

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

Campus Estado de México

**M1. Actividad (Informe de Simulación del Robot de Limpieza)**

*Profesores:*

*Jorge Adolfo Ramírez Uresti*

*Sergio Luis Loza*

UNIDAD DE FORMACIÓN TC2008B.301

Melissa Mireles Rendón

A01379736

Alberto Cebreros González

A01798671

08 de Noviembre del 2024

# Introducción

El objetivo de esta simulación es estudiar el comportamiento y la eficiencia de un robot de limpieza reactivo en una habitación de tamaño **MxN**, evaluando cómo factores como el número de agentes y el porcentaje inicial de celdas sucias afectan el proceso de limpieza. Utilizando la biblioteca Mesa en Python, se diseñó un modelo de sistema multiagente en el que los robots, actuando de manera autónoma y reactiva, realizan tareas de limpieza en una cuadrícula. Este enfoque permite que cada agente tome decisiones simples: limpiar una celda sucia o moverse aleatoriamente si la celda está limpia, simulando así el comportamiento de robots básicos sin capacidad de planificación avanzada.

Con esta simulación, se buscó comprender la relación entre el número de agentes y la eficiencia en el proceso de limpieza, lo cual aporta una perspectiva valiosa para el desarrollo de sistemas multiagente aplicables en la robótica y otros entornos donde múltiples agentes colaboran en una tarea compartida.

## Configuración de la Simulación

- **Dimensiones de la habitación:** 10x10
- **Porcentaje de celdas inicialmente sucias:** 30%
- **Número de pasos de tiempo máximos:** 200
- **Ubicación inicial de los agentes:** Todos los agentes comienzan en la celda [1,1]
- **Acciones posibles en cada paso de tiempo:**
  - Si la celda en la que se encuentra está sucia, procede a limpiarla.
  - Si la celda está limpia, el agente selecciona al azar una celda vecina y se desplaza hacia ella (si está disponible).

## Resultados de la Simulación

Para analizar el desempeño del sistema multiagente en la limpieza de una habitación, se realizaron cinco pruebas independientes para cada configuración de agentes: 5, 10, 15, 20 y 25 agentes. Los resultados obtenidos en cada prueba incluyen el tiempo total en pasos, el número de movimientos totales realizados y el porcentaje de limpieza al finalizar la simulación. Todas las simulaciones lograron un 100% de limpieza, indicando que en cada caso todas las celdas sucias fueron limpiadas antes de alcanzar el tiempo máximo permitido.

A continuación, se muestran los resultados de cada configuración de agentes y sus promedios calculados:

**Grupo de 5 agentes:**

<b>Número de Agentes</b>	<b>Tiempo (Pasos)</b>	<b>Movimientos Totales</b>	<b>Porcentaje de Limpieza</b>
5	185	853	100.00%
5	185	842	100.00%
5	191	867	100.00%
5	179	809	100.00%
5	188	822	100.00%

- Tiempo promedio: 186 pasos.
- Movimientos totales promedio: 839.
- Porcentaje de limpieza: 100%.

**Grupo de 10 agentes:**

<b>Número de Agentes</b>	<b>Tiempo (Pasos)</b>	<b>Movimientos Totales</b>	<b>Porcentaje de Limpieza</b>
10	84	707	100.00%
10	99	780	100.00%
10	98	771	100.00%
10	92	755	100.00%
10	82	635	100.00%

- Tiempo promedio: 91 pasos.
- Movimientos totales promedio: 730.
- Porcentaje de limpieza: 100%.

**Grupo de 15 agentes:**

<b>Número de Agentes</b>	<b>Tiempo (Pasos)</b>	<b>Movimientos Totales</b>	<b>Porcentaje de Limpieza</b>
15	86	909	100.00%
15	97	1056	100.00%
15	90	1044	100.00%
15	80	863	100.00%
15	74	805	100.00%

- Tiempo promedio: 85 pasos.
- Movimientos totales promedio: 935.
- Porcentaje de limpieza: 100%.

