteraciones** (decision tomado para facilitar la implementacion).

A continuacion se explica el trabajo de cada hormiga, es decir la forma de conseguir cada solucion dependiendo si es la iteracion inicial o el resto de las iteraciones.

Iteracion Inicial: En esta iteracion se crean una **cantidad configurable** de soluciones random, y para cada una de estas se actualiza la matriz de feromonas de la forma que corresponda.

Para crear una solucion random, la idea principal es meter pads centrados en puntos random de la region, teniendo en cuenta que sean validos (que esten dentro de la region, sin pisarse y sin interceptarse con una restriccion) hasta no poder meter mas pads. Notar que tambien se elige la semilla de forma random. El problema en este caso es decidir cuando ya no se puede meter pads (dado que estamos trabajando en un plano **continuo**), por lo tanto se considero tener un **valor configurable** de intentos de meter pad fallidos. En caso de fallar en insertar el pad random esa cantidad de veces entonces se considera que no entra ningun pad mas y se retorna la solucion.

A continuacion podemos ver un ejemplo de una solucion random, donde termino de poner pads porque se **creyo** que no entraban mas, pero podemos ver en la otra figura, marcado con amarrillo 3 posibles pads que se nota que no se encontraron.



Resto de las iteraciones: En esta iteracion se crean una **cantidad configurable** de soluciones no random, y para cada una de estas se actualiza la matriz de feromonas de la forma que corresponda.

Para crear una **solucion no random**, la idea principal es agarrar el punto de la feromona mas **caliente** y generar una **cantidad configurable** de pads random que puedan tapar esa feromona.

Nota: si no consigo ningun pad random que tape dicho punto de la feromona (dado que los pads pueden ser invalidos, por ejemplo tocando una restriccion), descarto ese punto de la feromona.

La manera de conseguir un pad random que tape un punto c, es tan simple como un pad posicionado en cualquier lugar de la region que tape a c. **Esto esta hecho de esta forma para que cada solucion sea distinta de las otras.**

Una vez tapado el punto de la feromona, se acomoda el pad, se tapan el resto de los puntos de la feromona que este tapo (tambien actualizamos la matriz de

disponibilidad) y se itera hasta no tener mas puntos feromona para tapar.

Actualizacion de la feromona: Para actualizar la feromona utilizamos una funcion llamada **esBuenaSolucion** que determina si una solucion es buena o mala. Contamos con un **parametro configurable** dado que se tiene 3 formas distintas de ver si una solucion es buena o mala

1. Opcion 0: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que el 75 % del total del ogip, en otro caso es una mala solucion.
2. Opcion 1: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que la mitad de la suma del maximo y minimo ogip hasta el momento, en otro caso es mala solucion.
3. Opcion 2: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que el promedio de los ogip de las soluciones calculadas hasta el momento, en otro caso es mala solucion.

En caso de que la solucion sea buena se recorre la matriz de feromonas, aumentando (calentando) en cada casillero (punto de la feromona) tapado por un pad en dicha solucion un valor igual al ogip en ese punto (normalizado) por una constante configurada por parametro. Es analogo para el caso de una solucion mala, solamente que disminuyendo (enfriando).

Importante: Tener en cuenta que para todos los casos, una vez elegido el pad que voy a agregar a mi solucion, a este pad lo **acomodo** haciendo que se mueva para la direccion mas cercana a otro pad o borde, hasta chocarce con el. De esta forma obtengo soluciones con pad pegados entre si y no aparecen huecos.

Una vez terminadas todas las iteraciones vamos a tener guardado la mejor solucion, el numero de iteracion de donde salio dicha solucion y el tiempo en conseguirla.

Notar que la mejor solucion no necesariamente es de la ultima iteracion, es por eso que la vamos guardando en cada iteracion y tambien vamos guardando el numero y tiempo de la iteracion de donde se origino la mejor solucion.

3.1.2. Colonia de hormigas Version Alternativa

Tambien se desarrollo un algoritmo extra, tambien basado en **colonias de hormigas**, implementado de forma casi identica al anterior, salvo que en lugar de tener una unica matriz de feromonas, tenemos una matriz de feromonas por cada semilla, es decir si tengo 5 semillas (tipo de pad) tengo 5 matrices de feromona y una unica matriz de disponibilidad.

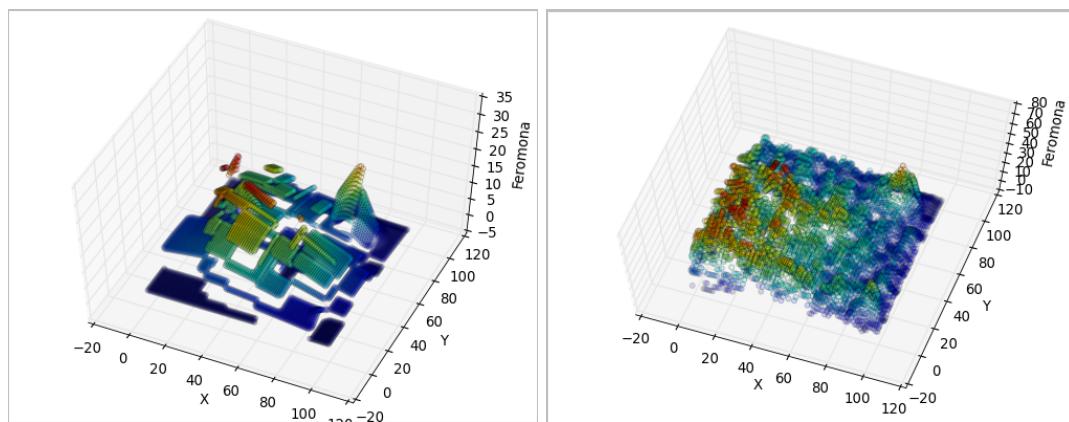
Entonces a la hora de actualizar la matriz de feromona, actualizamos para cada matriz los puntos tapados por los pads que tienen esa semilla. Por ejemplo, si tenemos

2 semillas, una grande y una chica, en una matriz de feromona vamos a actualizar los puntos tapados por los pads chicos y en la otra matriz de feromona actualizamos los puntos tapados por pads grandes.

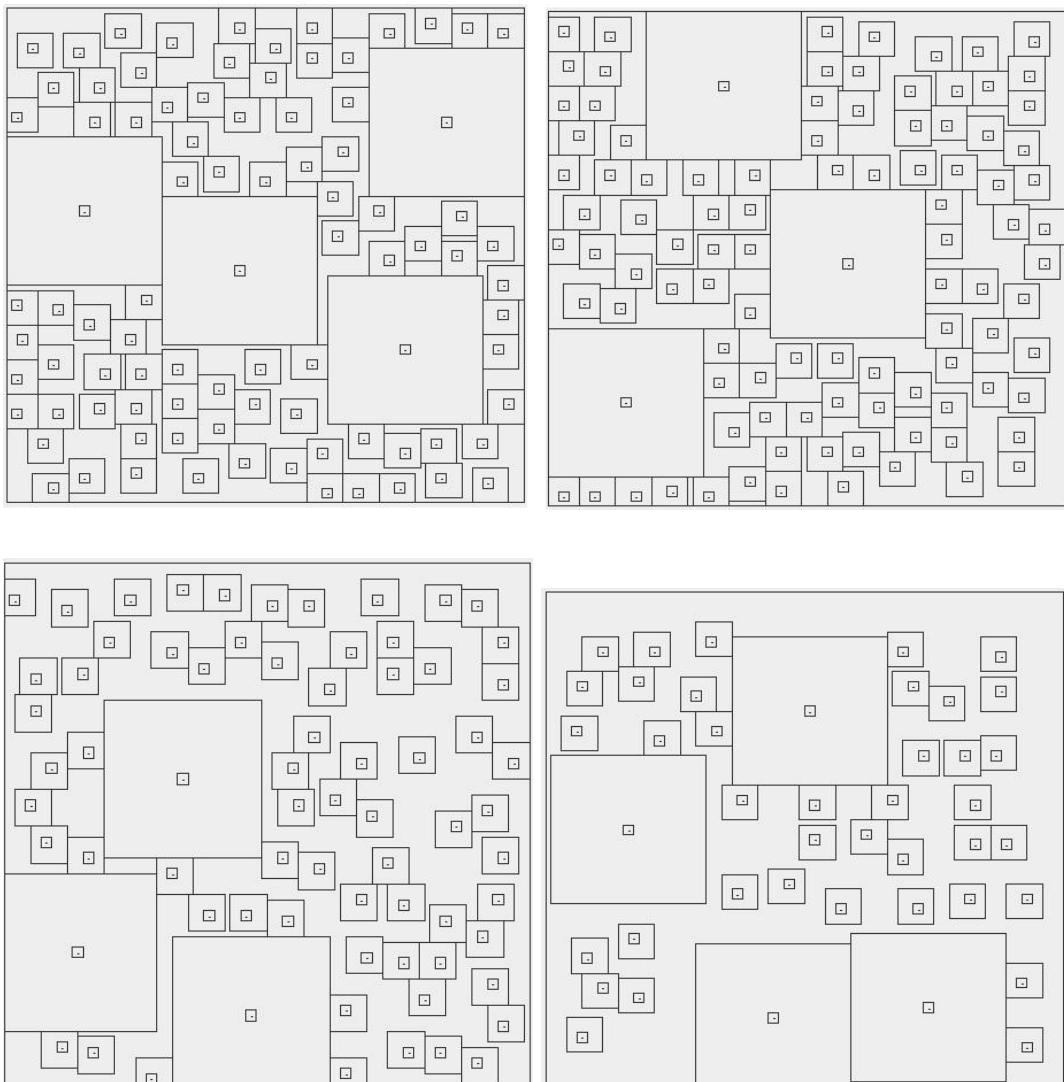
A la hora de buscar la feromona mas caliente, se busca entre todas las matrices de feromona.

