

# Metaheurísticas

## Trabajo Práctico

2 de septiembre de 2016

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

## Índice

<b>1. Introducción Teórica</b>	<b>1</b>
1.1. Colonia de Hormigas . . . . .	1
<b>2. El problema</b>	<b>3</b>
<b>3. Algoritmo Propuesto</b>	<b>6</b>
3.1. Explicación . . . . .	6
3.1.1. Colonia de hormigas . . . . .	6
3.1.2. Colonia de hormigas Versión Alternativa . . . . .	8
3.2. Pseudocódigo . . . . .	10
3.2.1. Algoritmo principal . . . . .	10
3.2.2. Alternativa: Muchas Feromonas . . . . .	12
<b>4. Parámetros</b>	<b>13</b>
<b>5. Experimentación</b>	<b>14</b>
<b>6. Resolución alternativa</b>	<b>28</b>
<b>7. Programación lineal entera</b>	<b>29</b>
<b>8. Conclusión</b>	<b>31</b>
<b>9. Anexo</b>	<b>32</b>
9.1. 0G100x100_muchos . . . . .	32
9.2. 0G100x100_pocos . . . . .	35
9.3. 45G100x100_pocos . . . . .	38
9.4. 45G100x100_muchos . . . . .	41
9.5. inst2 . . . . .	44
9.6. 45G110X90Y8E7AR . . . . .	47

## 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.

Figura 1: Ejemplo convergencia a una solución

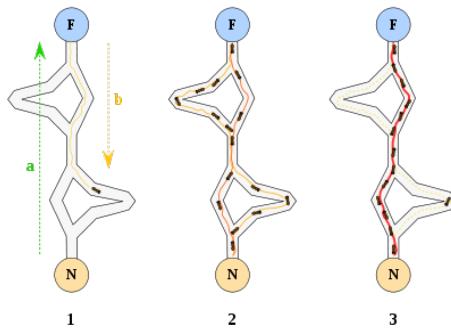
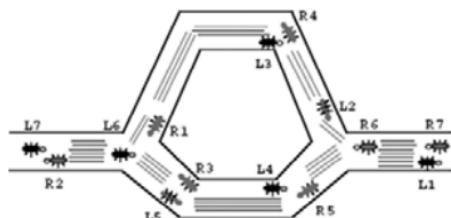


Figura 2: Ejemplo de uso de feromona



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.

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 lineas 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

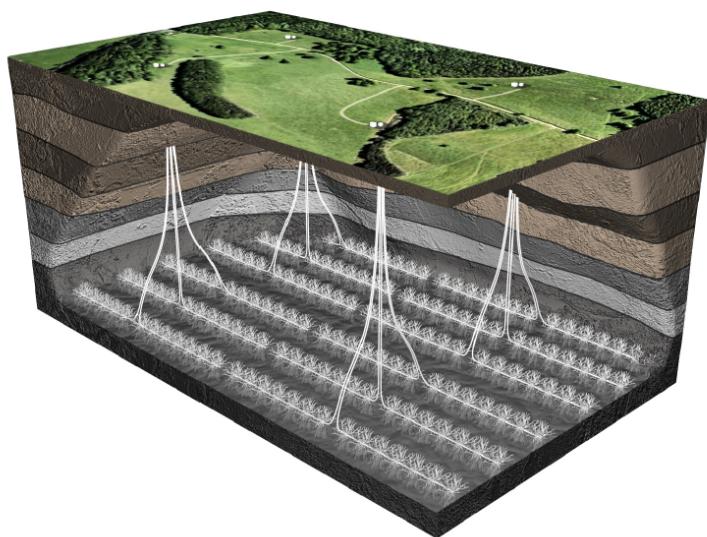
- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Ant\\_colony\\_optimization\\_algorithms](https://en.wikipedia.org/wiki/Ant_colony_optimization_algorithms)
- [2] <http://www-2.dc.uba.ar/materias/metah/meta2016-clase7.pdf>
- [3] <http://people.idsia.ch/gianni/Papers/CEC99.pdf>
- [4] Ant colony optimization: applications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

## 2. El problema

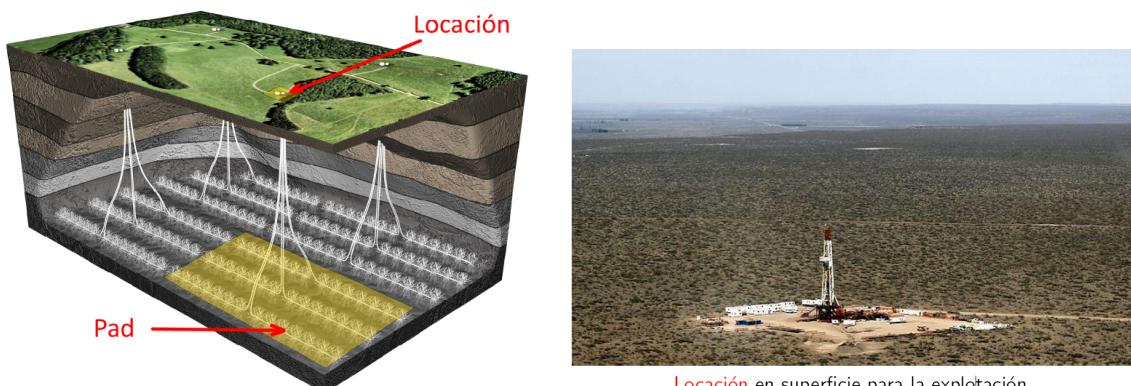
Un yacimiento petrolífero es una acumulación natural de hidrocarburos (gas natural y petróleo, entre otros) en el subsuelo. Debido a la creciente escasez de reservas de hidrocarburos acumulados en yacimientos convencionales, la industria del petróleo y diversos gobiernos nacionales han tornado su atención 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 que 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  $\alpha$ , 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 está 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:

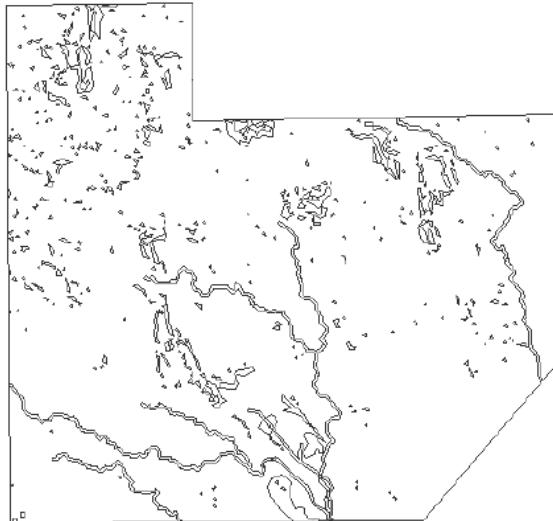
- Largo  $l_{ps} \in \mathbb{R}_+$  y ancho  $a_{ps} \in \mathbb{R}_+$  del pad, en metros.
- Largo  $ll_s \in \mathbb{R}_+$  y ancho  $al_s \in \mathbb{R}_+$  de la locación en metros, y asumimos que  $ll_s < l_{ps}$  y  $al_s < a_{ps}$ .
- La locación está ubicada en el centro del pad, pero se puede mover algunos metros de este centro para evitar obstáculos geográficos. El parámetro de tolerancia  $tol_s \in \mathbb{R}_+$  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  $\text{neto}(P) := \rho \times \text{ogip}(P) - c_S$ .
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 esta a no más de  $\text{tol}_S$  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 esta 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.



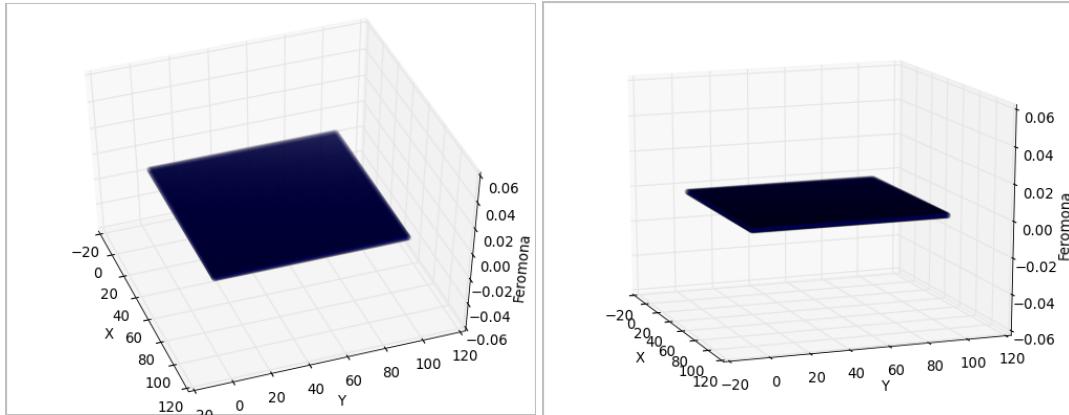
### 3. Algoritmo Propuesto

#### 3.1. Explicación

##### 3.1.1. Colonia de hormigas

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

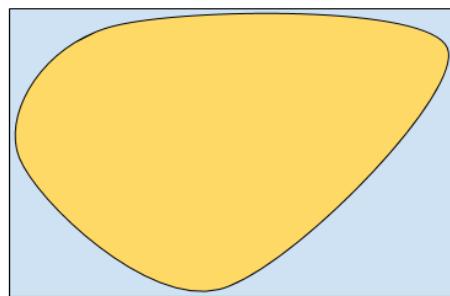
La idea general es tener una matriz que representa a la **feromonía**, esta matriz representa la región de entrada, en otras palabras el valor en la posición  $(x,y)$  de la matriz de feromonía representa el valor de la feromonía en dicha posición del suelo. En un principio se inicializa con todos los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



La matriz de feromonía está **discretizada** con un valor **configurable por parámetro**. Por ejemplo, si la región es de  $100 \times 100$  metros, pero la discretización de la feromonía la seteamos en 10 metros, vamos a tener una matriz de feromonía de  $10 \times 10$ . Es clave notar en este punto que cuanto menor es el valor de la discretización 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 más alto (ver sección de experimentación).

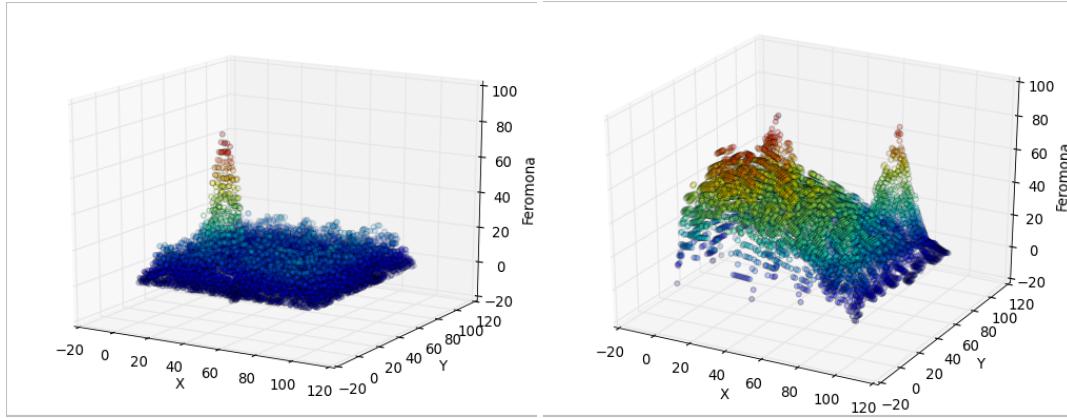
Por otro lado, contamos con una estructura auxiliar, una matriz de tamaños iguales que la matriz de feromonía, esta estructura contiene 0 y 1 dependiendo de la **disponibilidad** del punto de la feromonía. Esto es utilizado para saber cuando una feromonía está disponible, dado que los vamos a ir tapando con el correr de las iteraciones y por otro lado, en casos de que la región original no sea rectangular o esté rotada, la matriz de feromonía se arma de forma tal que la región quede incluida y los espacios fuera de la región se setean como **no disponibles** en esta nueva estructura.

En la siguiente figura vemos un ejemplo donde la sección amarrilla sería la región, y la azul sería la matriz de feromonía, por lo tanto en la matriz de disponibilidad en los casilleros correspondientes a partes azules tendríamos un 1 indicando que no está disponible esa feromonía, ya que no está dentro de la región.



Lo siguiente es, ejecutar una cantidad configurable de iteraciones el algoritmo obteniendo en cada solución, un conjunto de soluciones que van **actualizando** la matriz de feromonía y en cada paso del algoritmo vamos **chequeando y guardando la mejor solución**, siendo la mejor solución la que tenga el valor más alto del ojal tapado.

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



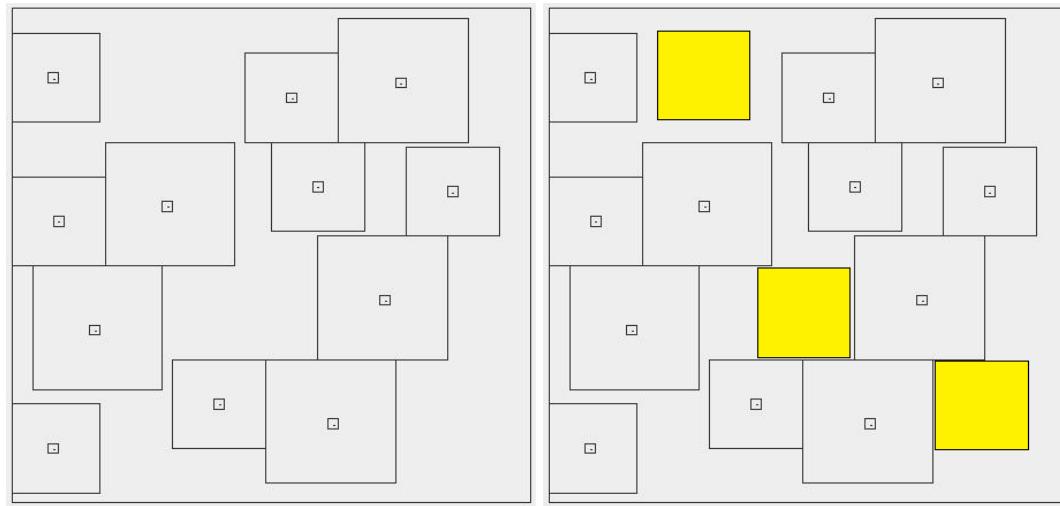
El algoritmo está dividido en dos partes, la **iteración inicial** y el **resto de las iteraciones** (decisión tomada para facilitar la implementación).

A continuación se explica el trabajo de cada hormiga, es decir la forma de conseguir cada solución dependiendo si es la iteración inicial o el resto de las iteraciones.

**Iteración Inicial:** En esta iteración 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 solución random, la idea principal es meter pads centrados en puntos random de la región, teniendo en cuenta que sean válidos (que estén dentro de la región, sin pisarse y sin interceptarse con una restricción) hasta no poder meter más pads. Notar que también 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 consideró 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 ningún pad más y se retorna la solución.

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



**Resto de las iteraciones:** En esta iteración 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 **solución no random**, la idea principal es agarrar el punto de la feromona más **caliente** y generar una **cantidad configurable** de pads random que puedan tapar esa feromona.

Nota: si no consigo ningún pad random que tape dicho punto de la feromona (dado que los pads pueden ser invalidos, por ejemplo tocando una restricción), 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 región que tape a c. **Esto esta hecho de esta forma para que cada solución sea distinta de las otras.**

Una vez tapado el punto de la feromonía, se acomoda el pad, se tapan el resto de los puntos de la feromonía que este pad tapo (también actualizamos la matriz de disponibilidad) y se itera hasta no tener más puntos feromonía para tapar.

**Actualización de la feromonía:** Para actualizar la feromonía utilizamos una función llamada **esBuenasolución** que determina si una solución es buena o mala. Contamos con un **parámetro configurable** dado que se tiene 3 formas distintas de ver si una solución es buena o mala

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

En caso de que la solución sea buena se recorre la matriz de feromonas, aumentando (calentando) en cada casillero (punto de la feromonía) tapado por un pad en dicha solución un valor igual al ogip en ese punto (normalizado) por una constante configurada por parametro. Es analogo para el caso de una solución 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 solución, a este pad lo **acomodo** haciendo que se mueva para la dirección 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 solución, el número de iteración de donde salió dicha solución y el tiempo en conseguirla.

Notar que la mejor solución no necesariamente es de la última iteración, es por eso que la vamos guardando en cada iteración y también vamos guardando el número y tiempo de la iteración de donde se originó la mejor solución.

### 3.1.2. Colonia de hormigas Versión Alternativa

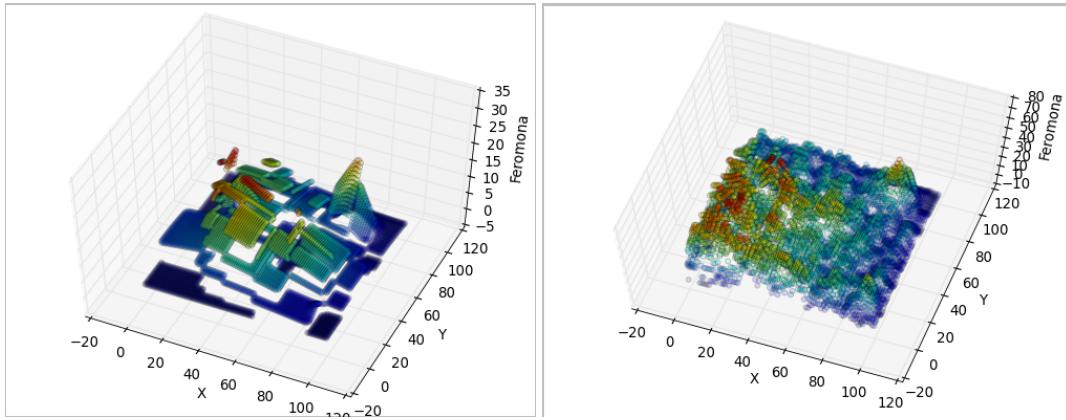
También se desarrollo un algoritmo extra, también basado en **colonias de hormigas**, implementado de forma casi identica al anterior, salvo que en lugar de tener una única matriz de feromonas, tenemos una matriz de feromonas por cada semilla, es decir si tengo 5 semillas (tipo de pad) tengo 5 matrices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

Entonces a la hora de actualizar la matriz de feromonía, 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.

