

# EMPAQUETAMIENTO APROXIMADO DE OBJETOS DE FORMA CIRCULAR EN UN RECIPIENTE RECTANGULAR



Rafael Torres Escobar  
Universidad Anáhuac México Campus Norte  
rafael.torrese@anahuac.mx

## Introducción

En el presente trabajo se considera el problema de empaquetar objetos circulares de diferentes tamaños dentro de un área rectangular fija. Un círculo es considerado como un conjunto de puntos que se encuentran a la misma distancia de un punto dado (centro). Diferentes formas, tales como, elipses, rombos, rectángulos, octágonos, etc. pueden ser tratadas de forma similar con solo cambiar la definición de la norma usada para definir la distancia. El objetivo es maximizar el área ocupada por los objetos colocados en el contenedor [1, 2]. Se usa una malla regular para aproximar la forma del contenedor; el problema se reduce a asignar objetos en los nodos generados por la malla, respetando las restricciones de traslape, frontera y asignación. El problema es visto como un problema de optimización lineal entero binario a gran escala [3]. También se considera la telescopía; esto permite colocar objetos más pequeños dentro de objetos más grandes.

## Material y Método

Para el desarrollo de este trabajo se usó el lenguaje de propósito general Python 3.5 para la codificación de los modelos matemático y para resolverlo se usó el optimizador Gurobi 6.5. El equipo de cómputo empleado consiste en una computadora portátil con 8Gb en memoria RAM, procesador AMD A8 a 1.7 GHz con sistema operativo Ubuntu/GNU Linux 64-bits. Los modelos corresponden a los casos con y sin telescopía (anidamiento), en conjunto con tres tipos de objetos: círculo, cuadrados y rombos. El tiempo de ejecución fue de 10 horas en todas las instancias.

## Resultados

En los Cuadros 1 y 2 aparecen todas las instancias, sin importar el tipo de objeto. Se observa que las instancias con mayor porcentaje de ocupación son “Cuadrado\_1\_2a.txt” y “Cuadrado\_2.txt”, con un porcentaje de ocupación del contenedor del 87 y 85 %, respectivamente (Figura 1). La instancia que menor porcentaje de ocupación del contenedor presento fue “Circulo\_4.txt”. Estos resultados se presentan bajo el modelo sin telescopía.

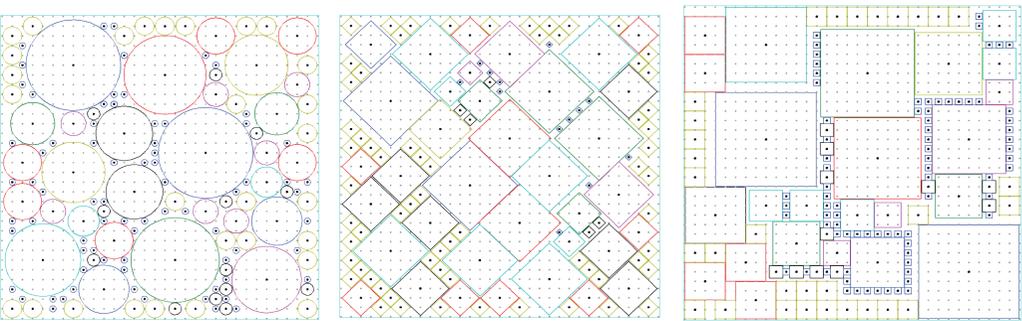


Figura 1. Objetos con mayor espacio ocupado en el contenedor sin usar telescopía.

Objetos	Función Objetivo	Objetos Adentro	Objetos Afuera	Total de objetos	% Objetos empacados	% de ocupación
Cuadrado_1_2a.txt	71726.93	144	456	600	24	87
Cuadrado_2.txt	66326.4	90	822	912	10	85
Cuadrado_6.txt	68235.83	124	792	916	14	85
Cuadrado_1.txt	70178.39	124	791	915	14	85
Cuadrado_4.txt	70759.44	54	860	914	6	84
Cuadrado_5.txt	66450.25	54	862	916	6	84
Cuadrado_2_3a.txt	64821.12	102	488	590	17	83
Cuadrado_4_2a.txt	69607.78	49	552	601	8	82
Rombo_6.txt	62403.38	120	1717	1837	7	82
Rombo_1.txt	61286.5	145	1695	1840	8	81
Rombo_1_2a.txt	59426.13	167	1018	1185	14	79
Rombo_3.txt	64379.61	129	1710	1839	7	78
Rombo_5.txt	51222.94	115	1724	1839	6	78
Rombo_5.txt	50816.61	122	1717	1839	7	78
Rombo_4.txt	61844.73	123	1717	1840	7	77
Círculo_5_2a.txt	61674.71	146	606	752	19	76
Círculo_5.txt	61674.71	146	1021	1167	13	76
Cuadrado_3_3a.txt	59420.33	82	497	579	14	75
Cuadrado_3_2a.txt	59420.33	82	519	601	14	75
Cuadrado_3.txt	59420.33	82	834	916	9	75
Círculo_6_2a.txt	63569.08	128	624	752	17	74
Círculo_1.txt	62278.37	127	577	704	18	74
Círculo_6.txt	63569.08	128	1039	1167	11	74
Círculo_6_2a.txt	63569.08	128	624	752	17	74
Rombo_2.txt	51453.76	144	1695	1839	8	73
Círculo_4_2a.txt	45868.68	116	636	752	15	72
Círculo_4.txt	45868.68	116	1051	1167	10	72
Círculo_4.txt	45868.68	116	1051	1167	10	72