El objetivo de esto es notar la variacion de la feromona, y tratar de ver que en algunos casos es conveniente poner los pads mas grandes en los puntos mas calientes mientras que los lugares restantes, por ejemplo a los costados de los lugares de alto valor, se agregan pads mas chicos.

A continuacion se muestran ejemplos de feromonas para esta version alternativa. Podemos ver en la figura de la izquierda como se modiflico la feromona en los lugares donde tiene los pads mas grandes. Por otro lado, la feromona de la derecha se nota como esta modificada en los lugares que rodean a los pads mas grandes, concluyendo que se pusieron pads mas chicos en los alrededores de los mas grandes (ver seccion experimentacion)



A continuacion podemos ver algunos ejemplos de soluciones obtenidas sobre una misma instancia cambiando los parametros (ver mas en seccion experimentacion).



Notar que en los dos primeros casos no quedaron huecos mientras que en los ultimos dos si, esto se debe a la discretizacion de la feromona (en los ultimos dos casos la discretizacion es un numero mas alto, por lo tanto tenemos menos lugares que tapar, provocando huecos).

3.2. Pseudocódigo

3.2.1. Algoritmo principal

```
resolver() {
    inicializarFeromonas();
    ejecutarIteracionInicial();
    return ejecutarProximasSoluciones();
}
```

InicializarFeromonas() es una función que inicializa la feromona como una matriz del tamaño de la región, en caso que la región no sea rectangular la inicializa con el rectángulo más chico que contenga a la región.

También inicializa una matriz disponibilidad del mismo tamaño que la feromona pero esta contiene 1 o 0 diciéndonos si una feromona es válida o no, sea porque ya está usada o porque la región es más chica que la matriz de feromonas y en esa feromona no tenemos región.

```
ejecutarIteracionInicial() {
    soluciones = crearSolucionesRandom();
    for (Solucion solucion : soluciones) {
        if(esBuenaSolucion()){
            actualizarFeromona(solucion, OperacionFeromona.Calentar);
        } else {
            actualizarFeromona(solucion, OperacionFeromona.Enfriar);
        }
    }
}
```

ejecutarIteracionInicial() crea una cantidad establecida por parámetro de soluciones randoms y para solución chequea si es una buena o mala solución, la función **esBuena-Solucion()** cambia según un valor pasado por parámetro, pero en definitiva, devuelve **true** si es una solución considerada buena o **false** si es considerada mala.

En caso de que la solución sea buena, **calentamos** la matriz de feromonas y **enfriamos** en caso contrario.

La función **actualizarFeromona()** simplemente recorre la matriz **calentando** o **enfriando** cada valor respectivamente. Pero notar que la calienta **teniendo en cuenta el valor del ogip en ese punto**, es decir, se normaliza el ogip y en cada punto de feromona se calienta o enfria un valor igual a **escalar * feromonaNormalizadaEnElPunto**. Esto es para que el algoritmo de colonias de hormigas tenga en cuenta los valores originales del problema para generar sus soluciones.

La funcion **esBuenaSolucion()**, tiene 3 opciones que se cambian dependiendo de un valor pasado por parametro

1. Opcion 0: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que el 75 % del total del ogip, en otro caso es una mala solucion.
2. Opcion 1: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que la mitad de la suma del maximo y minimo ogip hasta el momento, en otro caso es mala solucion.
3. Opcion 2: Una solucion es buena si el ogip cubierto por esta solucion es mas que el promedio de los ogip de las soluciones calculadas hasta el momento, en otro caso es mala solucion.

```
crearSolucionesRandom() {
    ret = new Solucion()
    while (hasta que el area deje de cambiar) {
        Coordenada c = generarCoordenadaRandom()
        Pad pad = crearPadConSemillaRandomCentradaEnCoordenada(c)
        if (padValido(pad)){
            Pad padAcomodado = acomodarPad(pad);
            agregarPadASolucion(ret,padAcomodado);
        }
    }
    return ret;
}
```

La condicion del while corta cuando ya no se pueden meter mas pads en mi solucion random, esto se hace teniendo en cuenta una cantidad fijada por parametro de intentos de meter un pad, es decir, intento meter pads en la solucion y si la cantidad de veces que no pude meter es mayor al parametro seteado, se asume que no entran mas pads y sale del while.

Esto se hace para tratar de manejar la region en un plano **continuo** y para tratar de solucionar el problema de saber cuando ya no entran mas pads.

GenerarCoordenadaRandom() generada un x,y random dentro de la region.

crearPadConSemillaRandomCentradaEnCoordenada(c)() elije una semilla random y crea un pad centrado en c

padValido(pad) chequea si el pad no se pisa con ninguna restriccion, ni se va fuera de la region, ni se pisa con otro pad ya agregado a la solucion.

acomodarPad(pad) mueve el pad para una direccion random hasta chocarce con un borde u otro pad sin destapar el centro. Eso se hace para tratar de pegar todos los pads en la solucion.

agregarPadASolucion() agrega el pad a la solucion.

ejecutarProximasSoluciones() ejecuta una cantidad de veces igual a **cantIteraciones**, un algoritmo similar a **crearSolucionesRandom()**, llamado **generarSolucionesMaximaTemperatura()**. De esta forma se crean soluciones durante muchas iteraciones.

generarSolucionesMaximaTemperatura() es exactamente igual a **crearSolucionesRandom()** nada mas que cambiando el metodo **crearSolucionesRandom()** por **generarSolucionesMaximaFeromona()**. Esto significa que crea una cantidad configurable de soluciones de maxima feromona. Y para cada solucion chequea si es buena o mala actualizando la feromona como corresponda al igual que lo hicimos en la iteracion inicial.

Una solucion de maxima feromona es una solucion que tiene en cuenta el valor de la feromona para generarse y se genera con el siguiente algoritmo:

```
construirSolucionMaximaTemperatura() {
    sol = new Solucion();
    while (mientras que tenga feromonas disponibles) {
        Feromona p = getMaximaFeromona()
        if (es una feromona que se puede tapar) {
            for (int j = 0; j < getCntIntentosTaparFeromona(); j++) {
                nuevoPad = generarNuevoPad(p);
                if (esPadValido(nuevoPad)) {
                    nuevoPad = acomodarPad(nuevoPad);
                    agregarPadASolucion(nuevoPad);
                    break;
                }
            }
        }
        return sol;
}
```

Mientras tenga feromonas disponible, es decir que todavia no las tapas (y estan dentro de la region) ejecuto todo el codigo dentro del while.

Obtengo la maxima feromona con **getMaximaFeromona()** y chequeo si es una posible feromona a tapar, dado que podria pasar que esa feromona este en una restriccion. Una vez que ya se que esa feromona la puedo tapar, trato de generar **getCntIntentosTaparFeromona()** pads (este valor es seteado por parametro).