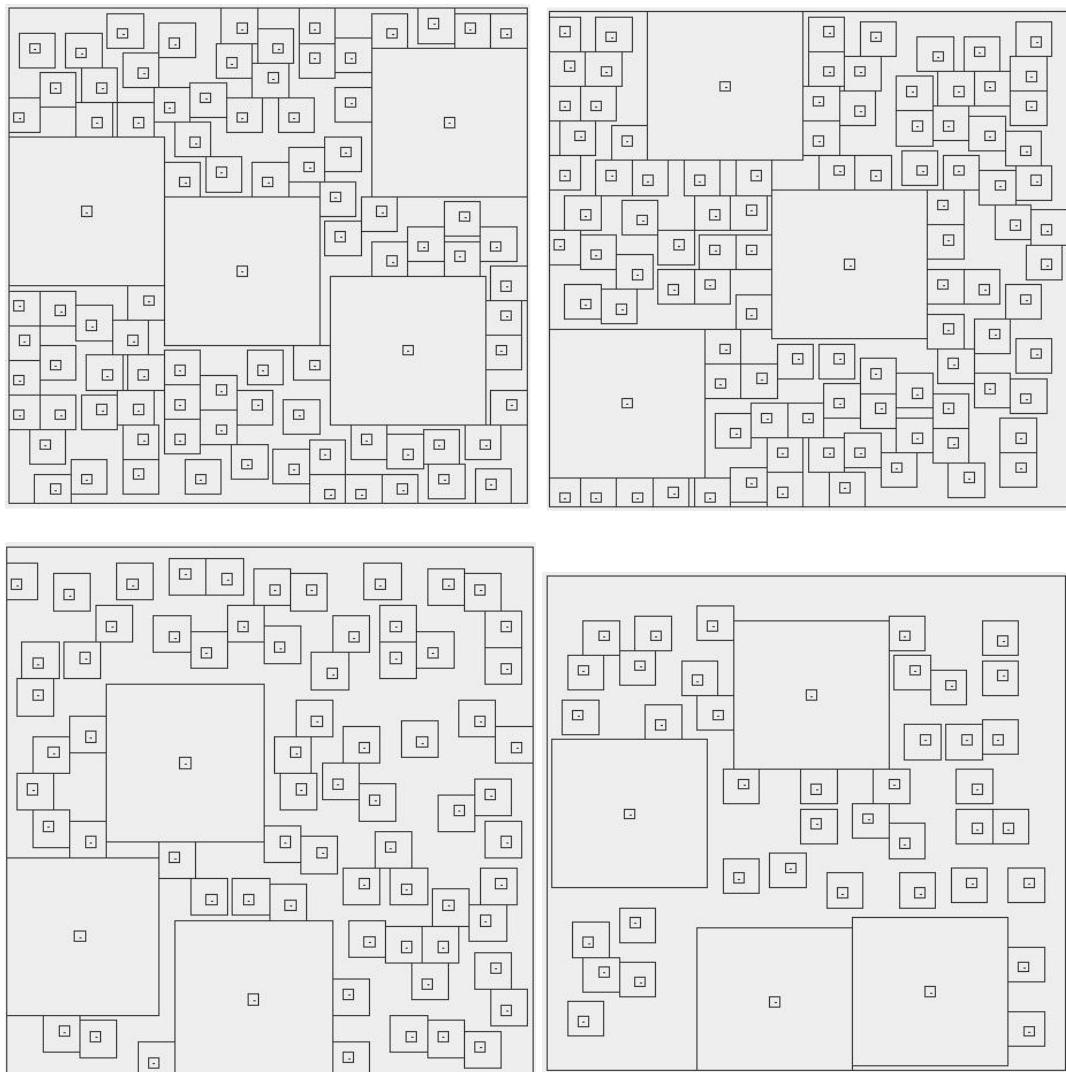
A la hora de buscar la feromonía más caliente, se busca entre todas las matrices de feromonía.

El objetivo de esto es notar la variación de la feromonía, 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 continuación se muestran ejemplos de feromonas para esta versión alternativa. Podemos ver en la figura de la izquierda como se modificó la feromona en los lugares donde tiene los pads más grandes. Por otro lado, la feromona de la derecha se nota como está modificada en los lugares que rodean a los pads más grandes, concluyendo que se pusieron pads más chicos en los alrededores de los más grandes (ver sección experimentación)



A continuación podemos ver algunos ejemplos de soluciones obtenidas sobre una misma instancia cambiando los parámetros (ver más en sección experimentación).



Notar que en los dos primeros casos no quedaron huecos mientras que en los últimos dos si, esto se debe a la discretización de la feromona (en los últimos dos casos la discretización es un número más 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 se rectangular la inicializa con el rectángulo mas 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 validad o no, sea porque ya esta usada o porque la región es más chica que la matriz de feromonas y en esa feromona no tenemos región.

```
ejecutarIteracionInicial() {
    soluciones = crearsolucionesRandom();
    for (soluci\'on soluci\'on : soluciones) {
        if(esBuenasoluci\'on()){
            actualizarFeromona(soluci\'on, OperacionFeromona.Calentar);
        } else {
            actualizarFeromona(soluci\'on, OperacionFeromona.Enfriar);
        }
    }
}
```

**ejecutarIteracionInicial()** crea una cantidad seteada por parámetro de soluciones randoms y para solución chequea si es una buena o mala solución, la función **esBuenasolución()** cambia según un valor pasado por parametro, 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 **enriendo** 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 enfriá 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 función **esBuenasolución()**, tiene 3 opciones que se cambian dependiendo de un valor pasado por parámetro

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

```

crearsolucionesRandom() {
    ret = new soluci\on()
    while (hasta que el area deje de cambiar) {
        Coordenada c = generarCoordenadaRandom()
        Pad pad = crearPadConSemillaRandamCentradaEnCoordenada(c)
        if (padValido(pad)){
            Pad padAcomodado = acomodarPad(pad);
            agregarPadAsoluci\on(ret,padAcomodado);
        }
    }
    return ret;
}

```

La condición del while corta cuando ya no se pueden meter mas pads en mi solución 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 solución y si la cantidad de veces que no pude meter es mayor al parámetro seteado, se asume que no entran más pads y sale del while.

Esto se hace para tratar de manejar la región 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.

**crearPadConSemillaRandamCentradaEnCoordenada(c)**() elije una semilla random y crea un pad centrando en c

**padValido(pad)** chequea si el pad no se pisa con ninguna restricción, ni se va fuera de la región, ni se pisa con otro pad ya agregado a la solución.

**acomodarPad(pad)** mueve el pad para una dirección random hasta chocarse son un borde u otro pad sin destapar el centro. Eso se hace para tratar de pegar todos los pads en la solución.

**agregarPadAsolución()** agrega el pad a la solución.

**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 método **crearsolucionesRandom()** por **generarsolucionesMaximaFeromona()**. Esto significa que crea una cantidad configurable de soluciones de máxima feromonía. Y para cada solución chequea si es buena o mala actualizando la feromonía como corresponda al igual que lo hacíamos en la iteración inicial.

Una solución de máxima feromonía es una solución que tiene en cuenta el valor de la feromonía para generarse y se genera con el siguiente algoritmo:

```

construirsoluci\onMaximaTemperatura() {
    sol = new soluci\on();
    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);
                    agregarPadAsoluci\on(nuevoPad);
                    break;
                }
            }
        }
    }
    return sol;
}

```

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

Obtengo la máxima feromona con `getMaximaFeromona()` y chequeo si es una posible feromona a tapar, dado que podría pasar que esa feromona este en una restricción. Una vez que ya se que esa feromona la puedo tapar, trato de generar `getCantIntentosTaparFeromona()` 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 solución y dejo de intentar tapar esta feromona.

Si no encontre ningun pad que sea valido y tape a la feromona en `getCantIntentosTaparFeromona()` intentos entonces ya esa feromona 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 generación de soluciones random o las soluciones de máxima feromona, a la hora de fijarse si es una buena o mala solución para actualizar la feromona, se chequea si es la **mejor solución**, en caso de ser la mejor se **guarda**. Esto es para guardar la mejor solución en el camino, podría llegar a pasar que la mejor solución 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 única feromona, se programó una versión alternativa donde contamos con mas de una feromona. Es decir para cada solución, en lugar de tener una unica feromona, **tenemos una matriz de feromona para cada semilla**.