**Grupo de 20 agentes:**

<b>Número de Agentes</b>	<b>Tiempo (Pasos)</b>	<b>Movimientos Totales</b>	<b>Porcentaje de Limpieza</b>
20	66	806	100.00%
20	59	764	100.00%
20	62	736	100.00%
20	58	653	100.00%
20	62	787	100.00%

- Tiempo promedio: 61 pasos.
- Movimientos totales promedio: 749.
- Porcentaje de limpieza: 100%.

### Grupo de 25 agentes:

Número de Agentes	Tiempo (Pasos)	Movimientos Totales	Porcentaje de Limpieza
25	53	713	100.00%
25	58	722	100.00%
25	50	647	100.00%
25	52	703	100.00%
25	54	722	100.00%

- Tiempo promedio: 53 pasos.
- Movimientos totales promedio: 701.
- Porcentaje de limpieza: 100%.

## Análisis

Los resultados obtenidos muestran una relación evidente entre el número de agentes y la eficiencia en la limpieza de la habitación. A medida que el número de agentes aumenta, el tiempo promedio necesario para alcanzar el 100% de limpieza disminuye considerablemente, lo cual se observa claramente en la gráfica de **Pasos de tiempo por número de agentes**. Por ejemplo, con 5 agentes, el tiempo promedio fue de 186 pasos, mientras que con 25 agentes, el tiempo se redujo a solo 53 pasos. Esta tendencia indica que un mayor número de agentes permite cubrir diferentes áreas de la habitación de manera simultánea, acelerando el proceso de limpieza y logrando una finalización más rápida.

No obstante, al analizar el número total de movimientos realizados por los agentes, la relación con la eficiencia no es tan lineal. La gráfica de **Movimientos totales por número de agentes** revela que, aunque en general el total de movimientos tiende a disminuir con más agentes, existen anomalías. Por ejemplo, en el grupo de 15 agentes, el número de movimientos totales (935) fue mayor que el registrado con 20 agentes (749), lo cual contradice la tendencia de reducción de movimientos que se espera al aumentar el número de agentes.

Este comportamiento puede explicarse por dos factores importantes:

1. **Coordinación limitada entre agentes:** Los agentes en esta simulación operan de manera independiente, sin una estrategia de coordinación que les permita dividir el espacio eficientemente. Esto significa que es probable que algunos agentes se desplacen hacia celdas que ya han sido limpiadas por otros agentes, realizando movimientos innecesarios y redundantes. En el caso del grupo de 15 agentes, esta falta de coordinación es más evidente, dado que el número intermedio de agentes genera una mayor probabilidad de interferencia entre ellos.
2. **Movimientos aleatorios:** Cuando un agente se encuentra en una celda limpia, selecciona de manera aleatoria una celda vecina a la cual moverse. Este patrón aleatorio incrementa la posibilidad de que algunos agentes exploren áreas que ya han sido limpiadas, especialmente cuando el espacio disponible es relativamente pequeño en comparación con el número de agentes. Esto se traduce en una menor eficiencia de movimiento, como se observa en el caso de los 15 agentes, donde el total de movimientos es superior en comparación con otros grupos.