La idea general es que para cada iteracion genero un pad random que tape a la feromona, chequeo si es valido, y si es valido lo agrego a la solucion y dejo de intentar tapar esta feromona.

Si no encontre ningun pad que sea valido y tape a la feromona en **getCntIntentosTaparFeromona()** debo dejar de intentar tapar esta feromona.

tosTaparFeromona() intentos entonces ya esa feromonla la descarto.

Notar que a los pads los acomodo (al igual que antes) para que queden pegados a otros pads o al borde.

Nota importante: Tanto en la generacion de soluciones random o las soluciones de maxima feromonla, a la hora de fijarse si es una buena o mala solucion para actualizar la feromonla, se chequea si es la **mejor solucion**, en caso de ser la mejor se **guarda**. Esto es para guardar la mejor solucion en el camino, podria llegar a pasar que la mejor solucion la encuentre en iteraciones iniciales y las siguientes sean peores.

3.2.2. Alternativa: Muchas Feromonas

A parte de tener un algoritmo de colonias de hormigas que ejecuta con una unica feromonla, se programo una version alternativa donde contamos con mas de una feromonla. Es decir para cada solucion, en lugar de tener una unica feromonla, **tenemos una matriz de feromonla para cada semilla**.

Para esto se modifica levemente el codigo teniendo en cuenta que ahora manejamos arrays de feromonas, y cambian levemente los algoritmos de actualizar la feromonla. En particular, el algoritmo para obtener cual es la maxima feromonla es el siguiente:

```
getMaximaFeromonla() {
    result = null;
    for (f in todas las feromonas) {
        if(si la feromonla f tiene valores disponibles)
            if(maximo de f > result)
                result = f1;
    }
    return result;
}
```

El algoritmo es bastante sencillo, la idea es recorrer todas las feromonas buscando el maximo valor.

Tener en cuenta que a la hora de actualizar la feromonla, cada feromonla solo se actualiza donde corresponde. Por ejemplo, la feromonla correspondiente a la semilla 0 se calienta o enfria solo en los puntos donde la solucion puso semillas 0.

4. Parametros

En esta seccion se explicaran los parametros utilizados a la hora de hacer la experimentacion de todos los algoritmos.

Notar que los algoritmos utilizados para comparar resultados son:

1. Scip (S)
2. Goloso (G)
3. Goloso Maximos Locales (GML)

todos estos seran descriptos con mas detalles en la seccion **experimentacion**

Los parametros usados para estos algoritmos son:

1. Nx: Valor de la discretizacion del eje X.
2. Ny: Valor de la discretizacion del eje Y.
3. PMD: **Paso Mejora Discretizacion**, en el algoritmo GML se utiliza para **re-discretizar**, leer la explicacion en la seccion **experimentacion**
4. PMP: **Paso Movimiento Pad**, en el algoritmo GML se utiliza para el paso en que se mueven los Pads, a la hora de buscar el maximo local, leer la explicacion en la seccion **experimentacion**

5. Experimentación

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

6. Resolucion alternativa

7. Programacion lineal entera

En este trabajo se optó por reducir el problema a un problema de conjunto independiente de peso máximo en un grafo dado por la discretización del área del yacimiento, que proporcionó buenos resultados en la práctica. Dado un grafo $G = (V, E)$, un **conjunto independiente** es un conjunto $I \subseteq V$ de vértices tal que $ij \notin E$ para todo $i, j \in I$. Si además tenemos una función de peso $W : V \rightarrow \mathbb{R}$, el **peso** del conjunto independiente I es $w(I) := \sum_{i \in I} w_i$. La motivación para este enfoque viene dada por el hecho de que el conjunto de pads de la solución conforma un conjunto de elementos no conflictivos entre sí, situación que es modelada adecuadamente por medio de conjuntos independientes en un grafo. Sin embargo, esta reducción trae aparejado un *costo de discretización*, que será mayor cuanto mayor sea el paso de discretización seleccionado.

A grandes rasgos, el algoritmo propuesto está compuesto por los siguientes puntos:

1. Discretización $D \subseteq Y$ del área geográfica del yacimiento.
2. Generación de un conjunto T de pads posibles sobre la base de la discretización D .
3. Planteo de un grafo $G = (T, E)$, de modo tal que cada conjunto independiente de G corresponde a una solución factible del problema de optimización del área de drenaje. Los vértices del grafo reciben pesos adecuadamente definidos, de modo tal que el peso de cada conjunto independiente corresponde a la función objetivo de la solución factible.
4. Búsqueda de un conjunto independiente de peso máximo sobre G por medio de un modelo de programación lineal entera, para obtener una solución P al problema.

Describimos a continuación cada punto del algoritmo. Para esto, sean $\Delta_x, \Delta_y \in \mathbb{R}_+$ los **pasos de discretización** y sea $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_p\}$ un conjunto de ángulos posibles, de modo tal que $\alpha_i \in [\alpha - \beta, \alpha + \beta]$ para $i = 1, \dots, p$. En nuestra implementación computacional, tomamos $A = \{\alpha - \beta, \alpha, \alpha + \beta\}$.

Discretización. El primer paso del algoritmo consiste en generar una discretización $D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^m$ por filas y columnas del área del yacimiento, de modo tal que dos puntos consecutivos de una misma fila estén a distancia Δ_x y dos puntos consecutivos de una misma columna estén a distancia Δ_y . Para esto, se genera un reticulado de puntos en el plano con ángulo α .

Generación de pads. Para cada punto $(x, y) \in D$ de la discretización, cada configuración $S \in \mathbb{S}$ y cada ángulo $i \in \{1, \dots, p\}$, se incluye en el conjunto T un pad P con configuración S , centrado en (x, y) y rotado en ángulo α_i , siempre que el pad P (i) esté incluido completamente dentro de Y y (ii) su locación L no interseque con ningún obstáculo. Para determinar este último punto, se consideran como centros posibles de

la locación el punto (x, y) y ocho puntos equiangulados sobre la circunferencia de centro (x, y) y radio tol_S , y se considera que se cumple la condición (ii) si para alguno de estos puntos, la locación centrada en ese punto no interseca a ningún obstáculo. Este enfoque es arbitrario e incurre en un nuevo error de discretización, pero se observó que genera resultados aceptables en la práctica.

Grafo de conflictos. Se genera un grafo $G = (T, E)$ cuyos vértices están dados por todos los pads generados en el punto anterior, y cuyas aristas unen pares de pads con intersección no vacía. El conjunto E está compuesto por los pares (P_1, P_2) tales que existe algún punto $(x, y) \in D$ con $(x, y) \in P_1$ y $(x, y) \in P_2$. Esta definición de E permite que existan pares de pads con pequeñas superposiciones pero sin una arista que los una en G . Esto sucede cuando la intersección no contiene ningún punto de la discretización D , lo cual puede ocurrir sólo cuando la superposición es pequeña. De este modo, se maneja adecuadamente la restricción elástica de no superposición de pads.

Obtención de una solución. Se plantea y se resuelve la siguiente formulación de conjunto independiente con peso máximo sobre G , usando las restricciones clique sobre todos los puntos de la discretización. En este modelo, se tiene una variable binaria x_P por cada pad, de modo tal que $x_P = 1$ si y sólo si el pad P se incluye en la solución.

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{P \in T} g(P)x_P \\ \sum_{P:(x,y) \in T} x_P \leq 1 \quad & \forall (x, y) \in D \\ x_P \in \{0, 1\} \quad & \forall P \in T \end{aligned}$$

El coeficiente $g(P)$ asociado con la variable x_P en la función objetivo es $g(P) = \text{neto}(P)$ si se optimiza el beneficio total (dado por la venta de la producción total esperada menos los costos de construcción), o bien $g(P) = \text{area}(P)$ si se optimiza el área total cubierta. Dado que los puntos de la discretización D generan todas las cliques maximales de G (aunque no todo punto de D genera necesariamente una clique maximal), esta formulación incluye todas las restricciones de la formulación por cliques del problema de conjunto independiente de peso máximo, y se espera que sea más fuerte que una formulación con una restricción por arista. Dadas las características aproximadas del procedimiento, no resulta imprescindible en la práctica resolver en forma óptima el modelo de programación entera planteado, aunque la próxima sección muestra que en general este modelo se resuelve en forma exacta para tamaños de instancia razonables.