Para esto se modificó levemente el código teniendo en cuenta que ahora manejamos arrays de feromonas, y cambian levemente los algoritmos de actualizar la feromona. En particular, el algoritmo para obtener cuál es la máxima feromona es el siguiente:

```
getMaximaFeromona() {
    result = null;
    for (f in todas las feromonas) {
        if(si la feromona 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 máximo valor.

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

## 4. Parametros

En esta sección se explicarán los parámetros utilizados a la hora de hacer la experimentación de todos los algoritmos.

Notar que los algoritmos utilizados para comparar resultados son:

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

todos estos serán descriptos con más detalles en la sección **experimentación**

Los parámetros usados para estos algoritmos son:

1. Nx: Valor de la discretización del eje X.
2. Ny: Valor de la discretización del eje Y.
3. PMD: **Paso Mejora Discretización**, en el algoritmo GML se utiliza para **re-discretizar**, leer la explicación en la sección **experimentación**
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 máximo local, leer la explicación en la sección **experimentación**

Por otro lado, para el algoritmo de colonia de hormigas se utilizaron los siguientes parámetros:

1. IMPSR: **Intentos Meter Pad solución Random**, para ver cuando se termina de intentar meter pad en las soluciones tipo random (recordar que trabajamos en el continuo, y tenemos que decidir cuándo ya creemos que se llenó la región).
2. CITF: **Cantidad Intentos de Tapar una Feromonía**, cantidad de pads que tapan a una feromonía, para cada uno pruebo si es válido. Si ninguno es, se descarta esa feromonía.
3. CSRI: **Cantidad soluciones Random Iniciales**, cantidad de soluciones de la primera iteración. (soluciones random)
4. CI: **Cantidad Iteraciones**, cantidad iteraciones luego de la inicial.
5. CSNRPI: **Cantidad soluciones No Random Por Iteración**, cantidad de soluciones por iteración (Luego de la inicial).
6. MCBS: **Modo Chequeo Buena solución**, el modo para chequear cuando una solución es buena o mala (para enfriar o calentar la feromonía, explicado mejor en la sección **Algoritmo Propuesto**).
7. DF: **Discretización Feromonía**, la discretización de la matriz de feromonas.
8. FCF: **Factor Cambio Feromonía**, factor que se multiplica al actualizar la feromonía (también se lo multiplica por el omega normalizado)

## 5. Experimentación

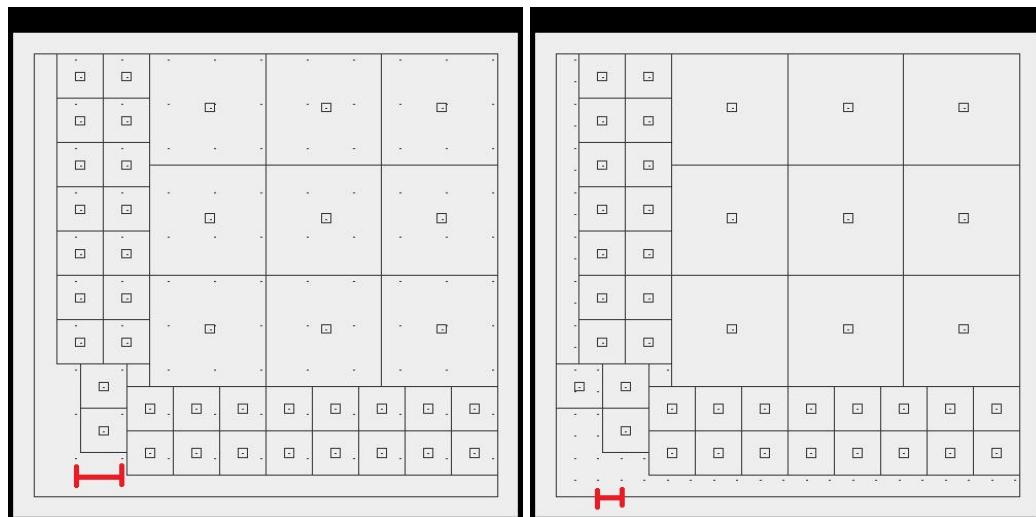
En esta sección se presentaran los resultados de la experimentación realizada. Pero previamente es necesario conocer los algoritmos con los cuales se comparó nuestra metaheurística.

1. Scip: Este algoritmo esta realizado con programación lineal entera y se explica en detalle en la sección **Programación Lineal Entera**.
2. Goloso: Este algoritmo es un simple Goloso, es decir, en cada iteracion agrega a la solución en pad que mas ogip tape.
3. Goloso Maximos Locales: Este algoritmo, en cada iteración busca el pad de mayor ogip (al igual que el goloso), pero como esto esta ligado a la discretización, a este pad se lo mueve tratando de ubicarlo en algún lugar cercano donde tenga mayor ogip, es decir, no importa al 100 % la discretización, dado que se consigue un pad centrado en la discretización (este pad es el pad con mayor ogip de todos los pads centrados en la discretización) y luego busco un máximo local en los alrededores y una vez encontrado lo agrega a la solución.

Para esto, se utiliza un parámetro **Paso Movimiento Pad** que indica el paso que se tiene en cuenta a la hora de mover el pad buscando el máximo local.

Una vez que no tengo más pads disponibles puede haber pasado que al mover los pads, no tenga más pads disponibles de los centrados en la discretización, pero si existen huecos donde entran otros, por lo tanto, se **re-discretiza** el área no tapada hasta el momento, se hace una discretización más fina, y para esto se usa el párametro **Paso mejora Discretización** que indica en cuanto se achica la discretización. Luego se vuelve a calcular los posibles pads para esta nueva discretización. Notar que solo se discretiza mas fino los sectores no tapados por los pads provenientes de la discretizacion más gruesa.

Por ejemplo, en las siguientes figuras podemos ver como en la primera el paso de la discretización es más grueso que en la segunda (marcado en rojo). Y también podemos ver como la discretización en la segunda solo se hace en los lugares no tapados. Notar que la discretización esta marcada con puntos en la región.



Antes de continuar se explican que son cada item de los resultados obtenidos:

1. Tiempo: Tiempo que se tardó en encontrar **la mejor solución**.
2. Cant. Pads: Cantidad de pads que tiene la solución.
3. Area (%): Porcentaje de área que se consiguió tapar con los pads de la solución.
4. Ogip: El ogip que se consiguió tapar con los pads de la solución.
5. Area Superpuesta (del total cubierto) (%): Porcentaje de área superpuesta por los pads de la solución. (Porque en scip se pisan).
6. Cant. Ar. Cubierta: Valor del area cubierta.

7. Cant. Ar. Superpuesta: Valor de area superpuesta.
8. Ar. Region: Total de la región de la instancia.
9. Iter. Sol.: Número de iteración que se consigue la mejor solución.

Lo primero que se hizo fue un análisis de la variación de los parámetros. Entonces analizando los resultados en la sección **anexo** se concluyó que los parámetros CITF (Cantidad Intentos de Tapar una Feromonía), FCF (Factor Cambio Feromonía), IMPSR (Intentos Meter Pad solución Random) se van a dejar fijos. Por otro lado, se decidió hacer que CSRI = CSNRPI dado que no importa que iteración sea, siempre dejamos seteada la cantidad de soluciones en un mismo valor.

Entonces los parámetros que nos quedaron para variar son CSRI (Cantidad soluciones Random Iniciales = Cantidad soluciones No Random Por Iteración) , CI (Cantidad de Iteraciones), MCBS (Modo Chequeo Buena solución), DF (Discretización Feromonía)

A la hora de analizar el tiempo vemos que el parámetro MCBS no influye, por lo tanto no lo tenemos en cuenta para esta experiencia (Nota, se puede ver que el tiempo cambia levemente si se cambia el MCBC, pero nada significativo).

Lo primero que se analizó fue el tiempo de ejecución si se varía la cantidad de soluciones por iteración, y para eso observemos la siguiente tabla:

Algoritmo	Input	Corrida							Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	6000	10	6,408
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	6000	10	14,518
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	20	5	0	6000	10	8,831
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	20	10	0	6000	10	10,59
CH	inst2	100	4	5	10	5	0	60	10	4,327
CH	inst2	100	4	10	10	10	0	60	10	7,51
CH	inst2	100	4	5	20	5	0	60	10	2,806
CH	inst2	100	4	10	20	10	0	60	10	4,56
CH	0G400x400_pocos	30	4	5	10	5	0	200	10	12,014
CH	0G400x400_pocos	30	4	10	10	10	0	200	10	18,793
CH	0G400x400_pocos	30	4	5	20	5	0	200	10	12,14
CH	0G400x400_pocos	30	4	10	20	10	0	200	10	15,667

En esta tabla podemos observar 6 subconjuntos de resultados agrupados entre sí, donde para cada subconjunto, todos los parámetros se mantienen igual excepto la cantidad de iteraciones que varía entre y 5 y 10 (parámetros CSRI y CSNRPI). Se puede ver que en todos los casos el tiempo aumenta considerablemente al aumentar la cantidad de soluciones por iteración, en particular, se puede ver en el primer caso (filas rojas) que al duplicar la cantidad de soluciones por iteración, el tiempo aumenta a mas del doble (pasa de 6 a 14 segundos).

Observemos que pasa con el algoritmo de colonia de hormigas versión 2:

Algoritmo	Input	Corrida							Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	6000	10	6,408
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	6000	10	14,518
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	20	5	0	6000	10	8,831
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	20	10	0	6000	10	10,59
CHV2	inst2	100	4	5	10	5	0	60	10	8,066
CHV2	inst2	100	4	10	10	10	0	60	10	11,151
CHV2	inst2	100	4	5	20	5	0	60	10	10,562
CHV2	inst2	100	4	10	20	10	0	60	10	11,536
CHV2	45G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	60	10	9,819
CHV2	45G100x100_muchos	100	4	10	10	10	0	60	10	12,348
CHV2	45G100x100_muchos	100	4	5	20	5	0	60	10	7,37
CHV2	45G100x100_muchos	100	4	10	20	10	0	60	10	12,13

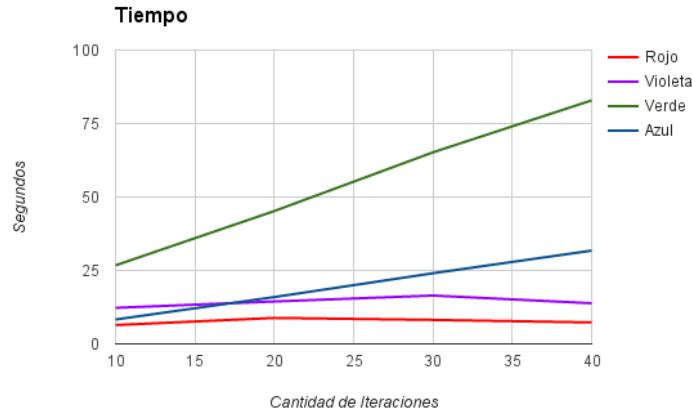
En esta tabla podemos observar lo mismo que en el caso anterior, es decir, al aumentar la cantidad de soluciones el tiempo aumenta. Pero vale destacar que en instancias como **inst2**, que es una instancia pequeña, el tiempo aumenta poco.

Todos estos resultados tienen sentido, dado que, sin importar la versión que se utilice del algoritmo, para cada solución encontrada tenemos que aumentar la feromona, y la lógica de actualización de feromona demora bastante, mas alla del tiempo que demora en conseguir la propia solución.

A continuación vamos a analizar que pasa con el tiempo al variar el otro parámetro, que es el CI (Cantidad de Iteraciones).

Algoritmo	Input	Corrida							Resultados		
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRP1	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Iter. Sol.
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	6000	10	6,408	9
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	20	5	0	6000	10	8,831	14
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	30	5	0	6000	10	8,163	16
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	40	5	0	6000	10	7,298	11
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	1	5000	10	12,27	10
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	20	10	1	5000	10	14,43	16
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	30	10	1	5000	10	16,455	25
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	40	10	1	5000	10	13,829	12
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	1000	10	26,733	10
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	20	5	0	1000	10	45,216	20
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	30	5	0	1000	10	65,206	30
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	40	5	0	1000	10	82,893	40
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	1	500	10	83,028	10
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	20	5	1	500	10	159,376	20
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	30	5	1	500	10	240,406	30
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	40	5	1	500	10	317,481	39

En esta tabla se pueden ver 4 subconjunto de corridas (rojo, violeta, verde y azul). Veamos a continuación, como se refleja esto en una gráfico de lineas.



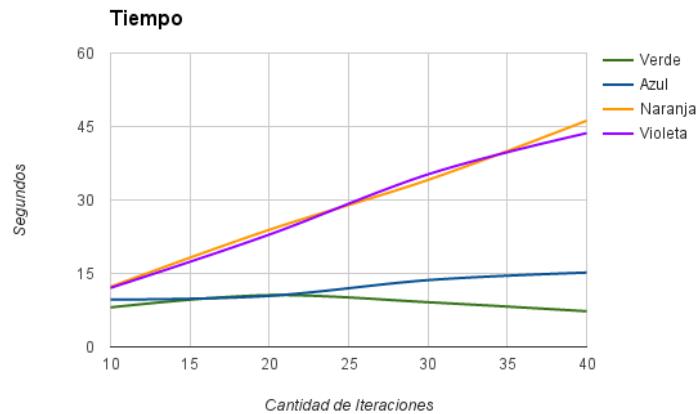
Podemos ver tanto en la tabla como en el gráfico, que a medida que aumentamos la cantidad de iteraciones, aumenta el tiempo, excepto en el caso del rojo y violeta. Esto es a causa del que el tiempo, es el tiempo hasta encontrar la mejor solución y si miramos con detalle la columna Iter. Sol., vamos a observar que en los dos casos que el tiempo disminuye es porque la mejor solución se encontró antes que los casos anteriores. Este resultado es un resultado correcto, dado que puede pasar que la solución se encuentre antes ya que cada solución es distinta de las otras y además se comienza con soluciones randoms. Por lo tanto vemos que no siempre aumentar la cantidad de iteraciones es bueno para mejorar el tiempo ya que encontramos casos donde aumentamos las iteraciones y se tardó más, pero por otro lado encontramos casos donde aumentamos las iteraciones y se tardó menos y vale aclarar que existen casos donde se aumentó la cantidad de iteraciones y la solución se encontró en un número de iteración que era posible encontrar en casos anteriores.

Nota: en el gráfico los valores muy elevados se normalizaron (se lo dividió por 10) para que el gráfico quede prolíjo.

Veamos ahora que pasa usando colonia de hormigas versión 2:

Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Iter. Sol.
CHV2	inst2	100	4	5	10	5	0	60	10	8,066	10
CHV2	inst2	100	4	5	20	5	0	60	10	10,562	12
CHV2	inst2	100	4	5	30	5	0	60	10	9,124	11
CHV2	inst2	100	4	5	40	5	0	60	10	7,279	8
CHV2	inst2	100	4	5	10	5	0	30	10	9,648	10
CHV2	inst2	100	4	5	20	5	0	30	10	10,409	11
CHV2	inst2	100	4	5	30	5	0	30	10	13,633	15
CHV2	inst2	100	4	5	40	5	0	30	10	15,176	21
CHV2	inst2	100	4	10	10	10	0	1	10	1227,867	8
CHV2	inst2	100	4	10	20	10	0	1	10	2391,535	20
CHV2	inst2	100	4	10	30	10	0	1	10	3409,414	30
CHV2	inst2	100	4	10	40	10	0	1	10	4620,145	40
CHV2	inst2	100	4	10	10	10	2	1	10	1205,3	10
CHV2	inst2	100	4	10	20	10	2	1	10	2293,054	20
CHV2	inst2	100	4	10	30	10	2	1	10	3523,47	30
CHV2	inst2	100	4	10	40	10	2	1	10	4365,503	40

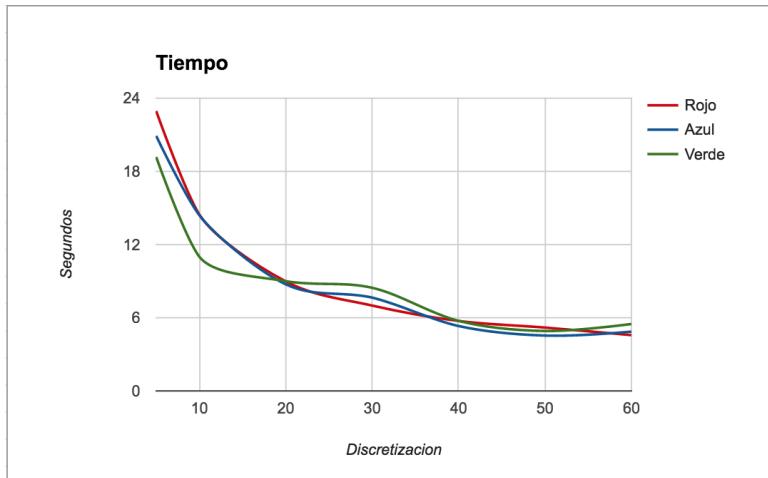
En esta tabla se pueden ver 4 subconjuntos de corridas (verde, azul, naranja y violeta). Veamos a continuación, como se refleja esto en una gráfico de lineas.



Se puede ver, al igual que en la versión 1, que la versión 2 se compara igual, es decir al aumentar la cantidad de iteraciones aumenta el tiempo, pero en algunos casos el tiempo disminuye debido a que la solución se encontró en una interacción mucho antes.

A continuación vamos a analizar que sucede con el tiempo al variar, para distintas instancias, la discretización de la feromonía.

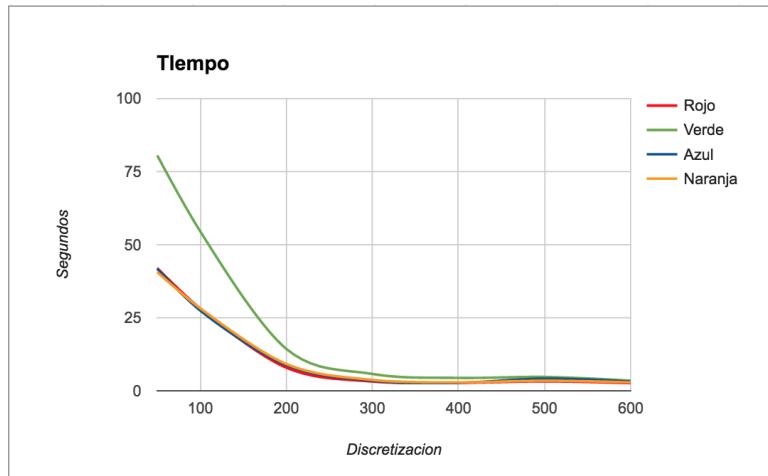
Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Iter. Sol.
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	60	10	4,577	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	50	10	5,196	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	40	10	5,737	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	30	10	5,897	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	20	10	8,979	3
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	10	10	14,46	4
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	5	10	22,953	8
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	0	1	10	406,415	9
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	60	10	4,86	5
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	50	10	4,54	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	40	10	5,322	7
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	30	10	7,652	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	20	10	8,741	8
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	10	10	14,406	9
