

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

Modelación de Sistemas Multiagentes con Gráficas
Computacionales

“Evidencia 1”

Presenta:

Miguel Ángel Pérez Ávila A01369908

Profesor:

Marcial Roberto Leyva Fernández

Toluca, Estado de México a 18 de noviembre del 2024

Contenido

Introducción	2
Conceptos y Consideraciones	2
Descripción	3
Modelación de Resultados	5
Número óptimo de agentes para minimizar el tiempo de Descarga.....	5
Relación entre la Distancia Total entre la Zona del Tráiler y Zona de Descarga y el Tiempo Total de Descarga del Tráiler	9
Relación entre la Cantidad de Agentes y la distancia entre la Zona del Tráiler y Zona de Descarga	17
Relación entre la Distancia Mínima a Guardar entre Agentes y Tiempo Total de Descarga.	21
Código.....	29
Conclusiones	30

Introducción

El siguiente reporte incluye el análisis general de un programa con visión gráfica computacional en el que se modela la interacción de agentes dentro de un ambiente determinado. Se muestran las conclusiones después de 10 ejecuciones utilizando distintos parámetros para mostrar el contraste y las diferencias entre los resultados de estas.

Conceptos y Consideraciones

Con el objetivo de comprender el siguiente análisis es necesario definir los siguientes conceptos:

Plano: Plano gráfico sobre el cual se dibujan los objetos involucrados en la simulación.

Agente o Vehículo: Agente principal del entorno, siendo quién circula por las vías de circulación.

Zona de descarga/Origen: Ubicación (x, y, z) en el espacio donde se realiza la generación de agentes y además, se realiza la descarga y depósito de las cajas/basura removidas del Tráiler.

Tráiler: Ubicación (x, y, z) en donde se concentra una cantidad N de cajas.

Cajas/basura: Objetos destinados a ser removidos del tráiler para ser depositados en el Nodo Origen o Zona de Descarga.

Nodos auxiliares: Nodos destinados a abrir el camino de ida y de regreso para los agentes en su recorrido de descarga para el tráiler.

Consideraciones importantes:

- Las medidas utilizadas para esta simulación se escalaron para considerarse de la siguiente manera:

1 m = 10 unidades del plano coordenado

Por lo que si se habla del punto coordenado (10, 0, 20) hacemos referencia a un punto ubicado en el origen para el eje Y del plano, a 1 metro del origen en el eje X del plano y a 2 metros del origen en el eje Z.

Así mismo, si se refiere a una distancia de 777.817 unidades se traduce a una distancia de 77.7817 metros.

Descripción

El proyecto consiste en modelar y simular la descarga de un tráiler cargado con cajas/basura utilizando una cantidad N de agentes. La simulación se lleva a cabo con el propósito de analizar y optimizar la cantidad de agentes necesarios y el tiempo utilizado para descargar un tráiler ubicado a una distancia dx de la zona de descarga, siempre asegurando una distancia mínima a guardar entre cada agente activo durante todo momento de la simulación.

La implementación del sistema multiagente se desarrolla sobre un plano de tamaño ajustado a las coordenadas del tráiler y la zona de descarga. Se ubica la zona de descarga en una ubicación (x, y, z) del plano y al iniciar la simulación, comienza la generación de los agentes. Es importante recalcar que un agente se genera hasta haber asegurado una distancia suficiente con los agentes a su alrededor, garantizando así su posibilidad de interacción sin colisiones prematuras. Por lo que un agente que no perciba un perímetro de distancia seguro, no se generará para evitar que la simulación continúe indefinidamente.

Los agentes que se llegan a una distancia considerable con respecto al Tráiler entran en un estado de espera si es que el tráiler está siendo descargado en ese momento por algún otro agente, y en el momento que éste se desocupe, el agente saldrá del estado de espera para continuar su busca de cajas a descargar sobre el espacio del tráiler. En caso de no encontrar alguna basura, desocupará el espacio para que cualquier agente pueda utilizar el espacio.

El recorrido de la zona de origen al tráiler consta de dos caminos, uno que utilizan los agentes para ir de la zona de Descarga al tráiler y el otro que se utiliza para que puedan regresar del tráiler a la zona de Origen. Estos caminos se trazan mediante la generación de cuatro nodos auxiliares separados con la distancia equivalente a la que se determinó para guardar entre los agentes para buscar un recorrido corto y eficiente. Cada par de nodos está ubicado con un ángulo de apertura de 45° con respecto al centro del nodo de descarga y del nodo del tráiler, este ángulo puede incrementar en caso de que la distancia mínima sea mayor.

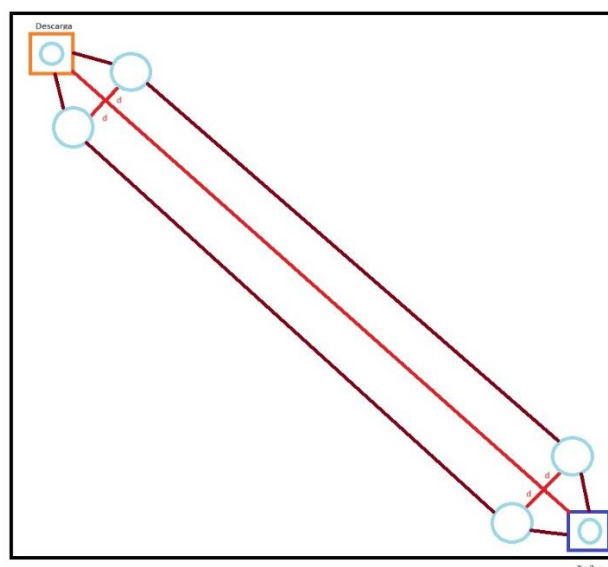


Ilustración 1. Distribución de nodos

El recorrido por los nodos se modela en términos de gráfico de la siguiente manera:

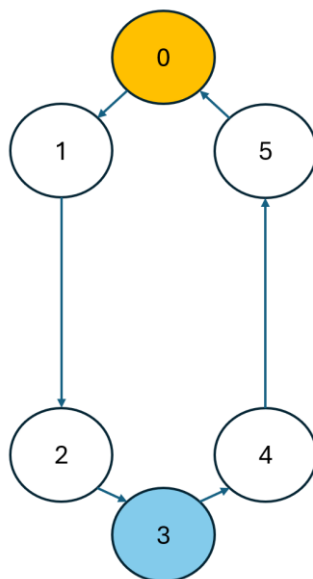


Ilustración 2. Nodos en forma de gráfico

El gráfico anteriormente modelado se implementó para realizar una navegación dirigida de los agentes mediante la siguiente matriz de adyacencias:

	0	1	2	3	4	5
0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	0

Ilustración 3. Matrix de Adyacencias.

El programa solicita al usuario el número de agentes a simular mediante un parser, y almacena los resultados de cada simulación, incluyendo el número de ejecución, número de agentes desplegados, cantidad de basura, tiempo total de descarga, entre otros datos, todos en un archivo .csv para su análisis.

Modelación de Resultados

Para evaluar el rendimiento del sistema y la optimización de tiempos de descarga con la implementación realizada, se propusieron algunos conjuntos de parámetros para evaluar los distintos comportamientos y cambios que el tiempo total de descarga y algunas otras variables pueden experimentar en situaciones determinadas o el tipo de relación que mantienen las mismas. Además, con base en los resultados obtenidos, se proponen ecuaciones para modelar matemáticamente los cambios observados y así poder brindar parámetros que permitan obtener valores óptimos para las variables involucradas en escenarios de prueba.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados y los resultados obtenidos por cada una de las pruebas realizadas:

Número óptimo de agentes para minimizar el tiempo de Descarga.