La generación de la discretización D es un paso clave dentro del algoritmo. Si los pasos de discretización Δ_x y Δ_y son demasiado grandes, entonces no se generará un número suficientemente grande y variado de pads en T y la solución será de peor cali-

dad, además de incluir potencialmente superposiciones entre los pads seleccionados, dado el modo en el que se generan las aristas de G . Sin embargo, a medida que Δ_x y Δ_y disminuyen se espera que estos efectos se vean minimizados, y que caigan por debajo de los errores de mediciones y de los parámetros de seguridad habituales en la industria hidrocarburífera. A medida que tienden a cero, la solución generada por este procedimiento tiende a la solución óptima. Los experimentos computacionales presentados en la próxima sección muestran que eligiendo adecuadamente los valores de Δ_x y Δ_y se obtienen buenos resultados.

8. Conclusión

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

9. Anexo

En la presente sección se muestran todos los experimentos realizados con distintas instancias, variando el tamaño de la región, de las semillas, de las tolerancias, la cantidad de semillas, ángulos, restricciones, etc. Para cada subsection se cuenta con 5 gráficos, el primero correspondiente a los resultados obtenidos con la técnica de Programación lineal entera, el segundo utilizando un algoritmo **Goloso**, el tercero utilizando el algoritmo llamado **Goloso Máximos Locales**, el cuarto para el algoritmo utilizando **Colonia de Hormigas** y el quinto utilizando **Colonia de Hormiga Versión 2**.

Para más información sobre los algoritmos ver la sección Experimentación y para más información sobre las tablas ver la sección **Parámetros**.

9.1. 0G100x100_muchos

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,569	1	6,25	17560,75931	0	625	0 10000
50	50	1	1		0,705	4	25	34677,14078	0	2500	0 10000
40	40	1	1		0,627	4	25	48120,56031	0	2500	0 10000
30	30	1	1		0,805	9	30	53442,53431	0	3000	0 10000
20	20	1	1		0,917	16	72,25	111904,3026	38,4083045	7225	2775 10000
10	10	1	1		1,867	81	81	118736,5706	0	8100	0 10000
5	5	1	1		6,131	79	95,1	132750,6033	3,059936909	9510	291 10000
1	1	1	1		571,279	100	98,01	133484,992	0	9801	0 10000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,446	1	6,25	17560,75931	0	625	0 10000
50	60	1	1		0,51	2	12,5	25055,32391	0	1250	0 10000
40	40	1	1		0,586	4	25	48120,56031	0	2500	0 10000
30	30	1	1		0,773	9	30	53442,53431	0	3000	0 10000
20	20	1	1		0,94	16	37	61703,57813	0	3700	0 10000
10	10	1	1		1,841	25	61,75	96629,43797	0	6175	0 10000
5	5	1	1		6,473	42	87,66	126844,9555	0	8766	0 10000
1	1	1	1		129,826	35	87,5	126080,1555	0	8750	0 10000

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	20	10		2,11	17	48,5	84858,86878	0	4850	0 10000
60	60	20	5		2,92	15	46,5	80451,75877	0	4650	0 10000
60	60	20	1		10,006	15	46,5	82470,11551	0	4650	0 10000
60	60	10	10		5,477	49	70	107482,4862	0	7000	0 10000
60	60	10	5		8,652	41	62	103202,8198	0	6200	0 10000
60	60	10	1		38,961	36	57	96885,98518	0	5700	0 10000
60	60	1	10		13,934	72	77,25	105982,9491	0	7725	0 10000
60	60	1	5		21,882	67	72,15	105856,8261	0	7215	0 10000
60	60	1	1		72,357	72	77,25	114138,9362	0	7725	0 10000
50	50	20	10		5,669	49	70	107482,4862	0	7000	0 10000
50	50	20	5		8,536	41	62	103202,8198	0	6200	0 10000
50	50	20	1		40,745	36	57	96885,98518	0	5700	0 10000
50	50	10	10		5,438	49	70	107482,4862	0	7000	0 10000
50	50	10	5		8,556	41	62	103202,8198	0	6200	0 10000
50	50	10	1		40,141	36	57	96885,98518	0	5700	0 10000
50	50	1	10		5,84	47	68	104622,4606	0	6800	0 10000
50	50	1	5		9,958	50	70,6	107188,8941	0	7060	0 10000
50	50	1	1		50,629	57	78	114949,5948	0	7800	0 10000
30	30	20	10		6,827	65	75,5	111875,2233	0	7550	0 10000
30	30	20	5		10,146	58	68,5	108710,38	0	6850	0 10000
30	30	20	1		45,905	45	60,75	100874,5149	0	6075	0 10000
30	30	10	10		6,986	65	75,5	111875,2233	0	7550	0 10000
30	30	10	5		9,686	57	67,5	107461,6057	0	6750	0 10000
30	30	10	1		46,074	45	60,75	101353,786	0	6075	0 10000
30	30	1	10		8,98	58	68,5	103883,2021	0	6850	0 10000
30	30	1	5		15,723	64	74,11	112570,393	0	7411	0 10000
30	30	1	1		79,24	69	79,5	114331,7194	0	7950	0 10000
10	10	10	5		3,634	18	54,75	92091,45634	0	5475	0 10000
10	10	10	1		12,112	18	54,75	93045,554	0	5475	0 10000
10	10	1	10		3,49	25	61,75	96629,43797	0	6175	0 10000
10	10	1	5		5,965	45	81,15	118963,3245	0	8115	0 10000
10	10	1	1		18,323	48	84,75	122170,239	0	8475	0 10000
1	1	1	1		122,712	35	87,5	126080,1555	0	8750	0 10000

9.2. OG100x100_pocos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,55	1	6,25	15620,58964	0	625	0 10000
50	50	1	1		0,689	4	25	38835,23074	0	2500	0 10000
40	40	1	1		0,707	4	25	43441,4176	0	2500	0 10000
30	30	1	1		0,737	9	41,2	68901,75382	0	4120	0 10000
20	20	1	1		0,975	16	72,25	108397,3837	38,4083045	7225	2775 10000
10	10	1	1		2,016	81	96,04	130917,655	173,2611412	9604	16640 10000
5	5	1	1		5,154	36	86,49	125496,9044	34,85952133	8649	3015 10000
1	1	1	1		260,225	23	95,34	130098,9922	0	9534	0 10000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,453	1	6,25	15620,58964	0	625	0 10000
50	60	1	1		0,536	2	12,5	28398,28407	0	1250	0 10000
40	40	1	1		0,567	4	25	43441,4176	0	2500	0 10000
30	30	1	1		0,716	9	41,2	68901,75382	0	4120	0 10000
20	20	1	1		0,869	4	25	39349,27477	0	2500	0 10000
10	10	1	1		1,771	9	44,21	68049,73452	0	4421	0 10000
5	5	1	1		4,94	9	56,25	85759,98107	0	5625	0 10000
1	1	1	1		105,297	12	62,42	99872,77023	0	6242	0 10000

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	20	10		1,551	5	31,25	57675,88698	0	3125	0 10000
60	60	20	5		2,813	9	56,25	85759,98107	0	5625	0 10000
60	60	20	1		9,364	9	41,2	71063,01129	0	4120	0 10000
60	60	10	10		1,752	9	44,21	68049,73452	0	4421	0 10000
60	60	10	5		3,361	9	56,25	85759,98107	0	5625	0 10000
60	60	10	1		9,103	9	47,22	75443,12788	0	4722	0 10000
60	60	1	10		4,283	17	58,09	81771,1023	0	5809	0 10000
60	60	1	5		8,345	19	64,57	92670,43617	0	6457	0 10000
60	60	1	1		29,769	20	67,27	104669,6723	0	6727	0 10000
50	50	20	10		1,753	9	41,2	64198,61405	0	4120	0 10000
50	50	20	5		3,073	9	56,25	85759,98107	0	5625	0 10000
50	50	20	1		11,448	12	53,93	82532,25746	0	5393	0 10000
50	50	10	10		1,629	9	44,21	68049,73452	0	4421	0 10000
50	50	10	5		3,11	9	56,25	85759,98107	0	5625	0 10000
50	50	10	1		7,714	9	47,22	75443,12788	0	4722	0 10000
50	50	1	10		2,923	13	53,98	80896,94256	0	5398	0 10000
50	50	1	5		3,802	10	53,47	83805,67283	0	5347	0 10000
50	50	1	1		12,137	16	66,35	104594,6825	0	6635	0 10000
30	30	20	10		1,896	9	41,2	64198,61405	0	4120	0 10000
30	30	20	5		2,981	9	50,23	78804,9731	0	5023	0 10000
30	30	20	1		11,442	12	53,93	82532,25746	0	5393	0 10000
30	30	10	10		1,814	9	41,2	64198,61405	0	4120	0 10000
30	30	10	5		3,331	10	56,48	86779,65353	0	5648	0 10000
30	30	10	1		11,299	12	53,93	82532,25746	0	5393	0 10000
30	30	1	10		3,467	12	47,91	74469,52719	0	4791	0 10000
30	30	1	5		5,395	15	57,63	84970,35576	0	5763	0 10000
30	30	1	1		22,705	19	70,05	106725,7141	0	7005	0 10000
10	10	10	5		2,652	8	50	78155,7817	0	5000	0 10000
10	10	10	1		5,408	9	47,22	75443,12788	0	4722	0 10000
10	10	1	10		2,709	10	47,45	73593,56577	0	4745	0 10000
10	10	1	5		3,04	9	53,24	83108,51694	0	5324	0 10000
10	10	1	1		6,738	13	59,64	97589,33555	0	5964	0 10000
1	1	1	1		109,557	12	62,42	99872,77023	0	6242	0 10000