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	2	5	10	20,915	9
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	60	10	5,489	5
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	50	10	4,915	5
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	40	10	5,743	5
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	30	10	8,458	6
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	20	10	8,592	7
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	10	10	11,228	10
CH	0G100x100_muchos	100	4	5	10	5	1	5	10	19,185	10



Se puede ver claramente en estos dos gráficos como al disminuir la discretización (es decir, discretizar más fino), el tiempo aumenta considerablemente. Esto es lógico, dado que la matriz de feromonas es mucho más grande al disminuir el valor de la discretización y por cada solución tenemos que iterarla por completo para actualizarlo. Notar también que no importa si la mejor solución se encontró antes o después (si se encontró de forma temprana o no) dado que la mayor cantidad de tiempo se pierde actualizando la feromona y aunque la mejor solución la encuentre rápido vamos a tener que actualizar hasta la última solución. Se puede ver un caso en las filas rojas, donde una solución se encontró en la iteración 6 tardando 6 seg aproximadamente y en la fila siguiente se encuentra la solución en la iteración 3 pero se tarda 9 segundos aproximadamente.

Veamos un ejemplo con otra instancia,

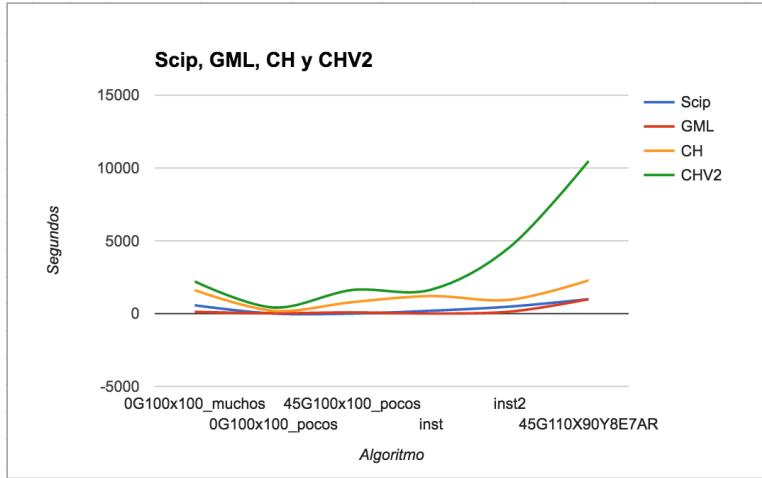
Algoritmo	Input	Corrida							Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 600	10	2,662	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 500	10	3,265	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 400	10	2,786	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 300	10	3,215	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 200	10	7,949	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 100	10	28,153	9	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 50	10	42,006	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 600	10	3,506	4	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 500	10	4,769	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 400	10	4,445	5	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 300	10	5,797	7	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 200	10	14,363	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 100	10	54,579	8	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 50	10	80,566	7	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 600	10	3,165	2	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 500	10	4,216	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 400	10	2,783	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 300	10	3,444	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 200	10	8,801	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 100	10	27,488	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 50	10	41,769	10	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 600	10	2,911	5	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 500	10	3,487	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 400	10	2,931	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 300	10	3,748	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 200	10	9,202	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 100	10	28,27	6	
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 50	10	40,645	6	



En este ejemplo se puede notar lo mismo que en el anterior, vemos en el gráfico de líneas como es claro que a medida que se discretiza más fino (se achica el valor) la discretización tarda mucho más.

A continuación, vamos a comparar los resultados de tiempos entre todas las instancias y todos los algoritmos, para eso agarramos la ejecución que mejor ogip consiguió para una instancia y las ponemos en la siguiente tabla:

Instancia	Algoritmo			
	Scip	GML	CH	CHV2
0G100x100_muchos	571,279	122,712	1613,49	2208,563
0G100x100_pocos	2,016	22,705	195,641	418,686
45G100x100_pocos	1,708	81,089	786	1623,69
inst	195,407	9,263	1210,09	1640,2
inst2	481,601	133,664	948,695	4567,66
45G110X90Y8E7AR	992,094	989,272	2286,975	10474,776



Se puede ver claramente como el algoritmo de Colonia de Hormigas tarda mucho mas que el resto, esto es claro dado que en este algoritmo se recorre toda la discretización en cada solución para actualizar la feromonía (Esto es un detalle de implementación que se podría mejorar en trabajos futuros). También se puede notar como la versión 2 del algoritmo de Colonia de Hormigas tarda más que la versión 1, lo cual también es lógico, dado que en este algoritmo tenemos más cantidad de feromonías y entonces tenemos que recorrer más (una feromonía por semilla).

Pero es importante notar algunos resultados obtenidos en las siguientes tablas:

Tabla A					
Algoritmo	Instancia	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip
CH	inst2	177,727	100	73,84	100385,6437
scip	inst2	481,601	100	98,01	118545,4952
Tabla B					
Algoritmo	Instancia	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	
G	inst	128,898	26	62,75	
GML	inst	131,125	26	62,75	
CH	inst	36,082	27	63,45	
Tabla C					
Algoritmo	Instancia	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip
CH	0G100x100_muchos	118,209	38	69,25	105764,6986
G	0G100x100_muchos	129,826	35	87,5	126080,1555
GML	0G100x100_muchos	122,712	35	87,5	126080,1555
Tabla D					
Algoritmo	Instancia	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip
CH	inst2	948,695	92	78,63	105156,1209
CHV2	inst2	4567,66	95	79,87	106869,8991
Tabla E					
Algoritmo	Instancia	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip
G	0G100x100_pocos	105,297	12	62,42	99872,77023
GML	0G100x100_pocos	22,705	19	70,05	106725,7141
CH	0G100x100_pocos	209,991	19	79,26	110582,2577
CHV2	0G100x100_pocos	409,991	20	81,26	111626,313

En la Tabla A se puede ver que, aunque el algoritmo de Colonia de Hormigas no consiga tener un valor de ogip tan bueno como Scip, este tarda más de la mitad del tiempo.

En la Tabla B se puede ver que el algoritmo de Colonia de Hormigas tarda mucho menos, y consigue un ogip mejor que el del Goloso y el del Goloso Máximos Locales.

En la Tabla C se puede ver que el algoritmo de Colonia de Hormigas no es tan bueno como G y GML, pero tarda menos tiempo.

En la Tabla D se puede ver que la Version 2 de Colonia de Hormigas tarda mucho mas pero logramos obtener un ogip mejor.

En la Tabla E se puede ver que el algoritmo de Colonia de Hormigas tarda mucho mas pero consigue un valor mucho mejor y que la version 2 tarda mas y consigue una mejor solución.

A continuación haremos un análisis del Ogip, variando los parámetros CSRI (Cantidad soluciones Random Iniciales = Cantidad soluciones No Random Por Iteracion) , CI (Cantidad de Iteraciones), MCBS (Modo Chequeo Buena solución), DF (Discretización Feromona)

Variemos el CSRI y CSNRI, es decir la cantidad de soluciones por iteración:

Algoritmo	Corrida								Area (%)	Ogip
	IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF		
CH	100	4	5 10		5	0	60	10	49,55	83901,40448
CH	100	4	10 10		10	0	60	10	56,65	89305,58632
CH	100	4	5 20		5	1	1	10	73,5	113651,5801
CH	100	4	10 20		10	1	1	10	72,45	114183,3326

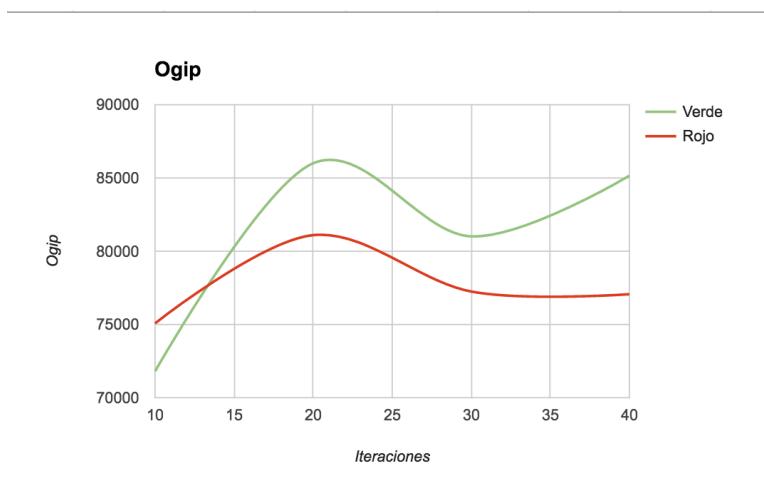
  

Algoritmo	Corrida								Area (%)	Ogip
	IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF		
CHV2	100	4	5 10		5	0	60	10	56,35	85298,67114
CHV2	100	4	10 10		10	0	60	10	59,65	93182,87788
CHV2	100	4	5 20		5	0	60	10	53,35	84152,89523
CHV2	100	4	10 20		10	0	60	10	56,51	88173,49995

Podemos ver en las tablas que si aumentamos la cantidad de soluciones por iteración, el ogip conseguido es mayor. Además podemos ver como la versión 2 obtiene mejores resultados que la versión 1.

Analicemos que pasa al variar la cantidad de iteraciones (CI)

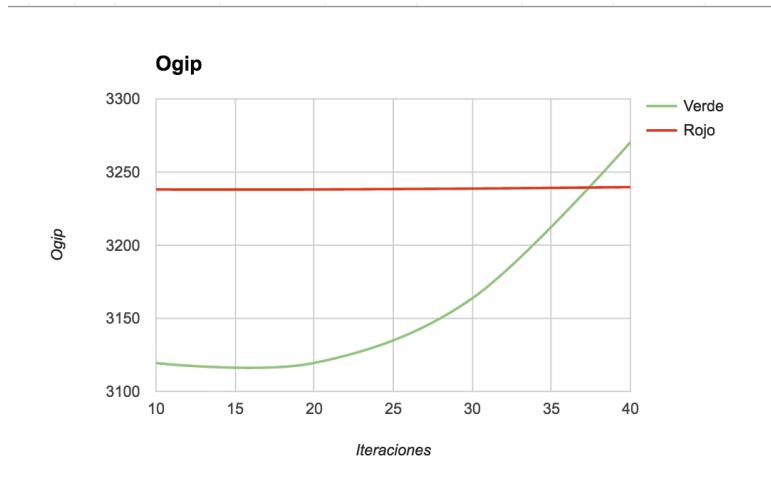
Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Area (%)	Ogip
CH	inst2	100	4	5 10		5	0	60	10	53	71799,11445
CH	inst2	100	4	5 20		5	0	60	10	63,55	86004,08227
CH	inst2	100	4	5 30		5	0	60	10	58,69	81012,32801
CH	inst2	100	4	5 40		5	0	60	10	61,7	85158,03702
CH	inst2	100	4	10 10		10	0	60	10	52,37	75073,97627
CH	inst2	100	4	10 20		10	0	60	10	60,65	81098,59707
CH	inst2	100	4	10 30		10	0	60	10	55,63	77247,54827
CH	inst2	100	4	10 40		10	0	60	10	53,25	77065,74868



Podemos ver que no siempre a medida que se aumentan las iteraciones el ogip aumenta. Pero es importante aclarar que la discretización (60) es un valor muy grande para esta instancia.

Veamos un caso donde discretizamos mas fino.

Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Area (%)	Ogip
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5 10	5	0	500	10	50,98423485	3119,388979	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5 20	5	0	500	10	50,13594684	3119,471917	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5 30	5	0	500	10	51,42238817	3163,66513	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5 40	5	0	500	10	52,84554106	3270,421121	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10 20	10	0	500	10	53,1329735	3238,095632	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10 20	10	0	500	10	23,67815304	3238,095632	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10 30	10	0	500	10	54,41941482	3238,715266	
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10 40	10	0	500	10	52,69482018	3239,737856	



Aca podemos ver que el ogip se mantiene un poco mas estable. No se incluyen gráficos de la version 2 de colonias de hormigas pero los resultados obtenidos se comportan igual (ver sección anexo).

Analicemos a continuación que pasa al cambiar el MCBS (Modo Chequeo Buena solución):

Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	0 600	10	30,00347222	308834,5502		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	1 600	10	28,23090278	334561,1812		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 10	5	2 600	10	29,36979167	327917,1549		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	0 600	10	26,859375	302260,656		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	1 600	10	28,62326389	343581,6988		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	10 10	10	2 600	10	30,76041667	332015,8556		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 20	5	0 600	10	22,94618056	267988,1547		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 20	5	1 600	10	30,80208333	349966,2718		
CH	0G1200x1200_muchos	10	4	5 20	5	2 600	10	28,46180556	316294,4596		

Podemos ver claramente que con el caso 1 es mejor que el resto, seguido del 2 y terminando con el 0. Vease sección algoritmo propuesto para ver que significan cada valor de MCBS.

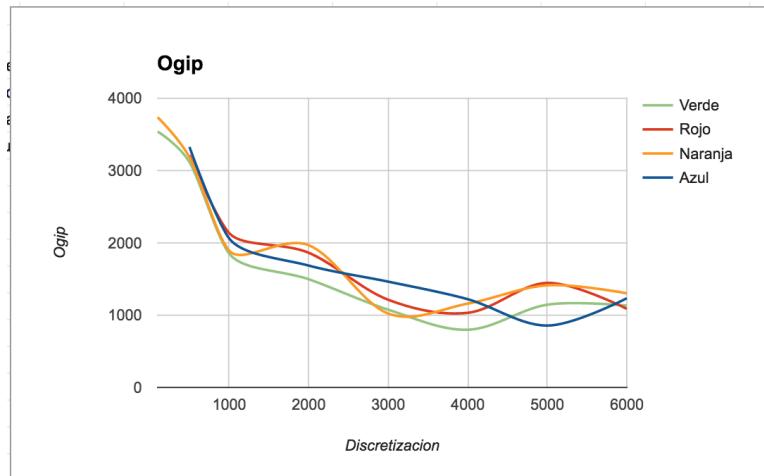
Miremos el siguiente ejemplo con la versión 2 del algoritmo:

Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF		
CHV2	inst2	100	4	5 10	5	0 60	10	51,75	76013,31542		
CHV2	inst2	100	4	5 10	5	1 60	10	55,82	77037,22709		
CHV2	inst2	100	4	5 10	5	2 60	10	55,73	78986,50665		
CHV2	inst2	100	4	10 10	10	0 60	10	56,39	79416,72826		
CHV2	inst2	100	4	10 10	10	1 60	10	60,81	82892,51927		
CHV2	inst2	100	4	10 10	10	2 60	10	61,86	85048,1394		
CHV2	inst2	100	4	5 20	5	0 60	10	57,22	79279,75324		
CHV2	inst2	100	4	5 20	5	1 60	10	56,68	79069,41762		
CHV2	inst2	100	4	5 20	5	2 60	10	58,99	80554,30003		

En un principio parece que el modo 2 es mejor que el resto, seguido del 1 y luego del 0, pero en el caso verde podemos ver que el modo 0 es mejor que el modo 1.

Analicemos que pasa variando la discretización y viendo el ogip:

Algoritmo	Input	Corrida								Resultados	
		IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Ogip
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	6000	10	6,408	1132,553341
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	5000	10	5,074	1145,606691
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	4000	10	6,031	798,9050267
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	3000	10	8,002	1075,964036
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	2000	10	11,599	1497,752388
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	1000	10	26,733	1850,779901
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	500	10	79,605	3119,388979
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	100	10	2286,975	3540,132595
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	6000	10	14,518	1088,196697
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	5000	10	13,642	1447,208603
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	4000	10	11,383	1033,014165
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	3000	10	13,363	1213,565397
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	2000	10	15,795	1863,508642
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	1000	10	49,476	2134,76658
CH	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	500	10	163,034	3213,947321
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	6000	10	19,544	1302,954313
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	5000	10	19,655	1413,879432
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	4000	10	17,311	1160,427766
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	3000	10	25,891	1022,565949
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	2000	10	28,176	1968,735166
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	1000	10	92,102	1891,464401
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	500	10	356,569	3186,945504
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	5	10	5	0	100	10	10474,776	3737,539385
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	6000	10	29,424	1235,027081
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	5000	10	33,653	856,494203
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	4000	10	30,284	1221,645529
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	3000	10	37,368	1464,25912
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	2000	10	50,205	1686,348281
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	1000	10	165,577	2061,465899
CHV2	45G110X90Y8E7AR	10	4	10	10	10	0	500	10	711,231	3327,503707



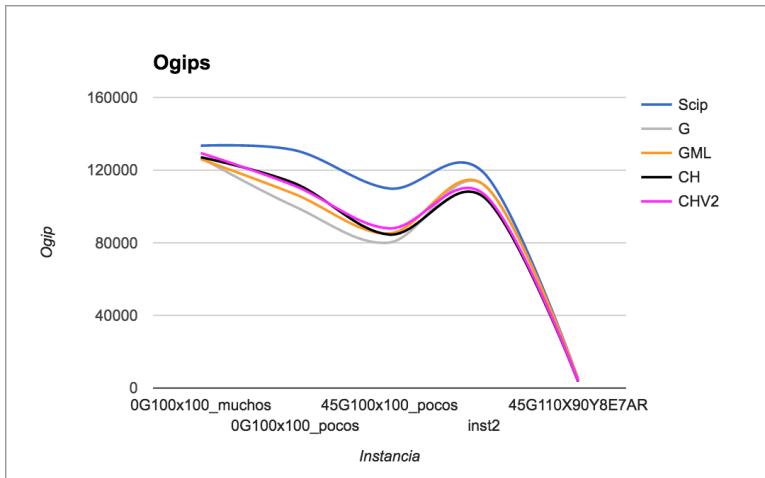
En esta tabla se puede observar una corrida con ambas versiones del algoritmo de colonia de hormigas, y en ambos casos se los separa por subconjuntos (de colores) para poder ver que pasa al variar la discretización.