Con el objetivo de obtener conocer el número de agentes óptimo para optimizar el tiempo de Descarga de Tráiler se realizaron 17 ejecuciones con cantidad N_Agentes_Deseados variable de forma creciente para observar la eficiencia. Las pruebas se realizaron utilizando un ambiente en donde la Zona de descarga está ubicada en el punto (-300, 0, -250) y la Zona del Tráiler esta ubicada en el punto (250, 0, 300), ambos a una distancia de 777.817 del otro. De igual manera, se considera una velocidad constante para el agente y una cantidad de 10 cajas a descargar. Además, los agentes se programaron para guardar una distancia mínima de 50 unidades (5m) de los agentes activos a su alrededor.

Parámetros:

```
1. == Exec: 0
2. Namespace(N_Ejecucion=0, lifters=5, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001FBB198F2E0>)
3.
4. == Exec: 1
5. Namespace(N_Ejecucion=1, lifters=7, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027AD0ADF2E0>)
6.
7. == Exec: 2
8. Namespace(N_Ejecucion=2, lifters=9, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000228985BF2E0>)
9.
10. == Exec: 3
11. Namespace(N_Ejecucion=3, lifters=10, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002106DCFF2E0>)
12.
13. == Exec: 4
14. Namespace(N_Ejecucion=4, lifters=11, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001E0513CF2E0>)
```

```

15.
16. == Exec: 5
17. Namespace(N_Ejecucion=5, lifters=13, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000028862CEF2E0>)
18.
19. == Exec: 6
20. Namespace(N_Ejecucion=6, lifters=15, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001C126BBF2E0>)
21.
22. == Exec: 7
23. Namespace(N_Ejecucion=7, lifters=17, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002262321F2E0>)
24.
25. == Exec: 8
26. Namespace(N_Ejecucion=8, lifters=19, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000198CE9DF2E0>)
27.
28. == Exec: 9
29. Namespace(N_Ejecucion=9, lifters=21, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000024845C3F2E0>)
30.
31. == Exec: 10
32. Namespace(N_Ejecucion=10, lifters=23, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000025A7F83F2E0>)
33.
34. == Exec: 11
35. Namespace(N_Ejecucion=11, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000016B3B9BF2E0>)
36.
37. == Exec: 12
38. Namespace(N_Ejecucion=12, lifters=27, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002542C1BF2E0>)
39.
40. == Exec: 13
41. Namespace(N_Ejecucion=13, lifters=29, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000018DC029F2E0>)
42.
43. == Exec: 14
44. Namespace(N_Ejecucion=14, lifters=31, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001F2FF03F2E0>)
45.
46. == Exec: 15
47. Namespace(N_Ejecucion=15, lifters=33, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',

```

```

Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000014C963BF2E0>)
48.
49. == Exec: 16
50. Namespace(N_Ejecucion=16, lifters=35, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000183C424F2E0>)
51.

```

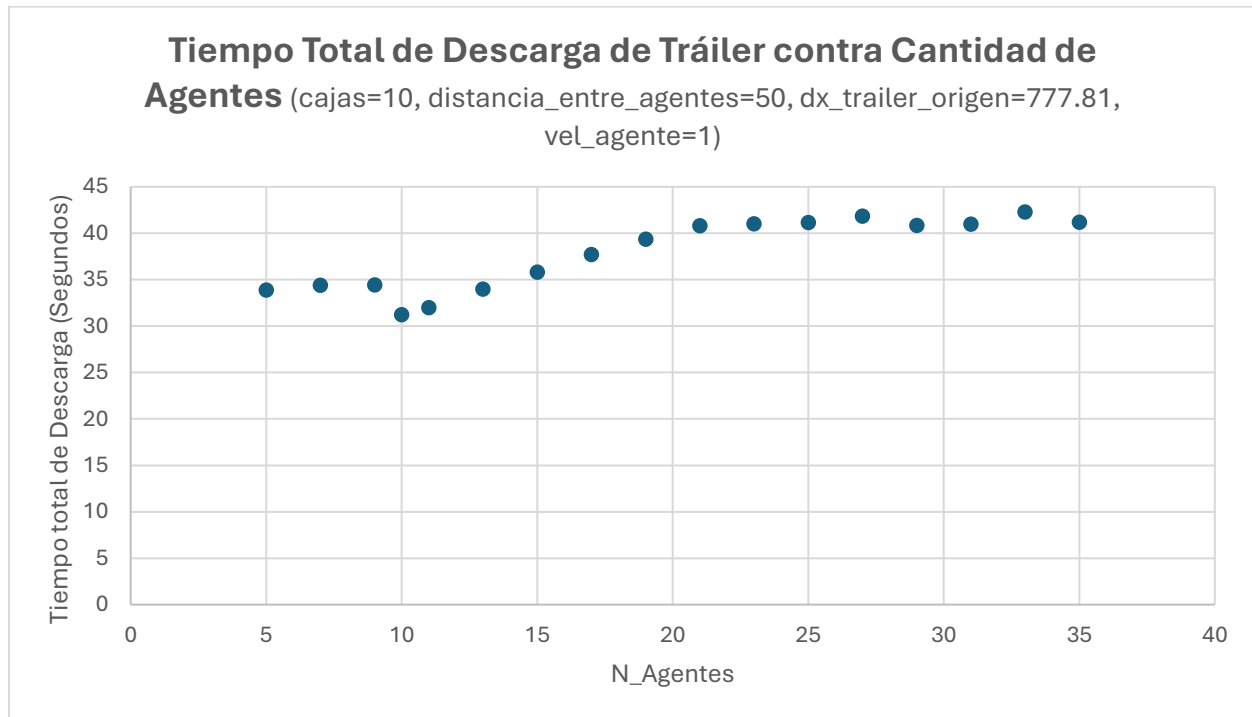
Resultados ordenados de forma ascendente de acuerdo con el Tiempo Total de Descarga (segundos):

Tabla 1. Resultados de simulaciones para N_Agentes contra t_total_descarga

n_ejecucion	n_agents_descargado	n_agent_create	agent_vel	X_descargaPos	Z_descargaPos	X_trailerPos	Z_trailerPos	distancia_descarga_trailer	n_basuras	t_total_descarga	distancia_mima_agente
3	10	10	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	31.235673	50
4	11	11	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	31.978578	50
0	5	5	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	33.88765	50
5	13	13	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	33.980844	50
1	7	7	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	34.383728	50
2	9	9	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	34.434141	50
6	15	15	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	35.819575	50
7	17	17	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	37.700201	50
8	19	19	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	39.357031	50
9	21	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	40.812469	50
13	29	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	40.828085	50
14	31	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	40.982744	50
10	23	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	41.00409	50
11	25	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	41.139333	50
16	35	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	41.176359	50
12	27	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	41.826144	50
15	33	21	1	-300	-250	250	300	777.8174593	10	42.296134	50

Modelación:

Mediante el análisis de las pruebas anteriores y sus resultados, a continuación, se muestra una gráfica que muestra el comportamiento resultante según los parámetros variables utilizados:



Gráfica 1. N_Agentes contra t_total_descarga

Según lo observado, cuando $N_{Agentes} < N_{Basura}$, el Tiempo de Descarga no es el óptimo ya que en un solo recorrido los agentes activos no son capaces de descargar todas las cajas, por lo que habrá necesidad de realizar un segundo recorrido para descargar las cajas sobrantes, lo cuál aumenta el Tiempo de Descarga.

Cuando $N_{Agentes} = N_{Basura}$, el Tiempo de Descarga se optimiza debido a que en un solo recorrido la cantidad de agentes activos podrá descargar la cantidad de basura en el tráiler sin necesidad de hacer un segundo recorrido.