9.3. 45G100x100_pocos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,557	1	6,25	11336,06723	0	625	0 10000
50	50	1	1		0,596	3	12,73	21473,38981	0	1273	0 10000
40	40	1	1		0,678	3	18,75	33139,19806	0	1875	0 10000
30	30	1	1		0,817	5	28,24	42459,52126	0	2824	0 10000
20	20	1	1		0,907	12	55,76997129	87203,59258	34,48097295	5576,997129	1923,002871 10000
10	10	1	1		1,708	59	77,51305217	109871,1038	146,6165306	7751,305217	11364,69478 10000
5	5	1	1		4,929	28	73,90498577	106638,5762	26,82500243	7390,498577	1982,501423 10000
1	1	1	1		717,437	17	72,17457652	104408,6879	1,337622652	7217,457652	96,54234844 10000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,433	1	6,25	11336,06723	0	625	0 10000
50	60	1	1		0,517	2	12,5	23381,2146	0	1250	0 10000
40	40	1	1		0,553	3	18,75	33139,19806	0	1875	0 10000
30	30	1	1		0,611	5	28,24	42459,52126	0	2824	0 10000
20	20	1	1		0,824	3	18,75	33474,02487	0	1875	0 10000
10	10	1	1		1,569	6	37,5	59966,54097	0	3750	0 10000
5	5	1	1		4,038	8	43,98	69209,72173	0	4398	0 10000
1	1	1	1		82,699	9	50,23	80130,49007	0	5023	0 10000

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	20	10		1,708	8	31,94	54193,78181	0	3194	0 10000
60	60	20	5		2,055	7	37,73	62376,11949	0	3773	0 10000
60	60	20	1		6,315	7	37,73	63618,98921	0	3773	0 10000
60	60	10	10		2,032	10	38,42	60851,28048	0	3842	0 10000
60	60	10	5		2,917	12	50,92	76683,24605	0	5092	0 10000
60	60	10	1		7,729	15	54,82	85159,15117	0	5462	0 10000
60	60	1	10		3,587	13	45,13	67337,38612	0	4513	0 10000
60	60	1	5		6,302	12	41,89	68254,43893	0	4189	0 10000
60	60	1	1		16,05	14	48,37	75176,54565	0	4837	0 10000
50	50	20	10		2,085	13	48,14	74087,25956	0	4814	0 10000
50	50	20	5		2,956	14	51,38	79059,94744	0	5138	0 10000
50	50	20	1		8,448	13	51,15	81020,38763	0	5115	0 10000
50	50	10	10		2,003	10	44,44	72331,29582	0	4444	0 10000
50	50	10	5		2,849	14	54,39	81360,62035	0	5439	0 10000
50	50	10	1		7,457	13	51,15	81020,38763	0	5115	0 10000
50	50	1	10		3,149	13	45,13	71166,41387	0	4513	0 10000
50	50	1	5		4,295	13	45,13	71248,21138	0	4513	0 10000
50	50	1	1		15,264	13	45,13	72742,97816	0	4513	0 10000
30	30	20	10		2,633	11	44,67	70711,06392	0	4467	0 10000
30	30	20	5		3,944	11	44,67	71991,21175	0	4467	0 10000
30	30	20	1		11,108	11	47,68	77597,32849	0	4768	0 10000
30	30	10	10		2,19	11	44,67	70711,06392	0	4467	0 10000
30	30	10	5		3,804	11	44,67	71991,21175	0	4467	0 10000
30	30	10	1		11,317	12	47,91	78269,44948	0	4791	0 10000
30	30	1	10		4,984	12	47,91	73511,43165	0	4791	0 10000
30	30	1	5		4,882	13	51,15	77540,90026	0	5115	0 10000
30	30	1	1		13,549	13	51,15	81324,94342	0	5115	0 10000
10	10	10	5		2,37	8	43,98	68380,39108	0	4398	0 10000
10	10	10	1		5,09	10	50,46	78158,12801	0	5046	0 10000
10	10	1	10		3,463	9	47,22	69026,78912	0	4722	0 10000
10	10	1	5		4,041	10	50,46	77218,8088	0	5046	0 10000
10	10	1	1		5,715	11	53,7	83850,09065	0	5370	0 10000
1	1	1	1		81,089	9	50,23	80973,98111	0	5023	0 10000

9.4. 45G100x100_muchos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,623	3	8,25	14598,94659	0	825	0 10000
50	50	1	1		0,636	4	9,25	13400,62027	0	925	0 10000
40	40	1	1		0,716	5	20,75	35184,07427	0	2075	0 10000
30	30	1	1		0,817	10	31	50965,38054	0	3100	0 10000
20	20	1	1		1,056	21	64,76997129	98702,727	29,68972864	6476,997129	1923,002871 10000
10	10	1	1	Error de memoria al discretizar							
5	5	1	1	Error de memoria al discretizar							
1	1	1	1	Error de memoria al discretizar							

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,529	3	8,25	14598,94659	0	825	0 10000
50	60	1	1		0,556	2	12,5	17153,40808	0	1250	0 10000
40	40	1	1		0,596	5	20,75	35184,07427	0	2075	0 10000
30	30	1	1		0,69	10	31	50965,38054	0	3100	0 10000
20	20	1	1		0,946	21	36,75	55980,02767	0	3675	0 10000
10	10	1	1		1,859	20	46,25	74008,63704	0	4625	0 10000
5	5	1	1		4,765	23	59,75	91799,02042	0	5975	0 10000
1	1	1	1		99,984	25	67	103098,9036	0	6700	0 10000

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	20	10		5,683	24	34,5	58167,33762	0	3450	0 10000
60	60	20	5		6,004	27	37,5	62081,99906	0	3750	0 10000
60	60	20	1		21,52	22	37,75	59877,87101	0	3775	0 10000
60	60	10	10		6,651	32	37,25	60559,30193	0	3725	0 10000
60	60	10	5		9,259	36	41,25	67829,185	0	4125	0 10000
60	60	10	1		31,665	36	46,5	73404,03403	0	4650	0 10000
60	60	1	10		7,829	47	52,25	78878,70974	0	5225	0 10000
60	60	1	5		11,263	50	55,25	82222,71354	0	5525	0 10000
60	60	1	1		40,954	51	56,25	86262,87173	0	5625	0 10000
50	50	20	10		4,859	28	38,5	62300,84866	0	3850	0 10000
50	50	20	5		7,507	32	42,5	69545,19399	0	4250	0 10000
50	50	20	1		34,142	38	48,5	77447,776011	0	4850	0 10000
50	50	10	10		4,54	29	39,5	63166,537	0	3950	0 10000
50	50	10	5		6,831	32	42,5	69219,45931	0	4250	0 10000
50	50	10	1		28,872	30	45,75	73150,80055	0	4575	0 10000
50	50	1	10		7,164	41	51,5	74809,35741	0	5150	0 10000
50	50	1	5		9,543	46	56,5	84456,01302	0	5650	0 10000
50	50	1	1		34,14	47	57,5	88252,97033	0	5750	0 10000
30	30	20	10		4,07	25	40,75	62742,44079	0	4075	0 10000
30	30	20	5		5,687	30	45,75	70659,37465	0	4575	0 10000
30	30	20	1		27,478	32	47,75	76000,90678	0	4775	0 10000
30	30	10	10		3,831	23	38,75	60538,58179	0	3875	0 10000
30	30	10	5		7,389	30	45,75	70469,42241	0	4575	0 10000
30	30	10	1		31,23	32	47,75	75828,33357	0	4775	0 10000
30	30	1	10		6,048	40	55,75	81934,85429	0	5575	0 10000
30	30	1	5		8,394	39	54,75	81703,44582	0	5475	0 10000
30	30	1	1		35,176	42	57,75	87101,21349	0	5775	0 10000
10	10	10	5		3,851	20	46,25	75414,55232	0	4625	0 10000
10	10	10	1		14,365	25	51,25	82402,70832	0	5125	0 10000
10	10	1	10		5,41	28	54,25	82659,3734	0	5425	0 10000
10	10	1	5		6,467	31	57,25	85330,48789	0	5725	0 10000
10	10	1	1		17,201	37	63,25	93963,81501	0	6325	0 10000
1	1	1	1		103,92	27	69	105259,7227	0	6900	0 10000