En todos los casos se observa como al discretizar mas fino, el valor del ogip aumenta, excepto en el naranja, que disminuye levemente en un caso (caso anómalo). Esto es lógico, dado que al tener la feromonas mas discretizada, la cantidad de puntos de la feromonas es mayor y por lo tanto puede encontrar el punto mas caliente con mejor precisión. Como fue explicado con anterioridad, al tener mayor discretización, la cantidad de pads posibles aumenta y la feromonas también, esto hace que el problema sea mas lento computacionalmente (como vimos en gráficos anteriores).

Pero como era de esperarse el ogip mejora al discretizar mas fino.

Comparemos los ogip de todos los algoritmos, para esto tomamos el mejor ogip de cada instancia y cada algoritmo y armamos la siguiente tabla:

Instancia	Algoritmo				
	Scip	G	GML	CH	CHV2
0G100x100_muchos	133484	126855	126080	127130	129422
0G100x100_pocos	130917	99872	106725	112632	111292
45G100x100_pocos	109871	80130	85159	84486	87930
inst2	118545	111982	111982	105156	106869
45G110X90Y8E7AR	4958	4663	4621	3498	3737



Se puede ver claramente como el algoritmo de Colonia de Hormigas (versión 1, color negro) nunca le gana al Scip, pero esto es lógico, dado que el Scip es un algoritmo exacto y no solo eso, sino que también acepta superposiciones, lo cual, los demás algoritmos no hacen superposiciones de pads (ver anexo para saber los porcentajes de superposición).

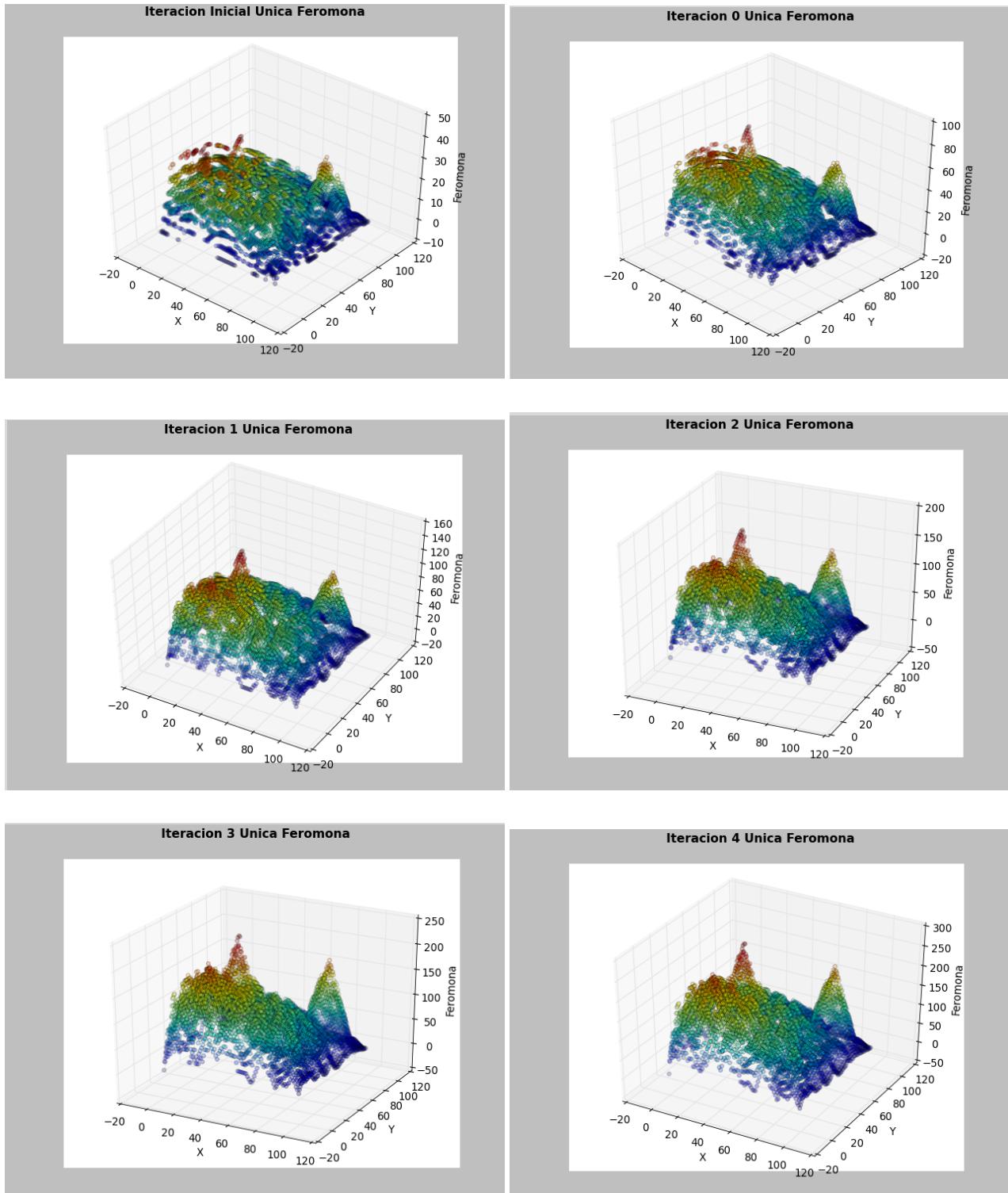
Por otro lado se ve como Colonia de Hormigas le gana en muchos casos al Goloso común y en algunos puntos es mejor que el Goloso de Máximos Locales.

Tambien vemos que el Colonia de Hormigas Version 2, casi siempre es mejor que el algoritmo en la version 1.

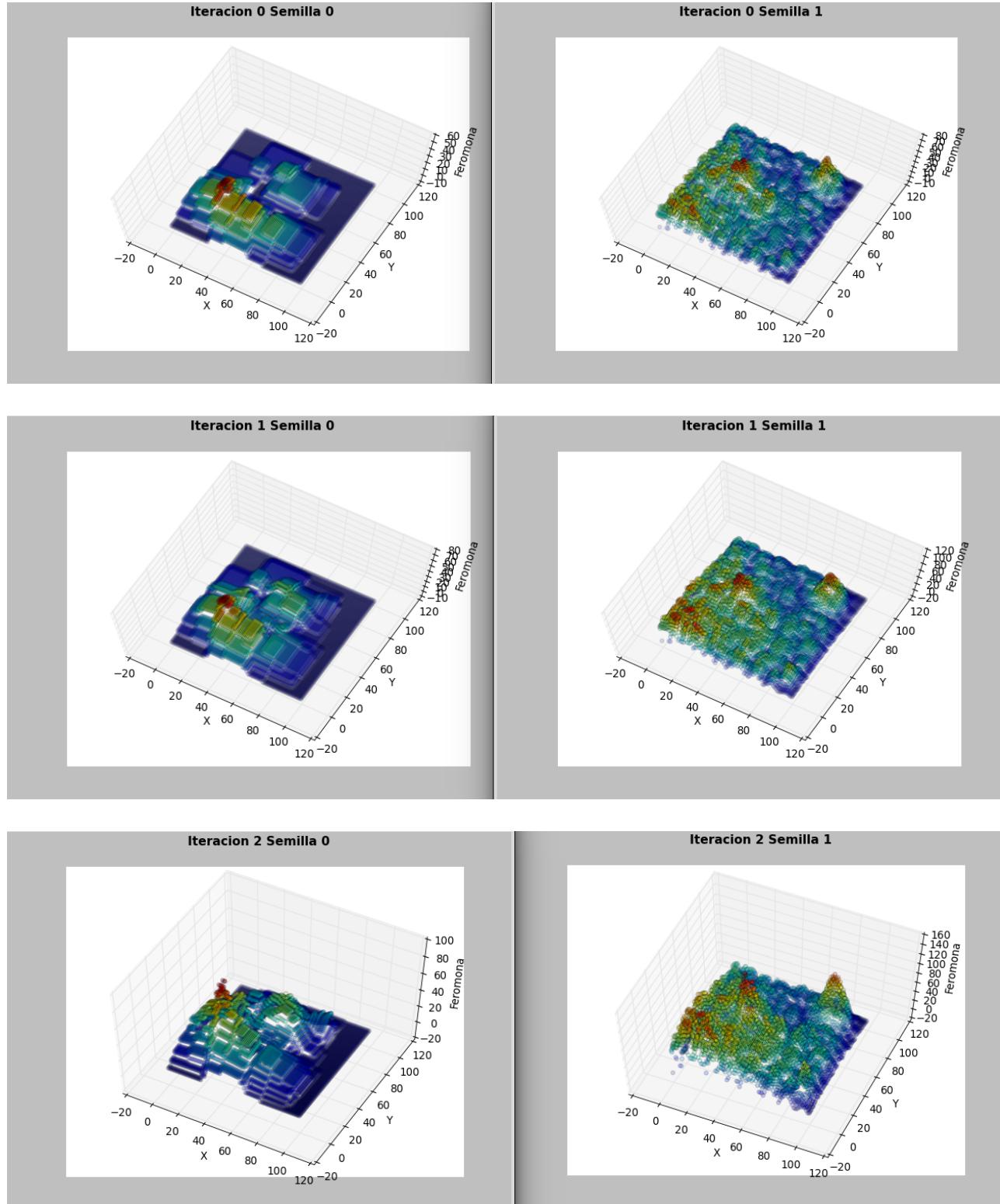
Hagamos un análisis de la feromona:

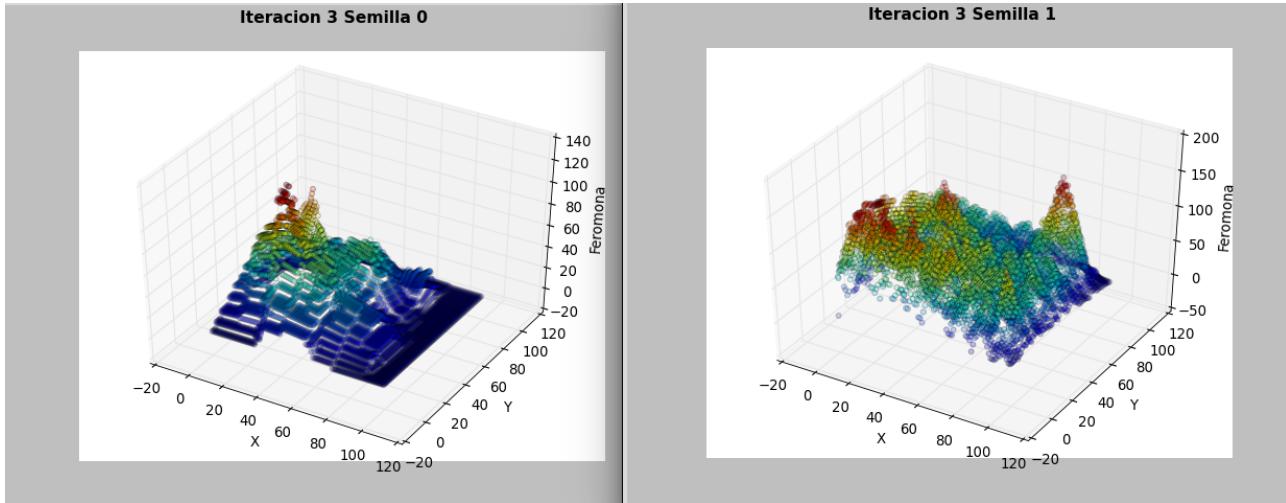
A continuación podemos ver unos gráficos de la feromona de la versión 1, y vemos como a medida que avanzan las iteraciones la feromona va tomando una forma de picos (así es como es el ogip en la región). De modo que la feromona más caliente es la correspondiente al punto en el plano donde está el ogip de mayor valor.

Nota: La instancia corrida tiene el ogip creciente para un vértice (como se ve en la feromona) y tiene 3 picos, 2 picos en la parte de mayor ogip y un pico en la parte de menor ogip. Por lo tanto podemos decir que la feromona tiende a asemejarse a la función de ogip.



Veamos a continuación el mismo ejemplo pero con la versión 2 de colonia de hormigas.





El comportamiento es idéntico al algoritmo anterior, pero notemos que para cada iteración tenemos 2 gráficos de feromonas, esto es porque tenemos 2 semillas, y por lo tanto una feromona por semilla.

Si miramos con atención, podemos notar que en los gráficos de la semilla 0 se notan marcados los pads mas grandes en la función de feromona, esto es porque la semilla 0 corresponde a los pads grandes. En cambio en la feromona de la semilla 1 es un poco menos uniforme dado que corresponde a una semilla mucho más chica.

## 6. Resolución alternativa

La idea es usar un GRASP, entonces lo primero que hacemos es buscar una solución goloza randomizada y luego aplicarmos búsqueda local para actualizar la solución.

Para generarnos una solución golosa optimizada debemos encontrar el punto de la discretización donde el ogip valga mas y luego, generar una cantidad configurable de pads que tapen el punto pero que sean de randoms entre sí. Luego iterar buscando los puntos de la discretización que valgan mas hasta llenar la región.

Una vez conseguida la solución, se debe hacer una búsqueda local para tratar de mejorar la solución. Y algunas formas posibles de hacer esta búsqueda local pueden ser:

1. Para cada pad tratar de acercarlo a otro pads y al finalizar esto chequear si es posible meter otro nuevo pad.
2. Sacar algún pad con algún criterio y tratar de acomodar los pad restantes con algún algoritmo de programación lineal entera.
3. Otro

## 7. Programación 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  $\Delta_x$  y dos puntos consecutivos de una misma columna estén a distancia  $\Delta_y$ . Para esto, se genera un reticulado de puntos en el plano con ángulo  $\alpha$ .

**Generación de pads.** Para cada punto  $(x, y) \in D$  de la discretización, cada configuración  $S \in \mathcal{S}$  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  $\alpha_i$ , 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  $\text{tol}_S$ , 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 une 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.

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

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 (dados 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  $\Delta_x$  y  $\Delta_y$  son demasiado grandes, entonces no se generará un número suficientemente grande y variado de pads en  $T$  y la solución será de peor calidad, 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  $\Delta_x$  y  $\Delta_y$  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  $\Delta_x$  y  $\Delta_y$  se obtienen buenos resultados.

## 8. Conclusión

Como se pudo ver en la sección de experimentación, los resultados de Colonia de Hormigas (en cualquiera de sus dos versiones) no siempre son mejores que los de Goloso y Goloso Máximos Locales. Y vale aclarar que nunca son mejores que los de Scip, pero recordemos que Scip acepta superposiciones, por lo que esto nos hace estar en desventaja. Pero existen muchísimos casos en los que nuestro algoritmo es mejor que Goloso y Goloso de Máximos Locales.

Luego de hacer un análisis (ver sección experimentación) con respecto al tiempo de ejecución, podemos concluir que a medida que se aumentan la cantidad de soluciones por iteraciones, el tiempo aumenta, lo cual es un resultado esperado. En algunos casos aumenta más y en otros menos, pero en general siempre aumenta. En cambio si aumentamos la cantidad de iteraciones no siempre aumenta el tiempo, esto es debido a que el tiempo de cálculo es el tiempo que se tarda en encontrar la mejor solución por lo tanto, si la solución se encuentra en una iteración temprana, el tiempo va a ser menor que si se encuentra en una iteración más lejana. Esto es independiente de si tiene más o menos iteraciones. Notar que si tiene más iteraciones aumenta la probabilidad de encontrar una mejor solución a la solución parcial encontrada hasta el momento. Se puede ver que en algunas corridas, la mejor solución se encuentra siempre en la última iteración, dando esto un indicio de que si se corrieran más iteraciones se podrían encontrar mejores soluciones. Lamentablemente el tiempo computacional no nos permitió probar con muchas más iteraciones pero queda como trabajo futuro tratar de hacer este análisis.

Se puede ver fácilmente que la variación de la discretización es clave en el tiempo, cuanto más discretizamos más tiempo se tarda.

En comparación con los otros algoritmos, nuestro algoritmo siempre es más lento, pero se pueden ver muchísimos casos donde aunque no se encuentre la mejor solución, se consiguen mejores tiempos, es decir existen soluciones que no son las mejores pero que el tiempo es mucho menor comparado con tiempos de los otros algoritmos. También existen muchos casos donde se puede conseguir mejores resultados pero en más tiempo. Igualmente se puede ver que en muchos casos se pueden conseguir soluciones mejores que las soluciones de Goloso y Goloso Máximos Locales y en menos tiempo.

Con esto podemos decir que nuestro algoritmo consigue, en algunos casos, soluciones mejores (tanto en tiempo como en ogip) y en algunos casos no tan buenos resultados.

En general nuestro algoritmo es mejor en soluciones no tan discretizadas, es decir, cuanto más discretizamos mejoran todos los algoritmos, pero en los otros algoritmos la mejora es ligeramente más grande, pero esto no es un problema, dado que las instancias de prueba que corrimos son instancias chicas, por lo tanto, si uno quisiera correr un caso real, donde la instancia tiene muchísimos metros de área, ninguno de los algoritmos podría llegar a discretizar muy profundo, por lo tanto nuestro algoritmo, podría llegar a conseguir mejores soluciones (en tiempo y ogip) que los otros algoritmos.

El ogip aumenta al incrementar la cantidad de soluciones por iteración y también al incrementar las iteraciones. Pero notar que existen casos donde aunque uno aumenta la cantidad de iteraciones, el algoritmo **se plancha** y no consigue nada mejor. Esto es porque la mejor solución la consiguió de forma temprana (no quita que exista la posibilidad de que aparezca una mejor en iteraciones más avanzadas).

Con respecto a los modos de chequear que una solución es buena o no, en este trabajo se probaron 3 distintos, y se pudieron notar variaciones entre ellas, pero queda a trabajo futuro investigar que otras opciones de chequeo de buenas soluciones se pueden utilizar.

Finalizando, podemos concluir que Colonia de Hormigas nunca le gana a Scip (con repeticiones), en muchos casos podemos obtener mejores soluciones que los demás algoritmos y en muchos casos podríamos obtener soluciones más lentas. Por lo tanto a la hora de decidir qué algoritmo utilizar debería hacerse un análisis de lo que uno prefiere, si priorizar el resultado o priorizar el tiempo, o buscar un intermedio, etc.

En general, priorizando un **intermedio**, nuestro algoritmo tiene todas las chances de ganarle a los demás.

## 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 **Parametros**.

### 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	Ny	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

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10		4,577	34	49,55	83901,40448	4955	10000
100	4	10 10	10	0	60	10		7,455	41	56,65	89305,58632	5665	10000
100	4	5 20	5	0	60	10		5,327	31	62,3	88870,72833	6230	10000
100	4	10 20	10	0	60	10		7,032	32	58,15	85402,92049	5815	10000
100	4	5 30	5	0	60	10		5,502	35	55,55	89015,46907	5555	10000
100	4	10 30	10	0	60	10		8,732	35	55,45	89481,60472	5545	10000
100	4	5 40	5	0	60	10		6,656	39	54,05	86223,50543	5405	10000
100	4	10 40	10	0	60	10		7,757	37	57,3	88279,15539	5730	10000
100	4	5 10	5	1	60	10		5,489	38	53,55	88358,16635	5355	10000
100	4	10 10	10	1	60	10		8,051	33	58,7	91865,29465	5870	10000
100	4	5 20	5	1	60	10		5,085	34	54,8	87295,90417	5480	10000
100	4	10 20	10	1	60	10		7,701	40	54,95	82281,7709	5495	10000
100	4	5 30	5	1	50	10		5,008	37	57,25	91562,8231	5725	10000
100	4	10 30	10	1	50	10		8,505	39	54,55	85686,75187	5455	10000
100	4	5 40	5	1	50	10		5,899	40	55,45	86865,99131	5545	10000
100	4	5 10	5	1	40	10		5,743	39	54,4	85970,29106	5440	10000
100	4	10 10	10	1	40	10		8,428	46	55,95	89242,93188	5595	10000
100	4	5 20	5	1	40	10		6,852	38	52,96	81878,1266	5296	10000
100	4	10 20	10	1	40	10		11,025	46	55,71	86872,59457	5571	10000
100	4	5 30	5	1	40	10		8,242	28	53,75	84248,73597	5375	10000
100	4	10 30	10	1	40	10		11,824	31	56,95	88763,17041	5695	10000
100	4	5 40	5	1	40	10		9,646	44	59,55	91472,27086	5955	10000
100	4	10 40	10	1	40	10		12,076	36	56,3	92506,97968	5630	10000
100	4	5 10	5	2	40	10		5,322	30	50,8	81265,79021	5080	10000
100	4	10 10	10	2	40	10		9,532	30	55,35	86909,75249	5535	10000
100	4	5 20	5	2	40	10		8,244	48	52,95	81885,90227	5295	10000
100	4	10 20	10	2	40	10		9,355	32	62,75	94190,04403	6275	10000
100	4	5 30	5	2	40	10		9,015	41	56,25	85367,26769	5625	10000
100	4	10 30	10	2	40	10		12,875	29	54,8	85619,20946	5480	10000
100	4	5 40	5	2	40	10		9,859	29	59,8	94299,00325	5980	10000
100	4	10 40	10	2	40	10		13,451	41	56,3	85881,48398	5630	10000
100	4	5 10	5	0	30	10		5,897	37	52,45	79095,83857	5245	10000
100	4	10 10	10	0	30	10		11,374	37	52,35	85794,47461	5235	10000
100	4	5 20	5	0	30	10		9,972	32	52,9	83607,00678	5290	10000
100	4	10 20	10	0	30	10		13,979	26	51,9	83960,24636	5190	10000
100	4	5 30	5	0	30	10		12,443	28	59,3	91407,87547	5930	10000
100	4	10 30	10	0	30	10		18,46	40	55,45	89311,06267	5545	10000
100	4	10 30	10	1	10	10		49,22	27	58,05	96142,04664	5805	10000
100	4	5 40	5	1	10	10		31,277	31	56,65	93577,27998	5665	10000
100	4	10 40	10	1	10	10		64,103	34	59,51	96565,9137	5951	10000
100	4	5 10	5	2	10	10		14,406	30	55,75	89292,23189	5575	10000
100	4	10 10	10	2	10	10		22,94	31	56,76	91513,00551	5676	10000
100	4	5 30	5	0	1	10		642,963	44	74,95	116467,5623	7495	10000
100	4	10 30	10	0	1	10		1213,107	49	74,8	116816,2794	7480	10000
100	4	5 40	5	0	1	10		806,472	53	77,81	115082,53	7781	10000
100	4	10 40	10	0	1	10		1613,49	57	77,6	117130,9217	7760	10000
100	4	5 10	5	1	1	10		226,096	56	71,26	111416,1879	7126	10000
100	4	10 10	10	1	1	10		361,077	42	72,6	111625,5298	7260	10000
100	4	5 20	5	1	1	10		356,463	53	73,46	112823,2997	7346	10000
100	4	10 20	10	1	1	10		839,976	53	73,5	113651,5801	7350	10000
100	4	5 30	5	1	1	10		631,922	52	72,45	114183,3326	7245	10000

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados					
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region	
100	4	5 10	5	0	60	10		6,339	36	56,35	85298,67114	5635	10000	
100	4	10 10	10	0	60	10		6,972	34	59,65	93182,87788	5965	10000	
100	4	5 20	5	0	60	10		6,182	34	59,5	88908,14588	5950	10000	
100	4	10 20	10	0	60	10		6,787	33	58,9	90483,83919	5890	10000	
100	4	5 30	5	0	60	10		5,158	32	52,45	81106,7156	5245	10000	
100	4	10 30	10	0	60	10		9,034	35	60,95	95407,15351	6095	10000	
100	4	5 40	5	0	60	10		6,604	35	60,95	94764,85005	6095	10000	
100	4	10 40	10	0	60	10		9,364	28	54	86850,33003	5400	10000	
100	4	5 10	5	1	60	10		3,991	34	54,35	85943,1026	5435	10000	
100	4	10 10	10	1	60	10		8,153	33	59	91508,09697	5900	10000	
100	4	5 20	5	1	60	10		4,876	37	57,21	84380,17026	5721	10000	
100	4	10 20	10	1	60	10		8,497	37	57,7	92074,90988	5770	10000	
100	4	5 30	5	1	60	10		6,234	36	56,45	91903,65337	5645	10000	
100	4	10 20	10	1	40	10		11,814	38	53,25	88569,89981	5325	10000	
100	4	5 30	5	1	40	10		7,633	33	53,55	85644,97691	5355	10000	
100	4	10 30	10	1	40	10		13,874	33	59,15	86266,97474	5915	10000	
100	4	5 40	5	1	40	10		9,522	34	54,46	83378,52954	5446	10000	
100	4	10 40	10	1	40	10		13,132	33	58,8	87564,956	5880	10000	
100	4	5 10	5	2	40	10		6,2	37	52,25	84532,34757	5225	10000	
100	4	10 10	10	2	40	10		9,824	33	53,4	85507,58157	5340	10000	
100	4	5 20	5	2	40	10		7,376	39	54,45	86755,27277	5445	10000	
100	4	10 20	10	2	40	10		11,563	34	59,6	93050,67158	5960	10000	
100	4	5 30	5	2	40	10		8,954	30	55,95	87800,5753	5595	10000	
100	4	10 30	10	2	40	10		13,527	41	56,55	85653,21855	5655	10000	