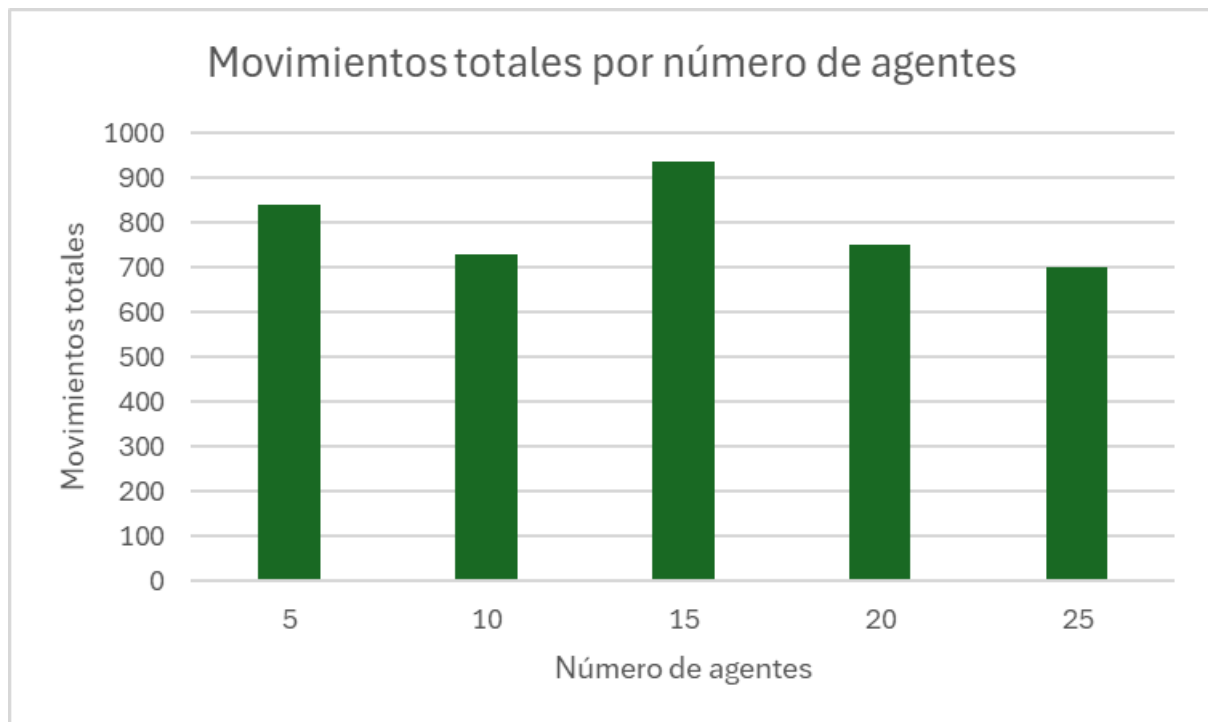
Número de Agentes	Tiempo (Pasos)	Movimientos Totales	Porcentaje de Limpieza
5	186	839	100.00%
10	91	730	100.00%
15	85	935	100.00%
20	61	749	100.00%
25	53	701	100.00%

## Gráficas de Resultados

### Pasos de tiempo por número de agentes



### Movimientos por número de agentes



# Conclusiones

1. **Eficiencia Relativa:** Los resultados de la simulación muestran que al aumentar el número de agentes, el tiempo total para completar la limpieza tiende a disminuir, lo cual indica una mayor eficiencia en términos de tiempo. Esta tendencia se debe a que un mayor número de agentes permite cubrir simultáneamente más áreas de la habitación, acelerando el proceso de limpieza. Sin embargo, aunque el tiempo disminuye con más agentes, la relación entre el número de agentes y el tiempo de limpieza no es completamente lineal, ya que factores como la coordinación entre agentes y los movimientos redundantes pueden afectar el rendimiento.
2. **Optimización del Número de Agentes:** Si bien agregar más agentes contribuye a reducir el tiempo necesario para completar la limpieza, el número total de movimientos no disminuye proporcionalmente. En algunos casos, como con 15 agentes, el total de movimientos es mayor que con grupos más grandes, lo cual sugiere que existe un límite óptimo en el número de agentes después del cual los beneficios en eficiencia de tiempo se vuelven marginales. Esto resalta la importancia de encontrar un equilibrio adecuado en el número de agentes, considerando que un exceso de agentes puede incrementar los movimientos redundantes sin mejorar significativamente el tiempo de limpieza.
3. **Propuestas de Mejora:** Para optimizar aún más el rendimiento del sistema, se podrían realizar simulaciones adicionales con diferentes configuraciones, como variaciones en la distribución inicial de la suciedad o en el tamaño de la habitación. Además, explorar estrategias de movimiento menos aleatorias, como asignaciones zonales o reglas de movimiento que minimicen el solapamiento de áreas limpias, podría reducir tanto el número de movimientos totales como el tiempo de limpieza. Estas mejoras en la coordinación y la planificación podrían ofrecer una solución más eficiente y efectiva en aplicaciones de sistemas multiagentes de limpieza autónoma.

En resumen, este estudio demuestra que incrementar el número de agentes puede mejorar la eficiencia en términos de tiempo, pero también evidencia la necesidad de implementar estrategias de coordinación y movimiento planificado para maximizar tanto la velocidad como la eficiencia operativa en sistemas multiagentes.