9.5. OG400x400_pocos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	1	1		0,398	4	6,25	6691,560682	0	10000	0 160000
150	150	1	1		0,477	9	14,0625	10680,51237	0	22500	0 160000
100	100	1	1		0,541	16	15,8125	15589,10575	0	25300	0 160000
75	75	1	1		0,604	25	39,0625	34221,85927	0	62500	0 160000
50	50	1	1		0,785	64	80,3125	72631,09657	0	128500	0 160000
25	25	1	1		1,539	109	84,734375	80759,92995	4,056795132	135575	5500 160000
5	5	1	1		131,098	440	84,343125	86618,61867	3,294577952	134949	4446 160000
1	1	1	1	Error generando el grafo							

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	1	1		0,312	4	6,25	6691,560682	0	10000	0 160000
150	150	1	1		0,41	9	14,0625	10680,51237	0	22500	0 160000
100	100	1	1		0,496	16	15,8125	15589,10575	0	25300	0 160000
75	75	1	1		0,745	25	39,0625	34221,85927	0	62500	0 160000
50	50	1	1		2,322	64	80,3125	72631,09657	0	128500	0 160000
25	25	1	1		4,301	73	79,171875	76332,85818	0	126675	0 160000
5	5	1	1		98,483	119	92,3125	86108,32972	0	147700	0 160000
1	1	1	1	8082,982	107	96,3125	90834,994	0	154100	0 160000	

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	100	50		1,88	46	54,8125 58331,84554	0	87700	0	160000
200	200	100	25		3,049	46	50,875 58344,87939	0	81400	0	160000
200	200	100	1		0,786	16	15,8125 15589,10575	0	25300	0	160000
200	200	75	50		2,753	61	78,25 70920,35942	0	125200	0	160000
200	200	75	25		3,171	53	74,9375 73225,96856	0	119900	0	160000
200	200	75	1		1,717	51	71,8125 63752,51541	0	114900	0	160000
200	200	50	50		2,389	64	80,3125 72631,09657	0	128500	0	160000
200	200	50	25		3,456	62	74,5625 72494,54312	0	119300	0	160000
200	200	50	1		2,132	64	80,3125 72631,09657	0	128500	0	160000
200	200	25	25		3,897	75	78,359375 75146,91729	0	125375	0	160000
200	200	25	1		1,632	60	68,59375 64188,3083	0	109750	0	160000
200	200	1	1	162,509	419	67,378125 73851,36468	0	107805	0	160000	
175	175	100	50		1,326	37	57,8125 51886,13022	0	92500	0	160000
175	175	100	25		2,432	44	68,75 66190,40336	0	110000	0	160000
175	175	100	1		1,062	25	39,0625 34803,6209	0	62500	0	160000
175	175	75	50		3,047	70	75,03125 65216,79039	0	120050	0	160000
175	175	75	25		3,885	81	77,234375 73200,89626	0	123575	0	160000
175	175	75	1		3,533	65	76,40625 69000,00282	0	122250	0	160000
175	175	50	50		1,66	52	67,90625 62743,07376	0	108650	0	160000
175	175	50	25		3,039	76	78,171875 75890,70534	0	125075	0	160000
175	175	50	1		1,635	47	60,09375 55912,89331	0	96150	0	160000
175	175	25	25		3,417	75	78,359375 75146,91729	0	125375	0	160000
175	175	25	1		1,794	57	65,21875 58201,40085	0	104350	0	160000
175	175	1	1	158,917	411	67,165625 75416,62351	0	107465	0	160000	
125	125	100	50		2,311	69	65,375 59218,29968	0	104600	0	160000
125	125	100	25		3,44	73	79,171875 76332,85818	0	126675	0	160000
125	125	100	1		3,806	66	69,21875 66200,00832	0	110750	0	160000
125	125	75	50		1,452	41	61,4375 54716,85515	0	98300	0	160000
125	125	75	25		2,894	53	74,9375 73225,96856	0	119900	0	160000
125	125	75	1		1,801	48	67,125 61580,73164	0	107400	0	160000
125	125	50	50		1,408	41	55,96875 52254,52652	0	89550	0	160000
125	125	50	25		3,381	73	79,171875 76332,85818	0	126675	0	160000
125	125	50	1		1,849	44	55,40625 54014,96657	0	88650	0	160000
125	125	25	25		2,998	73	79,171875 76332,85818	0	126675	0	160000
125	125	25	1		1,624	52	62,65625 60349,58414	0	100250	0	160000
125	125	1	1	111,769	367	70,01875 76420,47396	0	112030	0	160000	
50	50	25	25		2,987	81	77,234375 73200,89626	0	123575	0	160000
50	50	25	1		2,795	80	84,09375 76791,64318	0	134550	0	160000
50	50	1	1	17,164	121	89,840625 86207,62158	0	143745	0	160000	
25	25	5	5		6,483	124	84,89125 84602,67605	0	135826	0	160000
25	25	1	1	22,401	139	89,109375 88880,08566	0	142575	0	160000	
5	5	1	1	100,117	119	92,3125 86148,56869	0	147700	0	160000	
1	1	1	1	2054,862	107	96,3125 90834,994	0	154100	0	160000	

9.6. 45G400x400_pocos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	1	1		0,407	4	4,9375 4688,52833	0	7900	0	160000
150	150	1	1		0,417	6	7,953125 7528,474439	0	12725	0	160000
100	100	1	1		0,53	15	16,65625 17456,29261	0	26650	0	160000
75	75	1	1		0,607	28	34,234375 32925,88346	0	54775	0	160000
50	50	1	1		0,832	60	66,51307164 67335,27445	0,6616043254	106420,9146	704,0853743	160000
25	25	1	1		1,659	101	77,29673307 74227,15006	11,48191078	123674,7729	14200,22709	160000
5	5	1	1,1	Error generando el grafo							
1	1	1	1,1	Error generando el grafo							