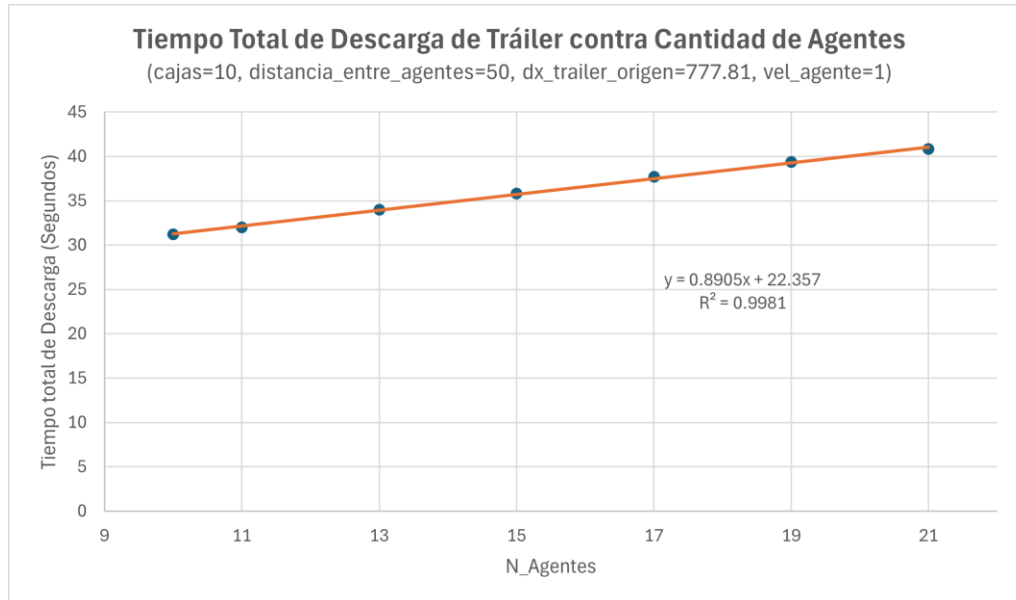
Cuando $N_{Agentes} > N_{Basura}$, el Tiempo de Descarga crece hasta encontrar un límite, lo cuál se debe a que, al exceder la cantidad de agentes óptima para la descarga, más que mejorar la descarga, la generación de agentes innecesaria genera un fenómeno de cuello de botella, lo cual entorpece la circulación. De igual manera, es probable que se llegue al límite en el que, de acuerdo con la distancia entre la Zona de Descarga, la Zona de Origen y la Distancia mínima a guardar entre los agentes, ya no será posible mantener una cantidad de agentes excesiva para coexistir activamente en el recorrido sin congestionar completamente la circulación y frenar por completo la actividad.

Según lo anterior, el número óptimo de Agentes para un ambiente en donde la cantidad $N_{Agentes}$ pueda generarse completamente de acuerdo con las distancias y restricciones determinadas, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{Agentes} = N_{Basura}$$

Comprobando que con el número óptimo resultante se disminuyó **26.15%** del tiempo necesario para la descarga.

Para modelar la Cantidad de Agentes dadas las condiciones definidas para este experimento, se puede utilizar la siguiente propuesta:



Gráfica 2. $t_{total_descarga}$ contra $N_{Agentes}$

Donde la derivada de la expresión resultante es:

$$Y' = 0.8905$$

Relación entre la Distancia Total entre la Zona del Tráiler y Zona de Descarga y el Tiempo Total de Descarga del Tráiler

Con el objetivo de obtener conocer la relación entre la distancia total entre el origen y el tráiler con el tiempo total de descarga, se realizaron 50 ejecuciones con posiciones para la Zona de origen y la Zona de Descarga variables para así obtener una distancia variable de forma creciente y así, observar el rendimiento del tiempo de descarga. Las pruebas se realizaron utilizando un ambiente en donde la cantidad constante de agentes es de 25. De igual manera, se considera una velocidad constante para el agente y una cantidad de 10 cajas a descargar. Además, los agentes se programaron para guardar una distancia mínima de 50 unidades (5m) de los agentes activos a su alrededor.

Parámetros:

```
1. == Exec: 0
2. Namespace(N_Ejecucion=0, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[70.0, 70.0], DescargaPos=[-70.0, -70.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x0000028C8A1BF240>)
```

```

3.
4. == Exec: 1
5. Namespace(N_Ejecucion=1, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[80.0, 80.0], DescargaPos=[-80.0, -
80.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000243E083F2E0>)
6.
7. == Exec: 2
8. Namespace(N_Ejecucion=2, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[90.0, 90.0], DescargaPos=[-90.0, -
90.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002ABF07DF2E0>)
9.
10. == Exec: 3
11. Namespace(N_Ejecucion=3, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[100.0, 100.0], DescargaPos=[-
100.0, -100.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000029C88CBF2E0>)
12.
13. == Exec: 4
14. Namespace(N_Ejecucion=4, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[110.0, 110.0], DescargaPos=[-
110.0, -110.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002D167EFF2E0>)
15.
16. == Exec: 5
17. Namespace(N_Ejecucion=5, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[120.0, 120.0], DescargaPos=[-
120.0, -120.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000232E3EEF2E0>)
18.
19. == Exec: 6
20. Namespace(N_Ejecucion=6, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[130.0, 130.0], DescargaPos=[-
130.0, -130.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002AFD792F2E0>)
21.
22. == Exec: 7
23. Namespace(N_Ejecucion=7, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[140.0, 140.0], DescargaPos=[-
140.0, -140.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027F067BF2E0>)
24.
25. == Exec: 8
26. Namespace(N_Ejecucion=8, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[150.0, 150.0], DescargaPos=[-
150.0, -150.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002A85707F2E0>)
27.
28. == Exec: 9
29. Namespace(N_Ejecucion=9, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[160.0, 160.0], DescargaPos=[-
160.0, -160.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000029E7F84F2E0>)
30.
31. == Exec: 10
32. Namespace(N_Ejecucion=10, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[170.0, 170.0], DescargaPos=[-
170.0, -170.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001C8E355F2E0>)
33.
34. == Exec: 11
35. Namespace(N_Ejecucion=11, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[180.0, 180.0], DescargaPos=[-
180.0, -180.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',

```

```

Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000205E271F2E0>)
36.
37. == Exec: 12
38. Namespace(N_Ejecucion=12, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[190.0, 190.0], DescargaPos=[-
190.0, -190.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001699AFBF2E0>)
39.
40. == Exec: 13
41. Namespace(N_Ejecucion=13, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[200.0, 200.0], DescargaPos=[-
200.0, -200.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000014AF32CF2E0>)
42.
43. == Exec: 14
44. Namespace(N_Ejecucion=14, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[210.0, 210.0], DescargaPos=[-
210.0, -210.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001B27D04F2E0>)
45.
46. == Exec: 15
47. Namespace(N_Ejecucion=15, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[220.0, 220.0], DescargaPos=[-
220.0, -220.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000175E59CF2E0>)
48.
49. == Exec: 16
50. Namespace(N_Ejecucion=16, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[230.0, 230.0], DescargaPos=[-
230.0, -230.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001A0D362F2E0>)
51.
52. == Exec: 17
53. Namespace(N_Ejecucion=17, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[240.0, 240.0], DescargaPos=[-
240.0, -240.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002256CF7F2E0>)
54.
55. == Exec: 18
56. Namespace(N_Ejecucion=18, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 250.0], DescargaPos=[-
250.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000221D5D2F2E0>)
57.
58. == Exec: 19
59. Namespace(N_Ejecucion=19, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[260.0, 260.0], DescargaPos=[-
260.0, -260.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002267B79F2E0>)
60.
61. == Exec: 20
62. Namespace(N_Ejecucion=20, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[270.0, 270.0], DescargaPos=[-
270.0, -270.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000025045FEF2E0>)
63.
64. == Exec: 21
65. Namespace(N_Ejecucion=21, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[280.0, 280.0], DescargaPos=[-
280.0, -280.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001DC1D3BF2E0>)
66.
67. == Exec: 22