100	4	5 40	5	2	40	10		10,646	34	54,8	88015,77384	5480	10000	
100	4	10 40	10	2	40	10		12,706	29	54,9	87796,57757	5490	10000	
100	4	5 10	5	0	30	10		8,769	44	54,2	83933,12154	5420	10000	
100	4	10 10	10	0	30	10		10,29	38	58,65	88904,73751	5865	10000	
100	4	5 20	5	0	30	10		10,042	32	52,61	82310,53373	5261	10000	
100	4	10 20	10	0	30	10		13,392	32	57,7	90821,49306	5770	10000	
100	4	5 30	5	0	30	10		11,603	39	54,75	87866,51367	5475	10000	
100	4	10 10	10	2	20	10		12,423	28	59,15	90707,28015	5915	10000	
100	4	5 20	5	2	20	10		12,494	30	50,9	81917,36729	5090	10000	
100	4	10 20	10	2	20	10		19,374	45	60,2	93128,91427	6020	10000	
100	4	5 30	5	2	20	10		14,82	36	61,6	93278,03918	6160	10000	
100	4	10 30	10	2	20	10		23,853	38	53,2	91950,73252	5320	10000	
100	4	5 40	5	2	20	10		20,066	42	57,35	85922,3039	5735	10000	
100	4	10 40	10	2	20	10		30,082	38	58,9	89837,94142	5890	10000	
100	4	5 10	5	0	10	10		14,888	33	58,7	96236,08532	5870	10000	
100	4	10 20	10	2	1	10		1603,365	57	72,05	111947,8335	7205	10000	
100	4	5 30	5	2	1	10		1095,57	45	75,65	113996,3001	7565	10000	
100	4	10 30	10	2	1	10		2208,563	44	80,25	119422,2846	8025	10000	
100	4	5 40	5	2	1	10		1579,423	51	76,45	115315,8878	7645	10000	
100	4	10 40	10	2	1	10		3089,34	47	77,65	118429,0969	7765	10000	
100	4	5 10	5	0	60	10		5,134	38	53,35	84152,89523	5335	10000	
100	4	5 10	5	0	60	10		5,509	31	56,51	88173,49995	5651	10000	

## 9.2. 0G100x100\_pocos

				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		0,55	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	Ny	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

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados					
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region	
100	4	5 10		5	0	60	10	1,22	14	53,79	81710,80727	5379	10000	
100	4	10 10		10	0	60	10	1,67	14	53,78	79340,17587	5378	10000	
100	4	10 10		10	0	10	10	5,724	15	60,28	90480,27486	6028	10000	
100	4	5 20		5	0	10	10	4,152	15	63,29	91515,94335	6329	10000	
100	4	10 20		10	0	10	10	8,901	13	59,68	90747,99643	5968	10000	
100	4	5 30		5	0	10	10	7,151	14	60,05	90846,53912	6005	10000	
100	4	10 30		10	0	10	10	10,597	14	66,25	97566,78889	6625	10000	
100	4	5 40		5	0	10	10	7,44	15	63,65	94989,43396	6365	10000	
100	4	10 40		10	0	10	10	12,007	12	62,46	94376,44155	6246	10000	
100	4	5 10		5	1	10	10	2,85	16	60,69	92687,53806	6069	10000	
100	4	10 10		10	1	10	10	4,099	15	60,28	92145,70919	6028	10000	
100	4	5 20		5	1	10	10	4,386	16	63,09	96418,5755	6309	10000	
100	4	10 20		10	1	10	10	7,661	15	65,62	98645,47724	6562	10000	
100	4	5 30		5	1	10	10	6,666	14	62,99	93202,85261	6299	10000	
100	4	10 30		10	1	10	10	11,658	15	63,4	103551,286	6340	10000	
100	4	5 40		5	1	10	10	7,085	15	63,04	93310,03559	6304	10000	
100	4	10 40		10	1	10	10	15,054	14	60,41	94591,85959	6041	10000	
100	4	5 10		5	2	10	10	3,415	15	60,21	91307,39295	6021	10000	
100	4	10 10		10	2	10	10	4,275	15	63,04	92314,68627	6304	10000	
100	4	5 20		5	2	10	10	4,07	14	66	101331,9056	6600	10000	
100	4	10 20		10	2	10	10	8,544	15	60,03	93400,69576	6003	10000	
100	4	5 30		5	2	10	10	6,841	15	62,86	92261,36466	6286	10000	
100	4	10 30		10	2	10	10	10,649	14	62,81	97506,59098	6281	10000	
100	4	5 40		5	2	10	10	8,118	15	65,91	94710,6195	6591	10000	
100	4	10 40		10	2	10	10	13,818	15	62,61	94907,95659	6261	10000	
100	4	5 10		5	0	5	10	6,018	16	66,46	102427,4071	6646	10000	
100	4	10 10		10	0	5	10	8,409	17	66,76	99776,40293	6676	10000	
100	4	5 20		5	0	5	10	7,689	16	69,11	104108,9568	6911	10000	
100	4	10 20		10	0	5	10	13,18	17	69,77	103068,1256	6977	10000	
100	4	5 30		5	0	5	10	12,31	19	69,62	103740,9716	6962	10000	
100	4	10 30		10	0	5	10	20,139	18	72,76	104970,9871	7276	10000	
100	4	5 40		5	0	5	10	14,942	17	68,99	106304,66663	6899	10000	
100	4	10 40		10	0	5	10	25,36	18	73,19	105264,8451	7319	10000	
100	4	5 10		5	1	5	10	5,096	14	62,56	95261,95954	6256	10000	
100	4	10 10		10	1	5	10	8,357	16	63,63	96907,49673	6363	10000	
100	4	5 20		5	1	5	10	8,351	16	66,53	99729,50804	6653	10000	
100	4	10 20		10	1	5	10	12,142	16	68,97	100081,5806	6897	10000	
100	4	5 30		5	1	5	10	12,128	16	69,4	102124,3766	6940	10000	
100	4	10 30		10	1	5	10	20,409	18	72,94	103635,1193	7294	10000	
100	4	5 40		5	1	5	10	13,375	15	66,23	99746,4646	6623	10000	
100	4	10 40		10	1	5	10	26,169	16	69,54	107086,118	6954	10000	
100	4	5 10		5	2	5	10	5,143	16	66,53	101073,7197	6653	10000	
100	4	10 10		10	2	5	10	7,995	20	70,46	102637,0372	7046	10000	
100	4	10 10		10	0	1	10	99,981	20	70,33	106614,7296	7033	10000	
100	4	10 40		10	1	1	10	437,616	16	69,65	107471,9933	6965	10000	
100	4	5 10		5	2	1	10	56,708	16	72,41	105694,9325	7241	10000	
100	4	10 10		10	2	1	10	104,778	20	69,92	104881,0581	6992	10000	
100	4	5 30		5	2	1	10	159,753	20	72,93	107948,8063	7293	10000	
100	4	10 30		10	2	1	10	318,259	19	72,99	108844,5541	7299	10000	
100	4	5 40		5	2	1	10	218,163	18	73,37	109255,6303	7337	10000	
100	4	10 40		10	2	1	10	422,751	18	73,01	109613,6812	7301	10000	

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados					
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region	
100	4	5 10	5	0	60	10		3,216	13	53,8	75663,88041	5380	10000	
100	4	10 10	10	0	60	10		3,799	13	50,65	77342,27389	5065	10000	
100	4	10 40	10	2	50	10		6,998	11	56,21	87103,35951	5621	10000	
100	4	5 10	5	0	40	10		4,365	14	53,78	83801,23795	5378	10000	
100	4	10 10	10	0	40	10		5,615	14	53,35	79714,66417	5335	10000	
100	4	5 20	5	0	40	10		5,33	11	47,5	76101,67012	4750	10000	
100	4	10 20	10	0	40	10		8,761	18	60,62	83458,6567	6062	10000	
100	4	10 40	10	1	40	10		11,928	11	44,06	75446,77519	4406	10000	
100	4	5 10	5	2	40	10		4,228	14	53,96	74700,68541	5396	10000	
100	4	10 10	10	2	40	10		6,376	15	57,27	84438,33678	5727	10000	
100	4	5 20	5	2	40	10		4,754	11	50,51	79463,04082	5051	10000	
100	4	10 20	10	2	40	10		7,852	12	50,92	79164,71529	5092	10000	
100	4	5 30	5	2	40	10		7,333	15	57,27	84564,20504	5727	10000	
100	4	10 30	10	2	40	10		9,63	13	53,73	81070,19735	5373	10000	
100	4	5 20	5	0	30	10		8,157	15	57,27	84885,81504	5727	10000	
100	4	10 20	10	0	30	10		11,036	15	54,19	78485,07216	5419	10000	
100	4	5 30	5	0	30	10		8,413	12	56,15	80361,55432	5615	10000	
100	4	10 30	10	0	30	10		13,164	14	51,02	84765,99092	5102	10000	
100	4	5 40	5	0	30	10		9,025	13	53,3	76783,71653	5330	10000	
100	4	10 40	10	0	30	10		19,006	12	56,08	87510,05256	5608	10000	
100	4	5 10	5	1	30	10		5,427	13	50,61	85359,31294	5061	10000	
100	4	10 10	10	1	30	10		9,052	14	56,79	84478,43216	5679	10000	
100	4	5 20	5	1	30	10		7,769	13	53,8	76623,57444	5380	10000	
100	4	10 20	10	1	30	10		11,907	13	53,55	81494,06396	5355	10000	
100	4	5 30	5	1	30	10		9,553	14	53,49	79977,21432	5349	10000	
100	4	10 30	10	1	30	10		15,185	14	62,49	87339,47368	6249	10000	
100	4	10 30	10	0	5	10		66,779	16	72,48	105930,7179	7248	10000	
100	4	5 40	5	0	5	10		48,532	16	63,63	99946,89376	6363	10000	
100	4	10 40	10	0	5	10		85,858	18	75,95	108001,0059	7595	10000	
100	4	5 20	5	0	1	10		443,735	16	69,22	108510,5001	6922	10000	
100	4	10 20	10	0	1	10		866,202	17	75,97	111171,36	7597	10000	
100	4	5 30	5	0	1	10		634,817	20	73,04	108717,5758	7304	10000	
100	4	10 30	10	0	1	10		1318,164	15	71,82	105660,176	7182	10000	
100	4	5 40	5	0	1	10		847,154	19	70,23	106432,2455	7023	10000	
100	4	10 40	10	0	1	10		1658,985	18	75,95	109111,6915	7595	10000	
100	4	5 10	5	1	1	10		213,481	17	75,65	108722,655	7565	10000	
100	4	10 10	10	1	1	10		391,282	20	73,29	106253,7115	7329	10000	
100	4	5 20	5	1	1	10		418,686	18	74,99	111292,7839	7499	10000	
100	4	10 20	10	1	1	10		788,707	21	75,99	108850,0857	7599	10000	
100	4	5 30	5	1	1	10		609,426	18	72,52	107950,9818	7252	10000	
100	4	10 30	10	1	1	10		1251,54	20	76,3	107547,4216	7630	10000	
100	4	5 40	5	1	1	10		753,946	16	72,66	107573,7164	7266	10000	
100	4	10 40	10	1	1	10		1627,966	18	75,63	110455,3838	7563	10000	
100	4	5 10	5	2	1	10		201,74	18	73,19	108245,6745	7319	10000	
100	4	10 10	10	2	1	10		437,503	17	72,42	107388,9415	7242	10000	
100	4	5 20	5	2	1	10		412,029	20	69,92	107014,7957	6992	10000	
100	4	10 20	10	2	1	10		811,973	19	66,79	103654,4252	6679	10000	
100	4	5 30	5	2	1	10		605,62	19	75,71	110675,5018	7571	10000	
100	4	10 30	10	2	1	10		1250,458	18	75,88	109182,8231	7588	10000	
100	4	5 40	5	2	1	10		843,381	19	76,18	108815,962	7618	10000	
100	4	10 40	10	2	1	10		1661,232	19	75,71	110250,4664	7571	10000	

### 9.3. 45G100x100\_pocos

				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		0,557	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	Ny	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	54,62	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

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10		2,811	10	41,43	60224,59675	4143	10000
100	4	10 10	10	0	60	10		3,17	11	41,66	59459,00094	4166	10000
100	4	5 20	5	0	60	10		2,794	10	38,42	60454,40612	3842	10000
100	4	10 20	10	0	60	10		5,594	10	41,43	61763,36519	4143	10000
100	4	5 30	5	0	60	10		3,707	10	50,46	72792,60662	5046	10000
100	4	10 30	10	0	60	10		5,087	11	41,66	63128,83525	4166	10000
100	4	5 40	5	0	60	10		2,957	9	41,2	61182,60172	4120	10000
100	4	10 40	10	0	60	10		6,009	10	41,43	63919,2013	4143	10000
100	4	5 10	5	1	60	10		2,841	11	41,66	57556,43344	4166	10000
100	4	10 10	10	1	60	10		4,077	9	41,2	66478,74711	4120	10000
100	4	5 20	5	1	60	10		2,644	12	38,88	57222,72433	3888	10000
100	4	10 20	10	1	60	10		3,719	8	40,97	59387,39884	4097	10000
100	4	5 30	5	1	60	10		3,913	8	43,98	69035,50019	4398	10000
100	4	10 30	10	1	60	10		4,933	9	41,2	60546,83824	4120	10000
100	4	5 40	5	1	60	10		3,39	8	40,97	64581,06815	4097	10000
100	4	10 40	10	1	60	10		5,384	11	38,65	60644,85713	3865	10000
100	4	5 10	5	0	50	10		1,848	11	41,66	67431,27082	4166	10000
100	4	10 10	10	0	50	10		2,743	8	40,97	63866,77387	4097	10000
100	4	5 20	5	0	50	10		2,296	9	38,19	57637,0241	3819	10000
100	4	10 20	10	0	50	10		3,814	10	41,43	60304,02511	4143	10000
100	4	5 30	5	0	50	10		2,83	11	41,66	61856,62713	4166	10000
100	4	10 30	10	0	50	10		4,667	11	38,65	55354,01999	3865	10000
100	4	5 40	5	0	50	10		3,734	11	44,67	67088,51538	4467	10000
100	4	10 40	10	0	50	10		5,766	13	45,13	63783,5067	4513	10000
100	4	5 10	5	1	50	10		2,902	9	38,19	62275,07289	3819	10000
100	4	10 10	10	1	50	10		2,67	9	41,2	65730,65178	4120	10000
100	4	5 20	5	1	50	10		3,33	8	37,96	57835,00051	3796	10000
100	4	10 20	10	1	50	10		3,403	10	38,42	62051,50347	3842	10000
100	4	5 30	5	1	50	10		3,781	10	38,42	52345,90589	3842	10000
100	4	10 30	10	1	50	10		5,661	11	38,65	61488,12867	3865	10000
100	4	5 40	5	1	50	10		3,28	10	38,42	53988,851	3842	10000
100	4	10 40	10	1	50	10		7,385	10	38,42	55578,69776	3842	10000
100	4	10 40	10	1	5	10		60,915	13	51,15	76726,29854	5115	10000
100	4	5 40	5	2	5	10		35,049	11	50,69	78721,58281	5069	10000
100	4	10 40	10	2	5	10		60,61	13	51,15	76684,01955	5115	10000
100	4	10 10	10	0	1	10		192,958	17	55,08	75598,07945	5508	10000
100	4	5 20	5	0	1	10		214,094	16	54,85	80881,31019	5485	10000
100	4	10 20	10	0	1	10		421,09	12	50,92	77897,70072	5092	10000
100	4	5 30	5	0	1	10		315,155	15	54,62	82753,33204	5462	10000
100	4	10 30	10	0	1	10		611,482	16	57,86	82097,7712	5786	10000
100	4	5 40	5	0	1	10		411,153	15	54,62	82543,81607	5462	10000
100	4	10 40	10	0	1	10		783,372	15	57,63	83230,43794	5763	10000
100	4	5 10	5	1	1	10		104,822	14	54,39	79493,04715	5439	10000
100	4	10 10	10	1	1	10		201,835	14	54,39	82413,8695	5439	10000
100	4	5 20	5	1	1	10		181,392	14	57,4	82194,64405	5740	10000
100	4	10 20	10	1	1	10		369,495	15	54,62	80869,48293	5462	10000
100	4	5 30	5	1	1	10		320,006	17	61,1	84486,59225	6110	10000
100	4	10 30	10	1	1	10		632,699	16	57,86	83706,95715	5786	10000
100	4	10 30	10	2	1	10		480,199	16	57,86	83285,42602	5786	10000
100	4	5 40	5	2	1	10		342,752	16	54,85	80840,0598	5485	10000
100	4	10 40	10	2	1	10		785,784	15	54,62	82091,0189	5462	10000

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10		5,074	10	38,42	53659,12707	3842	10000
100	4	10 10	10	0	60	10		12,475	9	44,21	70298,72692	4421	10000
100	4	5 20	5	0	60	10		8,555	8	34,95	51784,04191	3495	10000
100	4	10 20	10	0	60	10		12,972	12	47,91	68150,14131	4791	10000
100	4	10 10	10	1	30	10		15,307	10	38,42	63492,87118	3842	10000
100	4	5 20	5	1	30	10		14,982	11	44,67	61433,27881	4467	10000
100	4	10 20	10	1	30	10		26,956	11	41,66	63813,03574	4166	10000
100	4	5 30	5	1	30	10		19,066	11	38,65	56647,66655	3865	10000
100	4	10 30	10	1	30	10		29,199	10	41,43	61762,28271	4143	10000
100	4	5 40	5	1	30	10		22,002	10	38,42	58526,41242	3842	10000
100	4	10 40	10	1	30	10		39,744	10	38,42	60135,47489	3842	10000
100	4	5 10	5	2	30	10		12,433	9	38,19	55601,37194	3819	10000
100	4	10 10	10	2	30	10		19,449	11	44,67	65789,98906	4467	10000
100	4	5 20	5	2	30	10		18,246	9	38,19	55580,11961	3819	10000
100	4	10 20	10	2	30	10		25,12	10	44,44	66181,1096	4444	10000
100	4	5 30	5	2	30	10		20,708	11	41,66	59337,68325	4166	10000
100	4	10 30	10	2	30	10		34,294	10	38,42	60247,979	3842	10000
100	4	5 40	5	2	30	10		23,462	10	35,41	59114,08678	3541	10000
100	4	10 40	10	2	30	10		41,894	9	38,19	61762,52307	3819	10000
100	4	5 10	5	0	20	10		12,405	8	43,98	63447,57338	4398	10000
100	4	10 10	10	0	20	10		19,078	8	43,98	64706,40705	4398	10000
100	4	5 20	5	0	20	10		18,985	9	44,21	64152,39409	4421	10000
100	4	10 20	10	0	20	10		34,045	12	44,9	65550,83689	4490	10000
100	4	5 30	5	0	20	10		25,779	8	40,97	63659,91929	4097	10000
100	4	10 30	10	0	20	10		47,306	8	43,98	67899,13367	4398	10000
100	4	5 40	5	0	20	10		29,214	9	44,21	63393,26515	4421	10000
100	4	10 40	10	0	20	10		55,885	10	47,45	71034,04812	4745	10000
100	4	5 10	5	1	20	10		15,543	10	38,42	62964,05774	3842	10000
100	4	10 10	10	1	20	10		21,276	7	40,74	63575,76423	4074	10000
100	4	5 20	5	1	20	10		21,62	9	41,2	66226,66355	4120	10000
100	4	10 20	10	1	20	10		38,362	8	40,97	66917,73603	4097	10000
100	4	5 30	5	1	20	10		26,228	8	43,98	65254,30434	4398	10000
100	4	10 30	10	1	20	10		50,714	8	40,97	66887,31299	4097	10000
100	4	5 40	5	1	20	10		31,745	8	43,98	66446,20039	4398	10000
100	4	10 40	10	1	20	10		57,516	8	43,98	68699,68436	4398	10000
100	4	5 30	5	1	10	10		37,489	9	41,2	66917,39677	4120	10000
100	4	10 30	10	1	10	10		63,093	9	44,21	69618,78213	4421	10000
100	4	5 30	5	1	5	10		73,151	13	51,15	75717,7102	5115	10000
100	4	10 30	10	1	5	10		144,083	13	51,15	75960,60925	5115	10000
100	4	5 40	5	1	5	10		96,634	13	51,15	76335,17237	5115	10000
100	4	5 10	5	2	5	10		38,722	15	51,61	74721,04912	5161	10000
100	4	10 10	10	2	5	10		67,663	13	54,16	76421,32811	5416	10000
100	4	5 20	5	2	5	10		60,453	12	50,92	75563,03414	5092	10000
100	4	10 20	10	2	5	10		104,58	12	50,92	74435,94434	5092	10000