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	1	1		0,315	4	4,9375 4688,528333	0	7900	0	160000
150	150	1	1		0,349	6	7,953125 7528,474439	0	12725	0	160000
100	100	1	1		0,479	15	16,65625 17456,29261	0	26650	0	160000
75	75	1	1		0,758	28	34,234375 32925,88346	0	54775	0	160000
50	50	1	1		1,814	60	39,390625 39464,89215	0	63025	0	160000
25	25	1	1		3,433	66	49,859375 49242,18412	0	79775	0	160000
5	5	1	1		83,568	116	72,203125 77618,64557	0	115525	0	160000
1	1	1	1		6934,399	113	74,734375 82592,36123	0	119575	0	160000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
200	200	100	50		2,256	60	28,78125 34137,16885	0	46050	0	160000
200	200	100	25		2,478	39	25,28125 29734,54361	0	40450	0	160000
200	200	100	1		0,937	15	16,65625 18648,12106	0	26650	0	160000
200	200	75	50		4,556	90	34,859375 37928,63348	0	55775	0	160000
200	200	75	25		4,172	92	37,109375 41083,97299	0	59375	0	160000
200	200	75	1		4,711	63	33,578125 35186,65743	0	53725	0	160000
200	200	50	50		3,715	81	36,4375 39477,90796	0	58300	0	160000
200	200	50	25		3,913	78	36,78125 39522,48321	0	58850	0	160000
200	200	50	1		4,607	60	35,453125 37136,18721	0	56725	0	160000
200	200	25	25		6,112	150	47,5625 48500,34712	0	76100	0	160000
200	200	25	1		6,823	137	51,421875 54416,68767	0	82275	0	160000
200	200	1	1		166,09	357	60,484375 64684,90795	0	96775	0	160000
175	175	100	50		2,812	42	33,798875 33367,65068	0	54075	0	160000
175	175	100	25		3,938	64	36,5625 39047,74321	0	58500	0	160000
175	175	100	1		1,689	28	26,46875 27511,98884	0	42350	0	160000
175	175	75	50		7,885	123	52,625 53502,01486	0	84200	0	160000
175	175	75	25		7,629	135	50,484375 52493,58581	0	80775	0	160000
175	175	75	1		8,357	90	49,078125 49772,46696	0	78525	0	160000
175	175	50	50		6,976	130	49,34375 51164,44835	0	78950	0	160000
175	175	50	25		8,233	136	52,484375 52743,48001	0	83975	0	160000
175	175	50	1		6,78	109	48,46875 50396,35508	0	77550	0	160000
175	175	25	25		6,27	147	49,4375 50362,04317	0	79100	0	160000
175	175	25	1		6,146	124	48,28125 50325,18491	0	77250	0	160000
175	175	1	1		154,857	349	60,5625 64754,41379	0	96900	0	160000
125	125	100	50		6,442	116	50,109375 49325,67482	0	80175	0	160000
125	125	100	25		7,641	119	52,171875 53128,07034	0	83475	0	160000
125	125	100	1		6,056	80	49,203125 49530,33604	0	78725	0	160000
125	125	75	50		3,967	72	35,71875 36716,49115	0	57150	0	160000
125	125	75	25		4,826	86	38,34375 42025,0531	0	61350	0	160000
125	125	75	1		4,543	55	32,890625 34526,2524	0	52625	0	160000
125	125	50	50		8,418	130	49,34375 49244,4319	0	78950	0	160000
125	125	50	25		8,574	137	52,40625 53735,13294	0	83850	0	160000
125	125	50	1		7,791	114	49,609375 52278,12231	0	79375	0	160000
125	125	25	25		5,94	148	49,03125 51428,84155	0	78450	0	160000
125	125	25	1		8,3	124	49,59375 51474,79388	0	79350	0	160000
125	125	1	1		145,787	341	61,515625 64588,07033	0	98425	0	160000
50	50	25	25		4,298	119	51,078125 50434,92639	0	81725	0	160000
50	50	25	1		8,827	123	51,859375 54066,41376	0	82975	0	160000
50	50	1	1		74,705	235	64,546875 65988,29968	0	103275	0	160000
25	25	5	5		9,519	146	67,015625 68357,50035	0	107225	0	160000
25	25	1	1		53,097	187	68,734375 70603,94858	0	109975	0	160000
5	5	1	1		110,406	141	73,421875 78696,94242	0	117475	0	160000
1	1	1	1		1687,513	113	74,734375 82592,36123	0	119575	0	160000

9.7. inst2

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,54	1	6,25	12066,08485	0	625	0 10000
30	30	1	1		0,773	9	30	44082,40518	0	3000	0 10000
10	10	1	1		1,979	81	81	103804,4029	0	8100	0 10000
1	1	1	1		481,601	100	98,01	118545,4952	0	9801	0 10000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1		0,523	1	6,25	12066,08485	0	625	0 10000
30	30	1	1		0,797	9	30	44082,40518	0	3000	0 10000
10	10	1	1		2,571	49	70	92823,36607	0	7000	0 10000
1	1	1	1		143,338	41	88,25	111982,4598	0	8825	0 10000

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	30	15		1,636	4	25	43216,62437	0	2500	0 10000
60	60	30	5		4,068	12	33	54102,08678	0	3300	0 10000
60	60	30	1		13,854	13	34	54638,597	0	3400	0 10000
60	60	10	5		3,422	10	57,25	79326,11155	0	5725	0 10000
60	60	10	1		19,663	29	55,25	78071,59795	0	5525	0 10000
60	60	1	1		98,373	79	84,25	108900,8864	0	8425	0 10000
30	30	30	15		1,519	4	25	43216,62437	0	2500	0 10000
30	30	30	5		3,574	12	33	54102,08678	0	3300	0 10000
30	30	30	1		12,524	13	34	54638,597	0	3400	0 10000
30	30	10	5		5,816	34	55	77508,59266	0	5500	0 10000
30	30	10	1		22,622	34	55	77745,43626	0	5500	0 10000
30	30	1	1		72,588	61	82	105524,6154	0	8200	0 10000
10	10	10	50		4,378	49	70	92823,36607	0	7000	0 10000
10	10	10	1		8,579	12	54	76253,117	0	5400	0 10000
10	10	1	1		18,483	42	84	108580,6944	0	8400	0 10000
1	1	1	1		133,664	41	88,25	111982,4598	0	8825	0 10000

9.8. OG1200x1200_muchos

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
600	600	1	1		0,476	4	3,645833333	40699,77542	0	52500	0 1440000
500	500	1	1		0,447	4	3,645833333	66166,07804	0	52500	0 1440000
400	400	1	1		0,54	9	8,203125	83211,33229	0	118125	0 1440000
300	300	1	1		0,61	16	13,71527778	144916,3869	0	197500	0 1440000
200	200	1	1		0,757	30	27,34375	289388,4725	0	393750	0 1440000
100	100	1	1		1,37	131	72,64930556	788080,7424	61,06676863	1046150	638850 1440000
50	50	1	1		3,319	175	93,96006944	964305,7554	65,37018902	1353025	884475 1440000
10	10	1	1	Error generando el grafo							
1	1	1	1,1	Error de memoria al discretizar							

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
600	600	1	1		0,366	4	3,645833333	40699,77542	0	52500	0 1440000
500	500	1	1		0,376	4	3,645833333	66166,07804	0	52500	0 1440000
400	400	1	1		0,493	9	8,203125	83211,33229	0	118125	0 1440000
300	300	1	1		0,553	16	13,71527778	144916,3869	0	197500	0 1440000
200	200	1	1		0,805	30	27,34375	289388,4725	0	393750	0 1440000
100	100	1	1		3,025	64	57,46527778	604175,2534	0	827500	0 1440000
50	50	1	1		9,025	72	64,53993056	716331,0596	0	929375	0 1440000
10	10	1	1	213,054	84	75,04340278	870180,1586	0	1080625	0 1440000	
1	1	1	1,1	Error de memoria al discretizar							

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
600	600	300	100		3,524	45	40,14756944531107,3702	0	578125	0	1440000
600	600	300	50		7,115	51	37,58680556547102,6543	0	541250	0	1440000
600	600	200	50		10,658	76	56,68402778719643,0907	0	816250	0	1440000
600	600	100	50		11,831	105	77,47395833876320,8852	0	1115625	0	1440000
600	600	75	50		9,147	76	60,80729167712413,1339	0	875625	0	1440000
600	600	50	50		11,389	106	79,47048611870988,5537	0	1144375	0	1440000
600	600	10	10		6,411	74	60,06944444647004,7056	0	865000	0	1440000
600	600	1	1	Error de memoria al discretizar							
400	400	200	100		3,932	55	50,13020833542193,8704	0	721875	0	1440000
400	400	100	50		7,436	97	73,22048611819622,4611	0	1054375	0	1440000
400	400	75	50		7,132	90	68,57638889765020,8128	0	987500	0	1440000
400	400	50	50		7,415	100	75,95486111807629,2297	0	1093750	0	1440000
400	400	10	10		6,475	74	61,37152778689171,4419	0	883750	0	1440000
400	400	1	1	Error de memoria al discretizar							
200	200	100	50		4,516	83	67,1875780563,3375	0	967500	0	1440000
200	200	75	50		4,773	77	64,10590278741515,6282	0	923125	0	1440000
200	200	75	1		4,157	69	60,06944444640382,6552	0	865000	0	1440000
200	200	50	50		4,714	88	71,74479167799616,3045	0	1033125	0	1440000
200	200	50	1		4,196	73	63,06423611665610,1678	0	908125	0	1440000
200	200	25	1		3,856	73	63,7152778696990,7865	0	917500	0	1440000
200	200	10	10		6,847	74	62,67361111717237,1963	0	902500	0	1440000
200	200	1	1	Error de memoria al discretizar							
50	50	100	50		9,375	72	64,53993056716331,0596	0	929375	0	1440000
50	50	100	50		9,711	72	64,53993056716331,0596	0	929375	0	1440000
50	50	100	1		10,625	72	64,53993056725635,6687	0	929375	0	1440000
50	50	75	50		9,723	72	64,53993056716331,0596	0	929375	0	1440000
50	50	75	1		10,55	72	64,53993056725635,6687	0	929375	0	1440000
50	50	50	50		9,618	72	64,53993056716331,0596	0	929375	0	1440000
50	50	50	1		10,763	72	64,53993056725635,6687	0	929375	0	1440000
50	50	25	1		10,941	72	64,53993056725635,6687	0	929375	0	1440000
200	200	10	10		7,089	74	62,67361111717237,1963	0	902500	0	1440000
50	50	1	1	Error de memoria al discretizar							
1	1	1	1	Error de memoria al discretizar							