```

```

68. Namespace(N_Ejecucion=22, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[295.0, 295.0], DescargaPos=[-
295.0, -295.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002D1EA17F2E0>)
69.
70. == Exec: 23
71. Namespace(N_Ejecucion=23, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027BFF5AF2E0>)
72.
73. == Exec: 24
74. Namespace(N_Ejecucion=24, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[310.0, 310.0], DescargaPos=[-
310.0, -310.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000019A9A0BF2E0>)
75.
76. == Exec: 25
77. Namespace(N_Ejecucion=25, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[320.0, 320.0], DescargaPos=[-
320.0, -320.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000182CEF1F2E0>)
78.
79. == Exec: 26
80. Namespace(N_Ejecucion=26, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[330.0, 330.0], DescargaPos=[-
330.0, -330.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002ABB821F2E0>)
81.
82. == Exec: 27
83. Namespace(N_Ejecucion=27, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[340.0, 340.0], DescargaPos=[-
340.0, -340.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000190860BF2E0>)
84.
85. == Exec: 28
86. Namespace(N_Ejecucion=28, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[350.0, 350.0], DescargaPos=[-
350.0, -350.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001AE7687F2E0>)
87.
88. == Exec: 29
89. Namespace(N_Ejecucion=29, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[360.0, 360.0], DescargaPos=[-
360.0, -360.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000024A7FD5F2E0>)
90.
91. == Exec: 30
92. Namespace(N_Ejecucion=30, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[370.0, 370.0], DescargaPos=[-
370.0, -370.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000284D431F2E0>)
93.
94. == Exec: 31
95. Namespace(N_Ejecucion=31, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[380.0, 380.0], DescargaPos=[-
380.0, -380.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001AD948BF2E0>)
96.
97. == Exec: 32
98. Namespace(N_Ejecucion=32, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[390.0, 390.0], DescargaPos=[-
390.0, -390.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000227A4EBF2E0>)
99.

```

```

100. == Exec: 33
101. Namespace(N_Ejecucion=33, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[400.0, 400.0], DescargaPos=[-
400.0, -400.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000024AFDFF2E0>)
102.
103. == Exec: 34
104. Namespace(N_Ejecucion=34, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[410.0, 410.0], DescargaPos=[-
410.0, -410.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000002161C0BF2E0>)
105.
106. == Exec: 35
107. Namespace(N_Ejecucion=35, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[420.0, 420.0], DescargaPos=[-
420.0, -420.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x00000200006BF2E0>)
108.
109. == Exec: 36
110. Namespace(N_Ejecucion=36, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[430.0, 430.0], DescargaPos=[-
430.0, -430.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000023D2A1BF2E0>)
111.
112. == Exec: 37
113. Namespace(N_Ejecucion=37, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[440.0, 440.0], DescargaPos=[-
440.0, -440.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000021BD011F2E0>)
114.
115. == Exec: 38
116. Namespace(N_Ejecucion=38, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[450.0, 450.0], DescargaPos=[-
450.0, -450.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000026FDB1BF2E0>)
117.
118. == Exec: 39
119. Namespace(N_Ejecucion=39, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[460.0, 460.0], DescargaPos=[-
460.0, -460.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000002705AB4F2E0>)
120.
121. == Exec: 40
122. Namespace(N_Ejecucion=40, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[470.0, 470.0], DescargaPos=[-
470.0, -470.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000021F9E93F2E0>)
123.
124. == Exec: 41
125. Namespace(N_Ejecucion=41, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[480.0, 480.0], DescargaPos=[-
480.0, -480.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000002F9FF61F2E0>)
126.
127. == Exec: 42
128. Namespace(N_Ejecucion=42, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[490.0, 490.0], DescargaPos=[-
490.0, -490.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000001CE5DEBF2E0>)
129.
130. == Exec: 43
131. Namespace(N_Ejecucion=43, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[500.0, 500.0], DescargaPos=[-
500.0, -500.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000018B822BF2E0>)

```

```

132.
133. == Exec: 44
134. Namespace(N_Ejecucion=44, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[510.0, 510.0], DescargaPos=[-
510.0, -510.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000020B5ECCF2E0>)
135.
136. == Exec: 45
137. Namespace(N_Ejecucion=45, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[520.0, 520.0], DescargaPos=[-
520.0, -520.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000022BF637F2E0>)
138.
139. == Exec: 46
140. Namespace(N_Ejecucion=46, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[530.0, 530.0], DescargaPos=[-
530.0, -530.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000021548D2F2E0>)
141.
142. == Exec: 47
143. Namespace(N_Ejecucion=47, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[540.0, 540.0], DescargaPos=[-
540.0, -540.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002365E0BF2E0>)
144.
145. == Exec: 48
146. Namespace(N_Ejecucion=48, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[550.0, 550.0], DescargaPos=[-
550.0, -550.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002EE6D20F2E0>)
147.
148. == Exec: 49
149. Namespace(N_Ejecucion=49, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[560.0, 560.0], DescargaPos=[-
560.0, -560.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000282FFF0F2E0>)
150.
151. == Exec: 50
152. Namespace(N_Ejecucion=50, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[570.0, 570.0], DescargaPos=[-
570.0, -570.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002547F62F2E0>)
153.

```

Resultados ordenados de forma ascendente de acuerdo con el Tiempo Total de Descarga (segundos):

Tabla 2. Resultados de simulaciones para distancia_descarga_trailer contra t_total_descarga

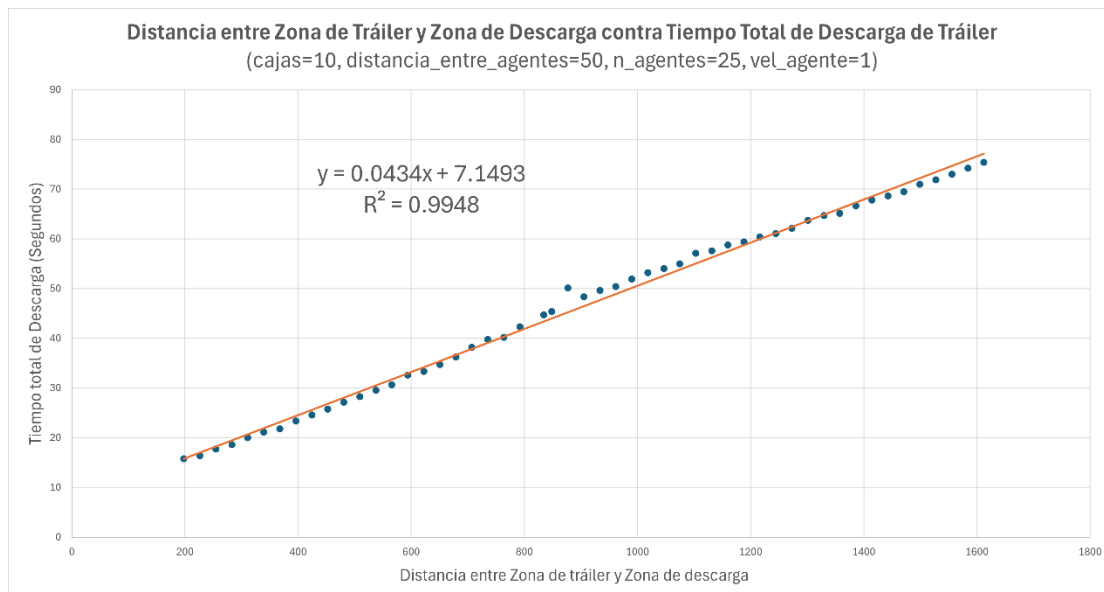
n_ej ecu cio n	n_age nts_d esead o	n_age nts_cr eated	ag ent _ve l	X_de scar gaPo s	Z_de scar gaPo s	X_tr aile rPo s	Z_tr aile rPo s	distancia _descarg a_trailer	n_ ba sur a	t_tota l_des carga	distancia _minima _agentes
0	25	6	1	-70	-70	70	70	197.99	10	15.75	50
1	25	6	1	-80	-80	80	80	226.27	10	16.36	50
2	25	7	1	-90	-90	90	90	254.56	10	17.71	50
3	25	8	1	-100	-100	100	100	282.84	10	18.59	50
4	25	9	1	-110	-110	110	110	311.13	10	20.02	50