100	4	5 30	5	2	5	10		78,785	13	51,15	74482,44045	5115	10000
100	4	10 30	10	2	5	10		138,228	15	54,62	78944,35787	5462	10000
100	4	5 40	5	2	5	10		103,59	15	51,61	76412,66697	5161	10000
100	4	10 40	10	2	5	10		186,918	14	51,38	76560,60251	5138	10000
100	4	10 20	10	0	1	10		1502,503	15	57,63	82405,09415	5763	10000
100	4	5 30	5	0	1	10		1141,288	16	57,86	82464,40269	5786	10000
100	4	10 30	10	0	1	10		2200,89	16	54,85	80385,15857	5485	10000

#### 9.4. 45G100x100\_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		0,623	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	Ny	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	77447,76011	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

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0 60	10	7,967		29	50	72963,5246		5000	10000
100	4	10 10	10	0 60	10	12,516		26	41,75	63252,59019		4175	10000
100	4	5 20	5	0 60	10	7,371		31	41,5	65593,81295		4150	10000
100	4	10 20	10	0 60	10	9,494		35	50,75	70692,4907		5075	10000
100	4	5 30	5	0 60	10	7,805		22	43	66906,71529		4300	10000
100	4	10 30	10	0 60	10	17,241		33	48,75	74288,08169		4875	10000
100	4	5 40	5	0 60	10	13,828		27	42,75	66254,07896		4275	10000
100	4	10 40	10	0 60	10	12,806		26	47	67122,34262		4700	10000
100	4	5 10	5	1 60	10	5,762		30	40,5	62863,4102		4050	10000
100	4	10 10	10	1 60	10	8,58		20	41	63574,75001		4100	10000
100	4	5 20	5	1 60	10	6,615		31	46,75	70055,29994		4675	10000
100	4	10 20	10	1 60	10	10,584		30	40,5	65095,82446		4050	10000
100	4	5 30	5	1 60	10	10,716		29	44,75	63209,19774		4475	10000
100	4	10 30	10	1 60	10	12,442		31	41,5	62507,09236		4150	10000
100	4	5 40	5	1 60	10	8,997		30	40,5	64456,32063		4050	10000
100	4	10 40	10	1 60	10	20,299		32	47,75	70751,00218		4775	10000
100	4	5 10	5	2 60	10	6,365		31	46,75	71737,1453		4675	10000
100	4	10 10	10	2 60	10	13,254		33	43,5	66687,56123		4350	10000
100	4	5 20	5	2 60	10	11,763		25	46	71517,17809		4600	10000
100	4	10 20	10	2 60	10	11,648		26	47	69890,40488		4700	10000
100	4	5 30	5	2 60	10	7,93		26	41,75	64136,49432		4175	10000
100	4	10 30	10	2 60	10	11,375		28	49	70239,35556		4900	10000
100	4	5 40	5	2 60	10	11,134		32	42,5	65486,0152		4250	10000
100	4	10 40	10	2 60	10	16,597		29	44,75	64831,86551		4475	10000
100	4	10 30	10	1 40	10	24,218		26	41,75	63092,71986		4175	10000
100	4	5 40	5	1 40	10	24,444		26	41,75	67549,94573		4175	10000
100	4	10 40	10	1 40	10	25,885		34	44,5	68904,77583		4450	10000
100	4	5 10	5	2 40	10	10,958		25	40,75	62945,38671		4075	10000
100	4	10 10	10	2 40	10	12,332		21	47,25	70698,52456		4725	10000
100	4	5 20	5	2 40	10	11,006		27	42,75	67691,0997		4275	10000
100	4	10 20	10	2 40	10	17,769		29	44,75	66445,59151		4475	10000
100	4	5 30	5	2 40	10	16,629		32	37,25	56986,81346		3725	10000
100	4	10 30	10	2 40	10	26,891		26	41,75	65992,04358		4175	10000
100	4	5 40	5	2 40	10	16,863		29	44,75	67731,22319		4475	10000
100	4	10 40	10	2 40	10	30,239		21	42	64915,72864		4200	10000
100	4	5 10	5	0 30	10	10,523		29	50	75002,31879		5000	10000
100	4	10 10	10	0 30	10	16,603		32	53	80799,32878		5300	10000
100	4	5 20	5	0 30	10	16,859		26	47	68330,19856		4700	10000
100	4	10 20	10	0 30	10	24,946		30	45,75	68604,72645		4575	10000
100	4	5 30	5	0 30	10	17,921		22	48,25	73004,78011		4825	10000
100	4	10 30	10	0 30	10	34,643		24	45	66978,19116		4500	10000
100	4	5 40	5	0 30	10	28,581		26	41,75	63584,01096		4175	10000
100	4	10 40	10	0 30	10	38,598		24	39,75	65973,29061		3975	10000
100	4	5 10	5	1 30	10	14,943		31	41,5	60239,08351		4150	10000
100	4	10 40	10	1 30	10	37,991		30	45,75	68978,91285		4575	10000
100	4	10 20	10	2 30	10	27,048		21	42	61621,52645		4200	10000
100	4	5 30	5	2 30	10	23,689		37	42,25	63914,3866		4225	10000
100	4	10 20	10	1 5	10	85,457		24	50,25	78733,31329		5025	10000
100	4	10 40	10	2 5	10	207,446		29	50	82161,09382		5000	10000
100	4	10 10	10	0 1	10	764,271		44	54,5	90493,66747		5450	10000
100	4	5 20	5	0 1	10	821,982		38	53,75	89925,54871		5375	10000

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados					
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar.	Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10	9,819	22	43	66679,05482		4300	10000	
100	4	10 10	10	1	40	10	14,793	23	44	67030,08861		4400	10000	
100	4	5 20	5	1	40	10	18,092	24	45	68219,49603		4500	10000	
100	4	10 20	10	1	40	10	24,865	22	43	66341,99467		4300	10000	
100	4	5 30	5	1	40	10	17,628	29	44,75	68648,52593		4475	10000	
100	4	10 30	10	1	40	10	26,79	28	49	75060,7506		4900	10000	
100	4	5 40	5	1	40	10	17,132	29	39,5	59552,23518		3950	10000	
100	4	10 40	10	1	40	10	32,04	27	42,75	64804,65817		4275	10000	
100	4	5 10	5	2	40	10	12,031	33	43,5	66143,70261		4350	10000	
100	4	10 10	10	2	40	10	19,285	30	45,75	69277,25235		4575	10000	
100	4	5 20	5	2	40	10	15,379	33	43,5	63979,36996		4350	10000	
100	4	10 20	10	2	40	10	18,795	33	43,5	64781,83822		4350	10000	
100	4	5 30	5	2	40	10	18,951	20	46,25	71980,50055		4625	10000	
100	4	10 30	10	2	40	10	21,416	23	44	66625,7772		4400	10000	
100	4	5 40	5	2	40	10	21,063	24	45	64391,8001		4500	10000	
100	4	10 40	10	2	40	10	30,871	29	44,75	66365,82766		4475	10000	
100	4	5 10	5	0	30	10	17,663	25	46	74655,94927		4600	10000	
100	4	10 10	10	0	30	10	17,301	25	46	68791,39922		4600	10000	
100	4	5 20	5	0	30	10	14,368	21	47,25	69008,74829		4725	10000	
100	4	10 20	10	0	30	10	27,365	25	40,75	64707,27541		4075	10000	
100	4	5 30	5	0	30	10	24,084	27	42,75	62187,35088		4275	10000	
100	4	10 30	10	0	30	10	35,503	29	50	74001,807		5000	10000	
100	4	5 40	5	0	30	10	24,259	33	43,5	64798,98802		4350	10000	
100	4	10 40	10	0	30	10	37,518	33	43,5	63415,75803		4350	10000	
100	4	5 10	5	1	30	10	11,427	27	42,75	59590,2982		4275	10000	
100	4	10 10	10	1	30	10	16,024	28	43,75	65222,59566		4375	10000	
100	4	5 20	5	1	30	10	14,481	25	40,75	65321,75318		4075	10000	
100	4	10 20	10	1	30	10	28,355	30	45,75	65569,00741		4575	10000	
100	4	5 30	5	1	30	10	22,275	31	46,75	67343,86662		4675	10000	
100	4	10 20	10	2	30	10	24,607	26	47	70842,52554		4700	10000	
100	4	5 30	5	2	30	10	23,27	28	43,75	67019,54192		4375	10000	
100	4	10 30	10	2	30	10	34,025	33	43,5	64504,72902		4350	10000	
100	4	10 10	10	0	20	10	24,483	27	48	71654,50991		4800	10000	
100	4	5 20	5	0	20	10	22,666	12	38,25	59880,43295		3825	10000	
100	4	10 20	10	0	20	10	37,521	22	43	66725,85034		4300	10000	
100	4	5 30	5	0	20	10	29,628	22	48,25	75884,29679		4825	10000	
100	4	10 30	10	0	20	10	46,134	28	43,75	66159,26726		4375	10000	
100	4	10 40	10	2	5	10	295,259	27	48	80862,67994		4800	10000	
100	4	10 10	10	0	1	10	1426,128	31	57,25	92357,80527		5725	10000	
100	4	5 20	5	0	1	10	1388,554	34	55	88094,92501		5500	10000	
100	4	10 20	10	0	1	10	2655,367	39	54,75	89753,59021		5475	10000	
100	4	5 30	5	0	1	10	2136,345	36	57	91378,84774		5700	10000	
100	4	10 30	10	0	1	10	3847,853	41	56,75	91990,67929		5675	10000	
100	4	5 40	5	0	1	10	2609,338	40	55,75	89047,99911		5575	10000	
100	4	10 40	10	0	1	10	5256,371	46	56,5	93913,38488		5650	10000	
100	4	5 10	5	1	1	10	694,618	38	53,75	85892,53922		5375	10000	
100	4	10 10	10	1	1	10	1429,325	29	60,5	93043,90471		6050	10000	
100	4	5 20	5	1	1	10	1502,628	40	55,75	91000,35637		5575	10000	
100	4	10 20	10	1	1	10	2880,651	41	56,75	92351,8746		5675	10000	
100	4	5 30	5	1	1	10	1998,143	40	55,75	91154,08014		5575	10000	
100	4	10 30	10	1	1	10	4324,53	40	55,75	94046,52981		5575	10000	

## 9.5. inst2

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
60	60	1	1	0,54	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

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10		4,327	74	53	71799,11445	5300	10000
100	4	10 10	10	0	60	10		5,51	73	52,37	75073,97627	5237	10000
100	4	5 20	5	0	60	10		2,806	43	63,55	86004,08227	6355	10000
100	4	10 20	10	0	60	10		4,56	73	60,65	81098,59707	6065	10000
100	4	5 30	5	0	60	10		3,233	69	58,69	81012,32801	5869	10000
100	4	10 30	10	0	60	10		4,173	62	55,63	77247,54827	5563	10000
100	4	5 40	5	0	60	10		3,873	75	61,7	85158,03702	6170	10000
100	4	10 40	10	0	60	10		4,419	57	53,25	77065,74868	5325	10000
100	4	5 10	5	1	60	10		2,998	74	52,71	77371,48071	5271	10000
100	4	10 10	10	1	60	10		3,819	59	62,6	86646,44046	6260	10000
100	4	5 20	5	1	60	10		2,578	58	62,04	84960,85768	6204	10000
100	4	10 20	10	1	60	10		4,299	58	62,18	85201,65261	6218	10000
100	4	5 30	5	1	60	10		3,195	78	54,89	75738,92901	5489	10000
100	4	10 30	10	1	60	10		4,747	66	57,15	76875,63793	5715	10000
100	4	5 40	5	1	60	10		3,334	63	55,84	77226,68088	5584	10000
100	4	10 40	10	1	60	10		4,79	56	61,27	82419,82464	6127	10000
100	4	5 10	5	2	60	10		2,224	75	53,21	75615,75659	5321	10000
100	4	10 10	10	2	60	10		3,969	53	59,34	83819,64757	5934	10000
100	4	5 20	5	2	60	10		4,038	55	60,64	83529,7479	6064	10000
100	4	10 20	10	2	60	10		4,974	71	59,67	81601,38084	5967	10000
100	4	5 30	5	2	60	10		3,205	73	60,81	82915,31979	6081	10000
100	4	10 30	10	2	60	10		3,666	69	58,85	82020,83489	5885	10000
100	4	5 40	5	2	60	10		2,813	58	61,81	85152,77856	6181	10000
100	4	10 40	10	2	60	10		4,538	68	58,71	78842,24822	5871	10000
100	4	5 10	5	0	30	10		3,661	74	61,23	82618,15808	6123	10000
100	4	5 10	5	0	10	10		8,78	43	54,81	76493,00902	5481	10000
100	4	10 10	10	0	10	10		15,45	54	60,09	83222,64013	6009	10000
100	4	5 20	5	0	10	10		16,809	53	59,57	79528,63115	5957	10000
100	4	10 20	10	0	10	10		26,109	35	59,63	80661,96208	5963	10000
100	4	10 40	10	1	10	10		55,688	66	57,29	82175,58777	5729	10000
100	4	5 10	5	2	10	10		8,822	56	61,27	84535,81858	6127	10000
100	4	10 10	10	2	10	10		16,827	37	60,31	82324,86273	6031	10000
100	4	5 20	5	2	10	10		15,371	34	58,33	80008,77522	5833	10000
100	4	10 20	10	2	10	10		23,334	40	53,34	78851,43417	5334	10000
100	4	5 30	5	2	10	10		18,796	44	55,12	81066,44332	5512	10000
100	4	10 30	10	2	10	10		38,677	43	54,97	80149,43978	5497	10000
100	4	5 40	5	2	10	10		25,417	32	58,16	81513,25952	5816	10000
100	4	10 40	10	2	10	10		47,545	69	58,9	82366,13999	5890	10000
100	4	5 10	5	0	1	10		177,727	100	73,84	100385,6437	7384	10000
100	4	10 10	10	0	1	10		338,783	89	76,79	103950,0921	7679	10000
100	4	5 20	5	0	1	10		329,671	85	74,81	101656,7224	7481	10000
100	4	10 20	10	0	1	10		679,277	73	77,44	104706,2898	7744	10000
100	4	10 20	10	0	1	10		643,773	88	76,28	101535,9076	7628	10000
100	4	5 30	5	0	1	10		475,41	89	77,07	104279,6725	7707	10000
100	4	10 30	10	0	1	10		935,711	88	76,72	103179,851	7672	10000
100	4	5 40	5	0	1	10		633,777	90	77,49	103576,8665	7749	10000
100	4	5 10	5	1	1	10		135,485	84	74,4	100179,2974	7440	10000
100	4	10 20	10	2	1	10		621,346	87	76,02	101136,8194	7602	10000
100	4	5 30	5	2	1	10		351,372	77	79,16	103633,0448	7916	10000
100	4	10 30	10	2	1	10		948,695	92	78,63	105156,1209	7863	10000
100	4	10 40	10	2	1	10		888,392	77	78,84	103725,0534	7884	10000

IMPSR	CITF	CSRI	CI	CSNRPI	MCBS	DF	FCF	Tiempo	Resultados				
									Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar. Cubierta	Ar. Region
100	4	5 10	5	0	60	10		8,066	72	51,75	76013,31542	5175	10000
100	4	10 10	10	0	60	10		11,151	99	56,39	79416,72826	5639	10000
100	4	5 20	5	0	60	10		10,562	66	57,22	79279,75324	5722	10000
100	4	10 20	10	0	60	10		11,536	67	57,92	81011,67643	5792	10000
100	4	5 30	5	0	60	10		9,124	53	59,66	80463,06585	5966	10000
100	4	10 30	10	0	60	10		12,37	50	66,19	88657,92017	6619	10000
100	4	5 40	5	0	60	10		7,279	51	58,09	75476,68357	5809	10000
100	4	10 20	10	2	60	10		12,239	68	58,34	83487,34297	5834	10000
100	4	5 30	5	2	60	10		10,116	82	56,71	80669,60831	5671	10000
100	4	10 30	10	2	60	10		12,081	70	59,2	81752,74993	5920	10000
100	4	5 40	5	2	60	10		8,848	80	55,52	75812,1821	5552	10000
100	4	10 40	10	2	60	10		14,254	57	61,55	84522,13189	6155	10000
100	4	5 10	5	0	30	10		9,648	62	55,7	76356,36408	5570	10000
100	4	10 10	10	0	30	10		12,231	50	57,94	82900,45201	5794	10000
100	4	5 20	5	0	30	10		10,409	61	63,12	87878,27336	6312	10000
100	4	10 20	10	0	30	10		16,44	50	58,19	79220,59748	5819	10000
100	4	5 30	5	0	30	10		13,633	51	58,61	80627,70298	5861	10000
100	4	10 30	10	0	30	10		21,52	76	53,85	76357,14117	5385	10000
100	4	5 40	5	0	30	10		15,176	69	58,85	79691,28361	5885	10000
100	4	10 40	10	0	30	10		28,045	57	61,69	85268,54311	6169	10000
100	4	5 10	5	1	30	10		10,712	73	60,93	83332,40893	6093	10000
100	4	10 10	10	1	30	10		11,969	64	56,24	78990,92566	5624	10000
100	4	5 20	5	1	30	10		12,695	61	55,21	77820,82448	5521	10000
100	4	10 20	10	1	30	10		22,193	64	56,61	77675,44551	5661	10000
100	4	5 30	5	1	30	10		13,876	82	56,85	80090,07065	5685	10000
100	4	10 30	10	1	30	10		22,541	49	57,54	79307,17572	5754	10000
100	4	5 40	5	1	30	10		14,575	68	58,27	79086,79644	5827	10000
100	4	10 40	10	1	30	10		24,49	69	59,07	78746,73558	5907	10000
100	4	5 10	5	2	30	10		9,357	13	56,62	79145,59561	5662	10000
100	4	10 10	10	2	30	10		10,565	73	60,51	84286,34501	6051	10000
100	4	5 20	5	2	30	10		11,57	74	52,7	74439,3659	5270	10000
100	4	10 20	10	2	30	10		19,553	57	61,49	85879,00094	6149	10000
100	4	5 30	5	2	30	10		13,644	75	61,84	85427,16405	6184	10000
100	4	10 30	10	2	30	10		18,576	83	56,97	79258,63477	5697	10000
100	4	5 40	5	2	30	10		14,427	68	58,48	78737,2844	5848	10000
100	4	10 40	10	2	30	10		22,224	68	58,5	80298,56863	5850	10000
100	4	5 10	5	0	10	10		21,683	66	57,15	79690,03334	5715	10000
100	4	5 40	5	2	10	10		66,687	68	58,57	81326,08382	5857	10000
100	4	10 40	10	2	10	10		117,251	36	60,12	82667,8772	6012	10000
100	4	5 10	5	0	1	10		591,643	87	76,09	100811,3802	7609	10000
100	4	10 10	10	0	1	10		1227,867	89	77,09	101587,0428	7709	10000
100	4	5 20	5	0	1	10		1179,503	100	73,44	100291,2046	7344	10000
100	4	10 20	10	0	1	10		2391,535	72	77,02	102510,3023	7702	10000
100	4	5 30	5	0	1	10		1701,254	103	75,28	102188,0372	7528	10000
100	4	10 30	10	0	1	10		3409,414	76	78,72	102968,1926	7872	10000
100	4	10 40	10	1	1	10		4567,66	95	79,87	106869,8991	7987	10000
100	4	10 10	10	2	1	10		1205,3	89	76,86	103533,1421	7686	10000
100	4	10 20	10	2	1	10		2293,054	86	75,67	102214,7939	7567	10000
100	4	5 30	5	2	1	10		1605,55	53	76,29	103214,192	7629	10000
100	4	10 30	10	2	1	10		3523,47	76	79,14	103828,3483	7914	10000
100	4	10 40	10	2	1	10		4365,503	75	78,52	105477,487	7852	10000

## 9.6. 45G110X90Y8E7AR

				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	0,97	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	Ny	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	4530,933797	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							

				Resultados							
Nx	Ny	PMD	PMP	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Area Superpuesta (%)	Cant. Ar. Cubierta	Cant. Ar. Superpuesta	Ar. Region
6000	6000	1000	500		49,629	170	48,86351483	2948,681428	0	4,05E+07	0,828E+07