9.9. 45G1200x1200_muchos

				Resultados								
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region	
600	600	1	1		0,562	4	25	259633,2967	0	360000	0	1440000
500	500	1	1		0,48	4	25	388567,3091	0	360000	0	1440000
400	400	1	1		0,594	9	56,25	584815,8146	0	810000	0	1440000
300	300	1	1		0,59	9	56,25	614164,3272	0	810000	0	1440000
200	200	1	1		0,738	25	84,02777778938545,6103	85,95041322	1210000	1040000	1440000	
100	100	1	1		1,227	18	75,69444444883354,6019	7,339449541	1090000	80000	1440000	
50	50	1	1		3,538	18	81,25	930224,8618	0	1170000	0	1440000
200	200	10	10	Error generando el grafo								
1	1	1	1,1	Error de memoria al discretizar								

				Resultados								
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region	
600	600	1	1		0,394	4	25	259633,2967	0	360000	0	1440000
500	500	1	1		0,39	4	25	388567,3091	0	360000	0	1440000
400	400	1	1		0,492	9	56,25	584815,8146	0	810000	0	1440000
300	300	1	1		0,494	9	56,25	614164,3272	0	810000	0	1440000
200	200	1	1		0,635	5	31,25	394336,849	0	450000	0	1440000
100	100	1	1		1,102	9	56,25	718847,624	0	810000	0	1440000
50	50	1	1		2,91	12	64,58333333782383,4319	0	930000	0	1440000	
10	10	1	1		47,546	10	59,02777778742309,3733	0	850000	0	1440000	
1	1	1	1,1	Error de memoria al discretizar								

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
600	600	300	100		9,824	98	68,05555556	872940,7907	0	980000	0 1440000
600	600	300	50		12,039	84	58,33333333	795538,1431	0	840000	0 1440000
600	600	200	50		12,633	95	60,41666667	763345,4542	0	870000	0 1440000
600	600	100	50		14,989	136	85,19965278	923073,7939	0	1226875	0 1440000
600	600	75	50		34,849	332	82,11805556	861397,5693	0	1182500	0 1440000
600	600	50	50		16,757	170	83,33333333	915373,1652	0	1200000	0 1440000
600	600	10	10		489,152	852	62,97916667	972477,5475	0	906900	0 1440000
600	600	1	1	Error de memoria al discretizar							
400	400	200	100		1,037	9	56,25	718847,624	0	810000	0 1440000
400	400	100	50		1,378	9	52,77777778	678166,8387	0	760000	0 1440000
400	400	75	50		1,571	11	58,33333333	716174,1898	0	840000	0 1440000
400	400	50	50		1,528	11	58,33333333	716544,4026	0	840000	0 1440000
400	400	10	10		2,015	9	56,25	608115,7395	0	810000	0 1440000
400	400	1	1	Error de memoria al discretizar							
200	200	100	50		1,397	10	55,55555556	730871,0896	0	800000	0 1440000
200	200	75	50		1,517	12	61,11111111	769248,6534	0	880000	0 1440000
200	200	75	1		1,464	11	47,91666667	541012,6588	0	690000	0 1440000
200	200	50	50		1,554	12	61,11111111	769248,6534	0	880000	0 1440000
200	200	50	1		1,255	12	50,69444444	538333,7365	0	730000	0 1440000
200	200	25	1		1,5	12	50,69444444	550364,6485	0	730000	0 1440000
200	200	10	10		1,925	14	56,25	544992,7198	0	810000	0 1440000
200	200	1	1	Error de memoria al discretizar							
50	50	100	50		3,007	12	64,58333333	782383,4319	0	930000	0 1440000
50	50	100	50		2,863	12	64,58333333	782383,4319	0	930000	0 1440000
50	50	100	1		3,289	10	59,02777778	764350,1634	0	850000	0 1440000
50	50	75	50		3,142	12	64,58333333	782383,4319	0	930000	0 1440000
50	50	75	1		3,53	10	59,02777778	764350,1634	0	850000	0 1440000
50	50	50	50		2,949	12	64,58333333	782383,4319	0	930000	0 1440000
50	50	50	1		3,253	10	59,02777778	764350,1634	0	850000	0 1440000
50	50	25	1		3,492	10	59,02777778	764350,1634	0	850000	0 1440000
200	200	10	10		2,185	14	56,25	544992,7198	0	810000	0 1440000
50	50	1	1	Error de memoria al discretizar							
1	1	1	1	Error de memoria al discretizar							

9.10. 45G110X90Y8E7AR

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
6000	600	1	1		0,97	14	21,36078205	1259,197593	27,6360286	1,77E+07	4888031,066 8,28E+07
5000	5000	1	1		0,623	3	4,735630607	284,5562802	0	3921200	0 8,28E+07
4000	4000	1	1		0,697	4	8,896396334	511,7587826	0	7366400	0 8,28E+07
3000	3000	1	1		0,87	6	5,597927928	368,046635	0	4635200	0 8,28E+07
2000	2000	1	1		0,992	13	21,5511814	1272,154985	7,20195669	1,78E+07	1285176,463 8,28E+07
1000	1000	1	1		1,53	34	53,63740487	3181,458117	4,875883794	4,44E+07	2165520,399 8,28E+07
500	500	1	1		5,269	67	56,26977461	3283,433591	3,059425348	4,66E+07	1425463,861 8,28E+07
100	100	1	1		286,706	99	83,49971272	4958,141738	3,660010378	6,91E+07	2530512,421 8,28E+07
70	70	1	1		770,79	112	77,20942039	4615,665586	1,894862493	6,39E+07	1211404,456 8,28E+07
50	50	1	1	Error construir grafo							
30	30	1	1	Error construir grafo							
20	20	1	1	Error construir grafo							
10	10	1	1	Error de memoria al discretizar							

				Resultados							
Nx	<th>PMD</th> <th>PMP</th> <th>Tiempo</th> <th>Cant. Pads</th> <th>Area (%)</th> <th>Ogip</th> <th>Area Superpuesta (%)</th> <th>Cant. Ar. Cubierta</th> <th>Cant. Ar. Superpuesta</th> <th>Ar. Region</th>	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
6000	600	1	1		0,888	8	13,91945938	826,5183098	0	1,15E+07	0 8,28E+07
5000	5000	1	1		0,604	3	4,735630607	284,5562802	0	3921200	0 8,28E+07
4000	4000	1	1		0,709	4	8,896396334	511,7587826	0	7366400	0 8,28E+07
3000	3000	1	1		0,722	6	5,597927928	368,046635	0	4635200	0 8,28E+07
2000	2000	1	1		0,949	13	19,22995487	1148,788197	0	1,59E+07	0 8,28E+07
1000	1000	1	1		1,975	43	27,85292807	1705,556745	0	2,31E+07	0 8,28E+07
500	500	1	1		5,88	59	44,07184698	2644,253835	0	3,65E+07	0 8,28E+07
100	100	1	1		76,884	88	67,90072089	4261,644772	0	5,62E+07	0 8,28E+07
70	70	1	1		148,775	101	75,5106759	4488,263288	0	6,25E+07	0 8,28E+07
50	50	1	1		298,187	110	74,22423457	4598,997676	0	6,15E+07	0 8,28E+07
30	30	1	1		916,541	117	72,36292837	4530,93797	0	5,99E+07	0 8,28E+07
20	20	1	1		6551,3	110	74,22423457	4663,216083	0	6,20E+07	0 8,28E+07
10	10	1	1	Error de memoria al discretizar							