5	25	10	1	-120	-120	120	120	339.41	10	21.13	50
6	25	10	1	-130	-130	130	130	367.70	10	21.76	50
7	25	11	1	-140	-140	140	140	395.98	10	23.34	50
8	25	12	1	-150	-150	150	150	424.26	10	24.59	50
9	25	13	1	-160	-160	160	160	452.55	10	25.76	50
10	25	14	1	-170	-170	170	170	480.83	10	27.15	50
11	25	14	1	-180	-180	180	180	509.12	10	28.25	50
12	25	15	1	-190	-190	190	190	537.40	10	29.56	50
13	25	16	1	-200	-200	200	200	565.69	10	30.68	50
14	25	17	1	-210	-210	210	210	593.97	10	32.59	50
15	25	17	1	-220	-220	220	220	622.25	10	33.34	50
16	25	18	1	-230	-230	230	230	650.54	10	34.75	50
17	25	19	1	-240	-240	240	240	678.82	10	36.21	50
18	25	20	1	-250	-250	250	250	707.11	10	38.19	50
19	25	21	1	-260	-260	260	260	735.39	10	39.74	50
20	25	21	1	-270	-270	270	270	763.68	10	40.19	50
21	25	22	1	-280	-280	280	280	791.96	10	42.31	50
22	25	23	1	-295	-295	295	295	834.39	10	44.70	50
23	25	24	1	-300	-300	300	300	848.53	10	45.40	50
25	25	25	1	-320	-320	320	320	905.10	10	48.32	50
26	25	25	1	-330	-330	330	330	933.38	10	49.62	50
24	25	25	1	-310	-310	310	310	876.81	10	50.12	50
27	25	25	1	-340	-340	340	340	961.67	10	50.37	50
28	25	25	1	-350	-350	350	350	989.95	10	51.89	50
29	25	25	1	-360	-360	360	360	1018.23	10	53.21	50
30	25	25	1	-370	-370	370	370	1046.52	10	54.01	50
31	25	25	1	-380	-380	380	380	1074.80	10	54.97	50
32	25	25	1	-390	-390	390	390	1103.09	10	57.09	50
33	25	25	1	-400	-400	400	400	1131.37	10	57.58	50
34	25	25	1	-410	-410	410	410	1159.66	10	58.75	50
35	25	25	1	-420	-420	420	420	1187.94	10	59.38	50
36	25	25	1	-430	-430	430	430	1216.22	10	60.37	50
37	25	25	1	-440	-440	440	440	1244.51	10	61.04	50
38	25	25	1	-450	-450	450	450	1272.79	10	62.09	50
39	25	25	1	-460	-460	460	460	1301.08	10	63.73	50
40	25	25	1	-470	-470	470	470	1329.36	10	64.67	50
41	25	25	1	-480	-480	480	480	1357.65	10	65.12	50
42	25	25	1	-490	-490	490	490	1385.93	10	66.60	50

43	25	25	1	-500	-500	500	500	1414.21	10	67.81	50
44	25	25	1	-510	-510	510	510	1442.50	10	68.61	50
45	25	25	1	-520	-520	520	520	1470.78	10	69.44	50
46	25	25	1	-530	-530	530	530	1499.07	10	70.97	50
47	25	25	1	-540	-540	540	540	1527.35	10	71.87	50
48	25	25	1	-550	-550	550	550	1555.63	10	72.99	50
49	25	25	1	-560	-560	560	560	1583.92	10	74.18	50
50	25	25	1	-570	-570	570	570	1612.20	10	75.36	50

Modelación:

A continuación, se muestra una gráfica que muestra el comportamiento resultante según los parámetros variables utilizados, así como una propuesta de ecuación para el modelo:



Gráfica 3. distancia_descarga_trailer contra t_total_descarga

Según lo observado y utilizando los parámetros determinados para el ambiente, existe una relación creciente entre la Distancia Tráiler-Origen y el Tiempo Total de Descarga modelada mediante la siguiente ecuación:

$$t_{totalDescarga} = 0.0434x_{trailer_descarga} + 7.1493$$

Por lo que a menor distancia que existe entre el Tráiler y el Origen, se requerirá menor tiempo para concluir la descarga del tráiler.

Relación entre la Cantidad de Agentes y la distancia entre la Zona del Tráiler y Zona de Descarga

Con el objetivo de obtener conocer la relación entre la distancia total entre el origen y el tráiler con la cantidad de agentes necesaria para recorrerla de forma óptima, se realizaron 25 ejecuciones con posiciones para la Zona de origen y la Zona de Descarga variables para así obtener una distancia variable de forma creciente y así, observar la cantidad de agentes máxima para el recorrido supuesto. Se considera una velocidad constante para el agente y una cantidad de 10 cajas a descargar. Además, los agentes se programaron para guardar una distancia mínima de 50 unidades (5m) de los agentes activos a su alrededor.

Parámetros:

```

1. == Exec: 0
2. Namespace(N_Ejecucion=0, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[70.0, 70.0], DescargaPos=[-70.0, -70.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x0000028C8A1BF240>)
3.
4. == Exec: 1
5. Namespace(N_Ejecucion=1, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[80.0, 80.0], DescargaPos=[-80.0, -80.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x00000243E083F2E0>)
6.
7. == Exec: 2
8. Namespace(N_Ejecucion=2, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[90.0, 90.0], DescargaPos=[-90.0, -90.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x000002ABF07DF2E0>)
9.
10. == Exec: 3
11. Namespace(N_Ejecucion=3, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[100.0, 100.0], DescargaPos=[-100.0, -100.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x0000029C88CBF2E0>)
12.
13. == Exec: 4
14. Namespace(N_Ejecucion=4, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[110.0, 110.0], DescargaPos=[-110.0, -110.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x000002D167EFF2E0>)
15.
16. == Exec: 5
17. Namespace(N_Ejecucion=5, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[120.0, 120.0], DescargaPos=[-120.0, -120.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x00000232E3EEF2E0>)
18.
19. == Exec: 6
20. Namespace(N_Ejecucion=6, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[130.0, 130.0], DescargaPos=[-130.0, -130.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv', Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at 0x000002AFD792F2E0>)
21.
22. == Exec: 7
23. Namespace(N_Ejecucion=7, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[140.0, 140.0], DescargaPos=[-140.0, -140.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',