6000	6000	1000	250		36,568	88	29,16738802	1868,354884	0	2,42E+07	0,828E+07
6000	6000	1000	100		105,564	106	34,34117195	2108,93138	0	2,84E+07	0,828E+07
6000	6000	600	500		48,1	185	53,17500144	3326,607037	0	4,40E+07	0,828E+07
6000	6000	600	250		46,359	138	47,41234332	2968,555465	0	3,93E+07	0,828E+07
6000	6000	600	100		123,091	146	49,71180284	3137,786544	0	4,12E+07	0,828E+07
6000	6000	300	500		48,876	193	55,47446096	3424,272512	0	4,59E+07	0,828E+07
6000	6000	300	250		45,485	158	49,28765884	3083,401443	0	4,08E+07	0,828E+07
6000	6000	300	100		117,039	156	52,58612724	3217,013801	0	4,35E+07	0,828E+07
6000	6000	100	500		58,161	207	59,49851512	3618,583667	0	4,93E+07	0,828E+07
6000	6000	100	250		47,795	177	50,87554191	3135,266261	0	4,21E+07	0,828E+07
6000	6000	100	100		125,817	195	56,04932584	3340,001019	0	4,64E+07	0,828E+07
4000	4000	1000	500		26,488	117	49,12292865	2919,339091	0	4,07E+07	0,828E+07
4000	4000	1000	250		13,722	57	31,87698224	1972,535819	0	2,64E+07	0,828E+07
4000	4000	1000	100		40,273	63	41,34824345	2533,486859	0	3,42E+07	0,828E+07
4000	4000	600	500		22,863	141	59,8946405	3601,024669	0	4,96E+07	0,828E+07
4000	4000	600	250		19,209	116	48,83549621	3038,622057	0	4,04E+07	0,828E+07
4000	4000	600	100		61,172	131	53,14698281	3279,713127	0	4,40E+07	0,828E+07
4000	4000	300	500		32,068	157	60,62022626	3643,527164	0	5,02E+07	0,828E+07
4000	4000	300	250		32,85	162	54,31072188	3356,469168	0	4,50E+07	0,828E+07
4000	4000	300	100		94,151	169	64,06941554	3838,920174	0	5,31E+07	0,828E+07
4000	4000	100	500		27,092	145	61,04437026	3574,133364	0	5,05E+07	0,828E+07
4000	4000	100	250		31,555	143	52,72283881	3203,51412	0	4,37E+07	0,828E+07
4000	4000	100	100		61,316	144	60,75693782	3614,725839	0	5,03E+07	0,828E+07
2000	2000	1000	500		27,692	95	50,54608154	2988,055939	0	4,19E+07	0,828E+07
2000	2000	1000	250		12,462	45	36,17445953	2268,649958	0	3,00E+07	0,828E+07
2000	2000	1000	100		30,337	50	45,3582883	2797,35871	0	3,76E+07	0,828E+07
2000	2000	600	500		26,768	131	60,89364938	3576,898247	0	5,04E+07	0,828E+07
2000	2000	600	250		21,431	111	59,01833387	3641,80902	0	4,89E+07	0,828E+07
2000	2000	600	100		57,121	121	61,89265827	3761,636358	0	5,12E+07	0,828E+07
2000	2000	300	500		25,85	134	61,7559467	3623,341561	0	5,11E+07	0,828E+07
2000	2000	300	250		17,899	108	54,28270326	3337,493582	0	4,49E+07	0,828E+07
2000	2000	300	100		49,805	112	59,30576631	3587,372314	0	4,91E+07	0,828E+07
2000	2000	100	500		30,013	135	62,04337914	3630,44634	0	5,14E+07	0,828E+07
2000	2000	100	250		24,435	130	56,73288366	3480,209583	0	4,70E+07	0,828E+07
2000	2000	100	100		61,101	139	63,19310891	3768,945966	0	5,23E+07	0,828E+07
500	500	1000	500		15,55	85	55,41842371	3385,841132	0	4,59E+07	0,828E+07
500	500	1000	250		12,942	59	51,81851355	3191,09102	0	4,29E+07	0,828E+07
500	500	1000	100		25,895	74	56,13000015	3433,948228	0	4,65E+07	0,828E+07
500	500	600	500		15,241	85	55,41842371	3385,841132	0	4,59E+07	0,828E+07
500	500	600	250		12,574	59	51,81851355	3191,09102	0	4,29E+07	0,828E+07
500	500	600	100		27,627	74	56,13000015	3433,948228	0	4,65E+07	0,828E+07
500	500	300	500		17,772	100	59,72991031	3629,839778	0	4,95E+07	0,828E+07
500	500	300	250		14,37	82	58,42945967	3583,20665	0	4,84E+07	0,828E+07
500	500	300	100		34,178	103	64,46554092	3899,342038	0	5,34E+07	0,828E+07
500	500	100	500		20,191	103	60,59220763	3671,477641	0	5,02E+07	0,828E+07
500	500	100	250		17,292	88	60,15405431	3675,382367	0	4,98E+07	0,828E+07
500	500	100	100		36,916	111	66,76500044	4023,013099	0	5,53E+07	0,828E+07
400	400	300	500		15,956	97	66,61427956	4116,469852	0	5,52E+07	0,828E+07
400	400	300	250		18,319	94	65,75198224	4069,349928	0	5,44E+07	0,828E+07
400	400	300	100		36,791	105	68,91373908	4266,945845	0	5,71E+07	0,828E+07
400	400	100	500		15,466	96	66,32684712	4101,015736	0	5,49E+07	0,828E+07
400	400	100	250		16,538	93	65,4645498	4041,532124	0	5,42E+07	0,828E+07
400	400	100	100		33,638	105	68,91373908	4257,601641	0	5,71E+07	0,828E+07
200	200	300	100		29,301	85	67,03842357	4186,897085	0	5,55E+07	0,828E+07
200	200	100	500		29,641	100	67,47657688	4162,134875	0	5,59E+07	0,828E+07
200	200	100	250		27,173	100	67,47657688	4175,097685	0	5,59E+07	0,828E+07
200	200	100	100		33,489	90	68,47558577	4267,369829	0	5,67E+07	0,828E+07
100	100	50	50		91,447	93	69,33788309	4356,937914	0	5,74E+07	0,828E+07
100	100	10	10		295,563	94	69,62531553	4367,933587	0	5,77E+07	0,828E+07
50	50	25	25		353,181	111	74,51166701	4621,477183	0	6,17E+07	0,828E+07
40	40	20	20		501,93	104	72,49963993	4519,810652	0	6,00E+07	0,828E+07
30	30	15	15		989,272	119	72,93779325	4573,868214	0	6,04E+07	0,828E+07
20	20	10	10	Error de memoria al discretizar							
10	10	5	5	Error de memoria al discretizar							

								Resultados					
IMPS	CI	CSRI	CI	CSN	MCE	DF	FCF	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar.	Ar. Region
10	4	10	20	10	1	4000	10	11,079	20	17,36864866	983,09902	1,44E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	1	4000	10	6,56	11	14,7817567	960,38349	1,22E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	1	4000	10	12,652	10	18,36765755	1107,5183	1,52E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	1	4000	10	8,545	14	19,51738731	1123,9344	1,62E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	4000	10	17,254	24	22,39171171	1308,2072	1,85E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	4000	10	6,732	18	16,79378378	932,09612	1,39E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	4000	10	10,315	18	16,79378378	951,28303	1,39E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	4000	10	6,588	22	14,07018026	837,37385	1,17E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	4000	10	10,539	12	18,94252243	1210,4077	1,57E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	4000	10	6,997	16	20,09225219	1225,1004	1,66E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	4000	10	11,209	25	26,55247744	1609,6069	2,20E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	2	4000	10	9,486	19	9,33454965	582,73394	7729200	8,28E+07
10	4	10	40	10	2	4000	10	18,874	17	16,50635134	974,88830	1,37E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	0	3000	10	8,002	23	18,23094598	1075,9640	1,51E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	0	3000	10	13,363	19	20,95454951	1213,5653	1,74E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	0	3000	10	8,55	7	13,63202694	880,07554	1,13E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	0	3000	10	15,56	15	15,93148646	1015,5814	1,32E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	0	3000	10	10,546	7	13,63202694	880,26245	1,13E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	1	2000	10	27,761	14	27,26405388	1634,2807	2,26E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	1	2000	10	19,229	14	27,26405388	1742,0353	2,26E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	1	2000	10	33,436	15	27,55148632	1753,4957	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	1	2000	10	27,239	14	31,13738717	1867,9646	2,58E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	1	2000	10	41,502	15	27,55148632	1730,8700	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	1	2000	10	27,233	14	27,26405388	1645,6005	2,26E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	2000	10	47,738	14	27,26405388	1707,3053	2,26E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	2000	10	16,066	15	27,55148632	1775,4139	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	2000	10	20,795	14	27,26405388	1672,4011	2,26E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	2000	10	15,258	15	27,55148632	1626,2892	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	2000	10	27,403	15	27,55148632	1733,5484	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	2000	10	24,211	15	31,42481961	1958,1058	2,60E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	2000	10	35,872	15	27,55148632	1782,4289	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	0	500	10	460,724	95	54,41941482	3315,7152	4,51E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	0	500	10	307,719	103	52,84554106	3270,4211	4,38E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	0	500	10	625,267	89	52,69482018	3228,7378	4,36E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	1	500	10	83,028	128	52,28468549	3206,1718	4,33E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	1	500	10	162,576	108	50,40936997	3076,4250	4,17E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	1	500	10	159,376	102	52,55810862	3231,0382	4,35E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	1	500	10	318,044	114	52,13396461	3177,7733	4,32E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	1	500	10	240,406	106	49,83450509	3079,2722	4,13E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	1	500	10	473,149	92	53,5571175	3265,2033	4,43E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	1	500	10	317,481	89	52,69482018	3217,9852	4,36E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	500	10	601,846	101	52,27067618	3219,8044	4,33E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	500	10	80,066	110	50,98423485	3164,6290	4,22E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	500	10	165,626	104	53,1329735	3274,3936	4,40E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	500	10	164,031	137	50,99824417	3114,5450	4,22E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	500	10	307,296	108	50,40936997	3106,7231	4,17E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	500	10	236,337	111	51,27166729	3144,7123	4,25E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	500	10	477,753	98	51,40837886	3178,2564	4,26E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	2	500	10	318,027	97	51,12094642	3144,7290	4,23E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	2	500	10	588,17	106	53,70783838	3266,4077	4,45E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	0	100	10	2286,975	186	57,33576716	3540,1325	4,75E+07	8,28E+07

								Resultados					
IMPS	CI	CSRI	CI	CSN	MCE	DF	FCF	Tiempo	Cant. Pads	Area (%)	Ogip	Cant. Ar.	Ar. Region
10	4	5	40	5	0	4000	10	29,702	22	14,07018026	795,71326	1,17E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	0	4000	10	36,336	18	16,79378378	1020,7226	1,39E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	1	4000	10	19,859	16	20,09225219	1220,5322	1,66E+07	8,28E+07

10	4	10	10	10	1	4000	10	25,728	23	14,3576127	891,17407	1,19E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	1	4000	10	19,931	9	10,33355853	643,23036	8556400	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	4000	10	39,038	10	18,36765755	1110,6403	1,52E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	4000	10	16,427	9	14,20689182	873,18739	1,18E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	4000	10	27,385	24	18,51837842	1108,8275	1,53E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	4000	10	18,273	20	21,24198195	1277,8240	1,76E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	4000	10	31,524	6	17,21792779	1031,2920	1,43E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	4000	10	26,281	33	21,10527039	1205,7994	1,75E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	4000	10	33,128	11	18,65508999	1120,3345	1,54E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	1	2000	10	44,781	15	27,55148632	1672,4737	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	1	2000	10	79,811	15	27,55148632	1675,7432	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	1	2000	10	59,225	15	27,55148632	1729,0789	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	1	2000	10	103,979	15	27,55148632	1717,9751	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	1	2000	10	75,677	15	27,55148632	1736,3118	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	2000	10	140,839	15	31,42481961	1968,6038	2,60E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	2000	10	25,962	15	31,42481961	1935,3439	2,60E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	2000	10	47,239	15	27,55148632	1648,7635	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	2000	10	47,416	15	31,42481961	1923,7972	2,60E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	2000	10	81,151	15	27,55148632	1725,7470	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	2000	10	58,087	15	27,55148632	1744,1415	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	2000	10	102,165	15	27,55148632	1747,7992	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	2	2000	10	75,249	15	27,55148632	1746,5005	2,28E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	2	2000	10	135,659	15	27,55148632	1764,7793	2,28E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	0	1000	10	92,102	51	30,1523876	1891,4644	2,50E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	0	1000	10	165,577	49	33,450856	2061,4658	2,77E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	0	1000	10	159,155	53	30,72725248	1948,5603	2,54E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	0	1000	10	306,788	53	30,72725248	1900,2064	2,54E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	0	1000	10	215,991	52	30,43982004	1896,1874	2,52E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	0	1000	10	432,927	54	31,01468492	1902,3539	2,57E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	1	500	10	653,898	131	57,0203161	3506,2482	4,72E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	1	500	10	1326,253	149	54,44743345	3303,4621	4,51E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	1	500	10	1000,734	153	51,72382992	3194,9200	4,28E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	1	500	10	1943,918	136	54,58414501	3378,2632	4,52E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	1	500	10	1296,004	113	55,71986546	3359,5742	4,61E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	1	500	10	2598,193	125	55,29572146	3414,4487	4,58E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	2	500	10	330,904	118	53,28369437	3256,2995	4,41E+07	8,28E+07
10	4	10	10	10	2	500	10	676,256	136	54,58414501	3346,0620	4,52E+07	8,28E+07
10	4	5	20	5	2	500	10	656,71	126	55,5831539	3357,1967	4,60E+07	8,28E+07
10	4	10	20	10	2	500	10	1318,632	112	55,43243302	3384,7236	4,59E+07	8,28E+07
10	4	5	30	5	2	500	10	965,426	136	54,58414501	3355,3133	4,52E+07	8,28E+07
10	4	10	30	10	2	500	10	1942,354	111	55,14500058	3346,5097	4,57E+07	8,28E+07
10	4	5	40	5	2	500	10	1351,257	145	53,29770369	3291,9061	4,41E+07	8,28E+07
10	4	10	40	10	2	500	10	2625,657	143	52,72283881	3280,3109	4,37E+07	8,28E+07
10	4	5	10	5	0	100	10	10474,776	212	60,93567732	3737,5393	5,05E+07	8,28E+07