Cuadro 1. Resultados ordenados por ocupación en contenedor sin usar telescopía.

Para el caso de telescopía (Cuadro 2) los mejores resultados se obtuvieron con la instancia “Cuadrado\_3\_tel.txt”, como se aprecia en la Figura 2. La de menor ocupación del área del contenedor fue “Circulo\_1\_tel.txt”.

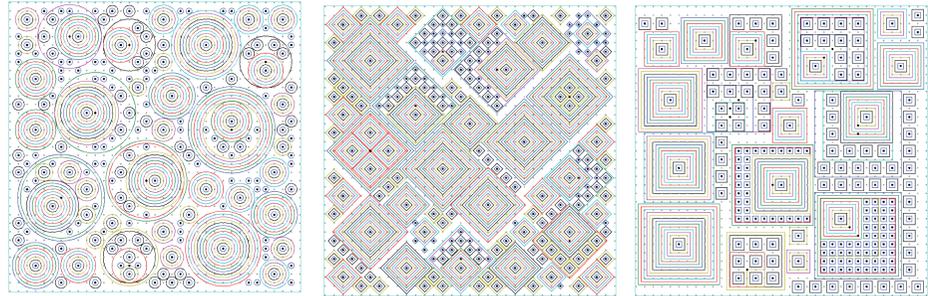


Figura 2. Objetos con mayor espacio ocupado en el contenedor usando telescopía.

Objeto	Función Objetivo	Objetos Adentro	Objetos Afuera	Total de objetos	% Objetos empacados	% de ocupación
Cuadrado_3_tel.txt	96096.8	398	518	916	43	121
Cuadrado_2_tel.txt	83637.12	411	501	912	45	107
Cuadrado_4_tel.txt	88779.56	362	552	914	40	105
Cuadrado_1_tel.txt	85630.81	398	517	915	43	104
Círculo_6_tel.txt	83745	432	735	1167	37	97
Rombo_1_tel.txt	73462.13	629	1211	1840	34	97
Círculo_5_tel.txt	74698.87	491	676	1167	42	93
Rombo_3_tel.txt	74807.53	637	1202	1839	35	91
Rombo_3_tel.txt	74807.53	637	1202	1839	35	91
Rombo_2_tel.txt	63708.7	606	1233	1839	33	90
Círculo_1_tel.txt	68370.53	348	356	704	49	81
Círculo_3_tel.txt	66827.64	393	774	1167	34	77
Círculo_1_tel.txt	64380.04	361	343	704	51	76

Cuadro 2. Resultados ordenados por ocupación en contenedor con telescopía.

## Discusión

En este trabajo se presenta un modelo matemático de programación lineal entero binario para el problema de empaquetamiento de objetos circulares en un contenedor rectangular. Los objetos son de diferentes tamaños con la misma forma geométrica. El uso de diferentes normas empleadas para definir la distancia entre dos centros facilita el uso de otras formas geométricas como rombos, cuadrados, elipses, hexágonos, etc. Con este modelo matemático se puede hacer uso de telescopía para permitir colocar objetos más pequeños dentro de otros objetos más grandes.

## Referencias

- Galiev SI, Lisafina MS. Linear models for the approximate solution of the problem of packing equal circles into a given domain. European Journal of Operational Research. 2013 Nov 1;230(3):505-14.
- Castillo I, Kampas FJ, Pintâr JD. Solving circle packing problems by global optimization: Numerical results and industrial applications. European Journal of Operational Research, 2008;191(3):786-802.
- Toledo FM, Carravilla MA, Ribeiro C, Oliveira JF, Gomes AM. The dotted-board model: a new MIP model for nesting irregular shapes. International Journal of Production Economics. 2013 Oct 31;145(2):478-87.