```

```

Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027F067BF2E0>)
24.
25. == Exec: 8
26. Namespace(N_Ejecucion=8, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[150.0, 150.0], DescargaPos=[-150.0,
-150.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002A85707F2E0>)
27.
28. == Exec: 9
29. Namespace(N_Ejecucion=9, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[160.0, 160.0], DescargaPos=[-160.0,
-160.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000029E7F84F2E0>)
30.
31. == Exec: 10
32. Namespace(N_Ejecucion=10, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[170.0, 170.0], DescargaPos=[-
170.0, -170.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001C8E355F2E0>)
33.
34. == Exec: 11
35. Namespace(N_Ejecucion=11, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[180.0, 180.0], DescargaPos=[-
180.0, -180.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000205E271F2E0>)
36.
37. == Exec: 12
38. Namespace(N_Ejecucion=12, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[190.0, 190.0], DescargaPos=[-
190.0, -190.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001699AFBF2E0>)
39.
40. == Exec: 13
41. Namespace(N_Ejecucion=13, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[200.0, 200.0], DescargaPos=[-
200.0, -200.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000014AF32CF2E0>)
42.
43. == Exec: 14
44. Namespace(N_Ejecucion=14, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[210.0, 210.0], DescargaPos=[-
210.0, -210.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001B27D04F2E0>)
45.
46. == Exec: 15
47. Namespace(N_Ejecucion=15, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[220.0, 220.0], DescargaPos=[-
220.0, -220.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000175E59CF2E0>)
48.
49. == Exec: 16
50. Namespace(N_Ejecucion=16, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[230.0, 230.0], DescargaPos=[-
230.0, -230.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001A0D362F2E0>)
51.
52. == Exec: 17
53. Namespace(N_Ejecucion=17, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[240.0, 240.0], DescargaPos=[-
240.0, -240.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002256CF7F2E0>)
54.
55. == Exec: 18

```

```

56. Namespace(N_Ejecucion=18, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[250.0, 250.0], DescargaPos=[-
250.0, -250.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000221D5D2F2E0>)
57.
58. == Exec: 19
59. Namespace(N_Ejecucion=19, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[260.0, 260.0], DescargaPos=[-
260.0, -260.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002267B79F2E0>)
60.
61. == Exec: 20
62. Namespace(N_Ejecucion=20, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[270.0, 270.0], DescargaPos=[-
270.0, -270.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000025045FEF2E0>)
63.
64. == Exec: 21
65. Namespace(N_Ejecucion=21, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[280.0, 280.0], DescargaPos=[-
280.0, -280.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001DC1D3BF2E0>)
66.
67. == Exec: 22
68. Namespace(N_Ejecucion=22, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[295.0, 295.0], DescargaPos=[-
295.0, -295.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002D1EA17F2E0>)
69.
70. == Exec: 23
71. Namespace(N_Ejecucion=23, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-
300.0, -300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027BFF5AF2E0>)
72.
73. == Exec: 24
74. Namespace(N_Ejecucion=24, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[310.0, 310.0], DescargaPos=[-
310.0, -310.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000019A9A0BF2E0>)
75.
76. == Exec: 25
77. Namespace(N_Ejecucion=25, lifters=25, Basuras=10, TrailerPos=[320.0, 320.0], DescargaPos=[-
320.0, -320.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000182CEF1F2E0>)
78.

```

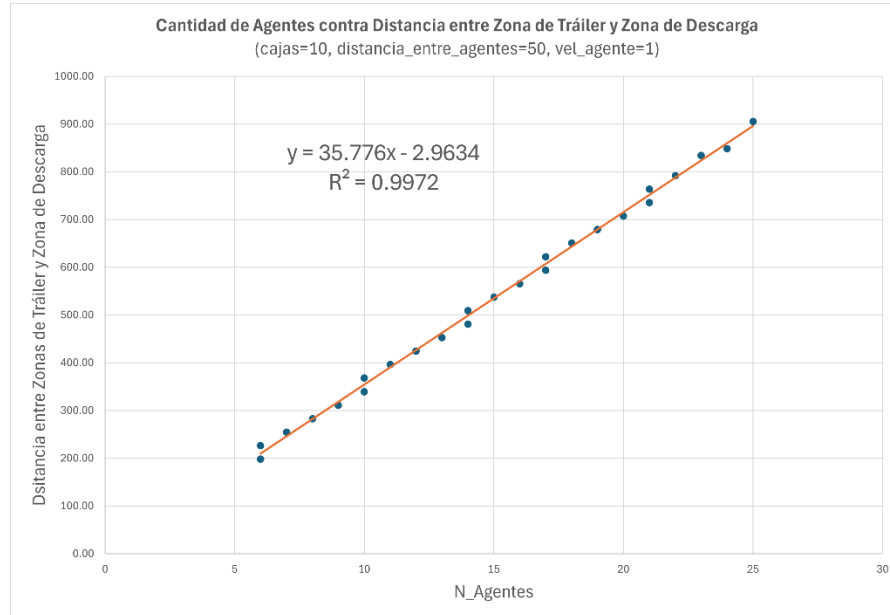
Resultados ordenados de forma ascendente de acuerdo con el Tiempo Total de Descarga (segundos):

Tabla 3. Resultados de simulación para N_Agentes_creados contra Distancia_descarga_trailer

n_ejecucion	n_agents_deseado	n_agents_created	agent_vel	X_descargaPos	Z_descargaPos	X_trailerPos	Z_trailerPos	distancia_descarga_trailer	n_basura	t_total_descarga	distancia_minima_agentes
0	25	6	1	-70	-70	70	70	197.99	10	15.75	50
1	25	6	1	-80	-80	80	80	226.27	10	16.36	50
2	25	7	1	-90	-90	90	90	254.56	10	17.71	50
3	25	8	1	-100	-100	100	100	282.84	10	18.59	50
4	25	9	1	-110	-110	110	110	311.13	10	20.02	50
5	25	10	1	-120	-120	120	120	339.41	10	21.13	50
6	25	10	1	-130	-130	130	130	367.70	10	21.76	50
7	25	11	1	-140	-140	140	140	395.98	10	23.34	50
8	25	12	1	-150	-150	150	150	424.26	10	24.59	50
9	25	13	1	-160	-160	160	160	452.55	10	25.76	50
10	25	14	1	-170	-170	170	170	480.83	10	27.15	50
11	25	14	1	-180	-180	180	180	509.12	10	28.25	50
12	25	15	1	-190	-190	190	190	537.40	10	29.56	50
13	25	16	1	-200	-200	200	200	565.69	10	30.68	50
14	25	17	1	-210	-210	210	210	593.97	10	32.59	50
15	25	17	1	-220	-220	220	220	622.25	10	33.34	50
16	25	18	1	-230	-230	230	230	650.54	10	34.75	50
17	25	19	1	-240	-240	240	240	678.82	10	36.21	50
18	25	20	1	-250	-250	250	250	707.11	10	38.19	50
19	25	21	1	-260	-260	260	260	735.39	10	39.74	50
20	25	21	1	-270	-270	270	270	763.68	10	40.19	50
21	25	22	1	-280	-280	280	280	791.96	10	42.31	50
22	25	23	1	-295	-295	295	295	834.39	10	44.70	50
23	25	24	1	-300	-300	300	300	848.53	10	45.40	50
25	25	25	1	-320	-320	320	320	905.10	10	48.32	50

Modelación:

A continuación, se muestra una gráfica que muestra el comportamiento resultante según los parámetros variables utilizados, así como una propuesta de ecuación para el modelo:



Gráfica 4. N_Agentes_creados contra Distancia_descarga_trailer

Según lo observado y utilizando los parámetros determinados para el ambiente, existe una relación creciente entre la Distancia Tráiler-Origen y la Cantidad máxima de Agentes, lo anterior modelado mediante la siguiente ecuación:

$$Distancia_{Tráiler-Origen} = 35.776N_{Agentes} + 2.9634$$

Por lo que a menor distancia que existe entre el Tráiler y el Origen, menor será cantidad máxima de Agentes para realizar los recorridos para la descarga del tráiler.

Relación entre la Distancia Mínima a Guardar entre Agentes y Tiempo Total de Descarga.

Con el objetivo de obtener conocer la relación entre la distancia mínima a guardar entre los Agentes con el tiempo total de descarga, se realizaron 45 ejecuciones con distancia mínima entre agentes variable. Se considera una velocidad constante para el agente, una cantidad de 2 agentes y una cantidad de 2 cajas a descargar.

Parámetros:

```
1. == Exec: 0
2. Namespace(N_Ejecucion=0, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0, -300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=50.0, Out_arch_path='out.csv',
```

```

Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000183C445F2E0>)
3.
4. == Exec: 1
5. Namespace(N_Ejecucion=1, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=60.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001A5B5ACF2E0>)
6.
7. == Exec: 2
8. Namespace(N_Ejecucion=2, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=70.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000278F703F2E0>)
9.
10. == Exec: 3
11. Namespace(N_Ejecucion=3, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=80.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002497B84F2E0>)
12.
13. == Exec: 4
14. Namespace(N_Ejecucion=4, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=90.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001E3C3ECF2E0>)
15.
16. == Exec: 5
17. Namespace(N_Ejecucion=5, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=100.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002630E0BF2E0>)
18.
19. == Exec: 6
20. Namespace(N_Ejecucion=6, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=110.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000269FE2AF2E0>)
21.
22. == Exec: 7
23. Namespace(N_Ejecucion=7, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=120.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000020E6165F2E0>)
24.
25. == Exec: 8
26. Namespace(N_Ejecucion=8, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=130.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002338ECBF2E0>)
27.
28. == Exec: 9
29. Namespace(N_Ejecucion=9, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=140.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000024EC554F2E0>)
30.
31. == Exec: 10
32. Namespace(N_Ejecucion=10, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=150.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001E84B00F2E0>)
33.
34. == Exec: 11

```

```

35. Namespace(N_Ejecucion=11, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=160.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000149B387F2E0>)
36.
37. == Exec: 12
38. Namespace(N_Ejecucion=12, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=170.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001993D55F2E0>)
39.
40. == Exec: 13
41. Namespace(N_Ejecucion=13, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=180.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000267CFD7F2E0>)
42.
43. == Exec: 14
44. Namespace(N_Ejecucion=14, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=190.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001FE332BF2E0>)
45.
46. == Exec: 15
47. Namespace(N_Ejecucion=15, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=200.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001C3C725F2E0>)
48.
49. == Exec: 16
50. Namespace(N_Ejecucion=16, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=210.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000021CC8C0F2E0>)
51.
52. == Exec: 17
53. Namespace(N_Ejecucion=17, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=220.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000027867BCF2E0>)
54.
55. == Exec: 18
56. Namespace(N_Ejecucion=18, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=230.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002377F9AF2E0>)
57.
58. == Exec: 19
59. Namespace(N_Ejecucion=19, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=240.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000181A0ECF2E0>)
60.
61. == Exec: 20
62. Namespace(N_Ejecucion=20, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=250.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000270CE47F2E0>)
63.
64. == Exec: 21
65. Namespace(N_Ejecucion=21, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=260.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000289E733F2E0>)
66.

```



```

67. == Exec: 22
68. Namespace(N_Ejecucion=22, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=270.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000002BB5455F2E0>)
69.
70. == Exec: 23
71. Namespace(N_Ejecucion=23, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=280.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x00000286A6FEF2E0>)
72.
73. == Exec: 24
74. Namespace(N_Ejecucion=24, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=290.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000001A952DAF2E0>)
75.
76. == Exec: 25
77. Namespace(N_Ejecucion=25, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=300.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000001E84564F2E0>)
78.
79. == Exec: 26
80. Namespace(N_Ejecucion=26, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=310.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x00000196DA8FF2E0>)
81.
82. == Exec: 27
83. Namespace(N_Ejecucion=27, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=320.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x00000204303CF2E0>)
84.
85. == Exec: 28
86. Namespace(N_Ejecucion=28, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=330.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000020DFFBFF2E0>)
87.
88. == Exec: 29
89. Namespace(N_Ejecucion=29, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=340.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x000002883E21F2E0>)
90.
91. == Exec: 30
92. Namespace(N_Ejecucion=30, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=350.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000028BC6F8F2E0>)
93.
94. == Exec: 31
95. Namespace(N_Ejecucion=31, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=360.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x0000023DFFF1F2E0>)
96.
97. == Exec: 32
98. Namespace(N_Ejecucion=32, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=370.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, raiodius=30, func=<function Simulacion at
0x00000194FFBFF2E0>)

```

```

99.
100. == Exec: 33
101. Namespace(N_Ejecucion=33, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=380.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002D62C6BF2E0>)
102.
103. == Exec: 34
104. Namespace(N_Ejecucion=34, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=390.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002417FF1F2E0>)
105.
106. == Exec: 35
107. Namespace(N_Ejecucion=35, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=400.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002737F96F2E0>)
108.
109. == Exec: 36
110. Namespace(N_Ejecucion=36, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=410.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001F84399F2E0>)
111.
112. == Exec: 37
113. Namespace(N_Ejecucion=37, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=420.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000023A731EF2E0>)
114.
115. == Exec: 38
116. Namespace(N_Ejecucion=38, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=430.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001C498ABF2E0>)
117.
118. == Exec: 39
119. Namespace(N_Ejecucion=39, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=440.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002DC7731F2E0>)
120.
121. == Exec: 40
122. Namespace(N_Ejecucion=40, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=450.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x00000219BB13F2E0>)
123.
124. == Exec: 41
125. Namespace(N_Ejecucion=41, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=460.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002147F73F2E0>)
126.
127. == Exec: 42
128. Namespace(N_Ejecucion=42, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=470.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000002123F3FF2E0>)
129.
130. == Exec: 43
131. Namespace(N_Ejecucion=43, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=480.0, Out_arch_path='out.csv',

```

```

Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000016B8CCBF2E0>)
132.
133. == Exec: 44
134. Namespace(N_Ejecucion=44, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=490.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x000001DA04ABF2E0>)
135.
136. == Exec: 45
137. Namespace(N_Ejecucion=45, lifters=2, Basuras=2, TrailerPos=[300.0, 300.0], DescargaPos=[-300.0,
-300.0], Vel_lifter=1.0, dist_min=500.0, Out_arch_path='out.csv',
Config_Out_arch_path='config_out.txt', Delta=0.05, theta=0, radius=30, func=<function Simulacion at
0x0000015AD324F2E0>)
138.

```

Resultados ordenados de forma ascendente de acuerdo con el Tiempo Total de Descarga (segundos):

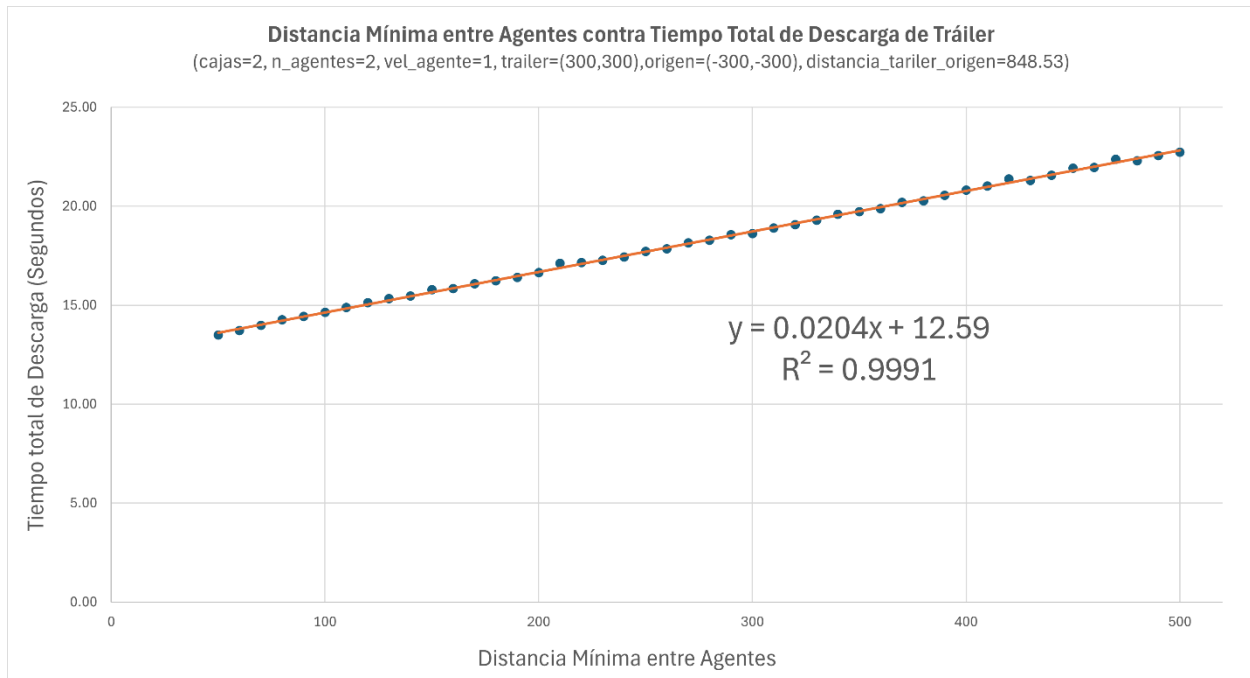
Tabla 4. Resultados de Simulación para distancia_minima_agentes contra t_total_descarga

n_eje cucion n	n_agents _desead o	n_agent s_create d	age nt_v el	X_desc argaPo s	Z_desc argaPo s	X_trai lerPo s	Z_trai lerPo s	distancia_de scarga_traile r	n_b asur a	distancia_mi nima_agente s	t_total_ descarg a
0	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	50	13.50
1	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	60	13.71
2	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	70	13.98
3	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	80	14.26
4	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	90	14.43
5	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	100	14.64
6	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	110	14.89
7	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	120	15.12
8	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	130	15.32
9	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	140	15.46
10	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	150	15.78
11	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	160	15.84
12	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	170	16.08
13	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	180	16.24
14	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	190	16.41
15	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	200	16.64
16	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	210	17.12
17	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	220	17.15
18	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	230	17.26
19	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	240	17.43
20	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	250	17.72

21	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	260	17.84
22	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	270	18.14
23	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	280	18.28
24	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	290	18.57
25	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	300	18.62
26	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	310	18.90
27	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	320	19.07
28	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	330	19.29
29	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	340	19.59
30	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	350	19.72
31	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	360	19.87
32	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	370	20.20
33	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	380	20.27
34	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	390	20.55
35	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	400	20.80
36	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	410	21.01
37	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	420	21.38
38	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	430	21.30
39	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	440	21.57
40	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	450	21.92
41	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	460	21.96
42	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	470	22.36
43	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	480	22.30
44	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	490	22.56
45	2	2	1	-300	-300	300	300	848.53	2	500	22.73

Modelación:

A continuación, se muestra una gráfica que muestra el comportamiento resultante según los parámetros variables utilizados, así como una propuesta de ecuación para el modelo:



Gráfica 5. Distancia_minima_agentes contra t_total_descarga

Según lo observado y utilizando los parámetros determinados para el ambiente, existe una relación creciente entre la Distancia Mínima entre Agentes y el Tiempo Total de Descarga, lo anterior modelado mediante la siguiente ecuación:

$$t_{totalDescarga} = 0.0204DistanciaMinAgentes + 12.59$$

Por lo que, a menor distancia mínima requerida entre los agentes, menor tiempo se requerirá para completar la descarga del tráiler

Código

La implementación realizada se ejecuta por medio de un parser en Python, donde se indican los algunos de los parámetros más importantes para la ejecución:

Parámetros de ejecución necesarios:

--N_Ejecucion: Número de identificación para la ejecución.

--lifters: Cantidad de montacargas deseada.

--Basuras: Cantidad de basura deseada.

--TrailerPos: Coordenadas (x, y) para el tráiler.

--DescargaPos: Coordenadas (x, y) para la Zona de descarga.

--Vel_lifter: Velocidad de los agentes durante la simulación (0-1.2).

--dist_min: Distancia mínima a mantener entre los agentes.

Parámetros Opcionales:

--Out_arch_path: Ruta para el archivo csv de salida con reportes de transición de estado.

--Config_Out_arch_path: Ruta para el archivo txt de salida de configuración de ejecución.

--Delta: Velocidad de simulación.

El código genera un archivo.csv donde se reporta el número de ejecución realizada utilizando el siguiente header de variables para el archivo:

```
1.n_ejecucion,n_agents_deseado,n_agents_created,agent_vel,X_descargaPos,Z_descargaPos,X_trailerPos,Z
  _trailerPos,distancia_descarga_trailer,n_basura,t_total_descarga,distancia_minima_agentes
2.
```

A continuación, se presenta un ejemplo de comando para la ejecución de la simulación:

```
C:\path python Main.py Simulacion --N_Ejecucion 0 --lifters 100 --Basuras 50 --TrailerPos 500 500 --
  DescargaPos -150 -150 --Vel_lifter 1 --dist_min 150
```

Conclusiones

En conclusión y como resultado de la variedad de simulaciones realizadas con parámetros distintos, se pudo llegar a las siguientes afirmaciones:

Aumentar el número de agentes más allá del número de cajas no reduce el tiempo de descarga, sino que puede incluso incrementarlo debido a la congestión y al fenómeno de cuello de botella. Por tanto, se concluye que el número óptimo de agentes es igual al número de cajas, lo que permitió reducir el tiempo de descarga en un 26.15%. Esto al presentarse un ambiente con dimensiones y parámetros espaciales que permitan la coexistencia de la cantidad necesaria de Agentes deseada para realizar la descarga de la Basura. En caso contrario, seguirá siendo óptimo mantener la mayor cantidad de agentes cercano a N_Basura sin exceder el mismo.

- La distancia entre la Zona de Tráiler y la Zona de Descarga mantienen una relación creciente con respecto al Tiempo Total de Descarga de Tráiler. Por lo que una menor distancia entre el tráiler y la zona de descarga contribuye a una mayor eficiencia, reduciendo el tiempo total del proceso. Siempre y cuando se considere una distancia en la que la cantidad de agentes contemplada se pueda generar dentro de los límites y restricciones de distancia dados para los mismos.
- Cuanto menor sea la distancia permitida entre los agentes, más eficiente será la descarga, ya que se reduce el espacio necesario para su movimiento y operación. Esto siempre y cuando se mantenga un margen de seguridad que evite colisiones.
- Se identificó una relación lineal creciente entre la distancia entre el tráiler y la zona de descarga y la cantidad óptima de agentes necesarios para minimizar el tiempo de descarga. Por lo que, para distancias mayores, se sugiere un aumento en la cantidad de agentes, pero dentro de los límites establecidos para evitar congestión y asegurar una operación fluida.

Finalmente, el proyecto logra modelar y simular de manera efectiva el proceso de descarga de un tráiler utilizando agentes autónomos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en escenarios reales de logística y manejo de materiales.