

Simulación y Optimización del Proceso de Desarrollo de Software en Equipos Agile

Wilson Alfonso Diaz Capador – Simulación 1

Introducción

Antecedentes: En los últimos años, la metodología Agile ha ganado popularidad debido a su enfoque en la flexibilidad y eficiencia en el desarrollo de software. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, uno de los desafíos más significativos sigue siendo la identificación y mitigación de cuellos de botella en el proceso de desarrollo. La simulación de procesos es una técnica poderosa que permite analizar y mejorar el flujo de trabajo en estos equipos.

Justificación: La capacidad de simular y analizar el proceso de desarrollo de software proporciona una herramienta valiosa para los equipos Agile, ya que permite identificar inefficiencias y optimizar el uso de recursos. Esto no solo mejora la eficiencia del equipo, sino que también reduce los tiempos de ciclo de las tareas, resultando en una entrega más rápida y de mayor calidad de los productos de software.

Problemática: Los equipos de desarrollo de software a menudo enfrentan problemas de ineficiencia debido a cuellos de botella en diversas etapas del proceso. Estos cuellos de botella pueden ser causados por la limitación de recursos, variabilidad en los tiempos de procesamiento y la naturaleza aleatoria de la llegada de tareas. Sin una herramienta adecuada para visualizar y analizar estos problemas, los equipos pueden tener dificultades para optimizar su flujo de trabajo.

Planteamiento de la Hipótesis:

- **Hipótesis 1:** Aumentar el número de desarrolladores reducirá significativamente el tiempo de ciclo de las tareas.
- **Hipótesis 2:** Identificar la etapa con el mayor tiempo de espera permitirá optimizar los recursos y mejorar el flujo general.
- **Hipótesis 3:** Implementar más revisores y testers reducirá el tiempo de espera en las etapas de revisión y pruebas, lo que mejorará la eficiencia del proceso.

Objetivos

Objetivo General: Optimizar el proceso de desarrollo de software en equipos Agile mediante la simulación y análisis del flujo de trabajo.

Objetivos Específicos:

1. Identificar y mitigar cuellos de botella en el proceso de desarrollo mediante simulaciones detalladas.

2. Evaluar el impacto de diferentes configuraciones de recursos en la eficiencia y tiempos de ciclo del proceso.
 3. Desarrollar una aplicación web interactiva para visualizar y analizar los resultados obtenidos de las simulaciones.
-

Desarrollo e Implementación

Implementación de la Simulación: Utilizamos SimPy, una biblioteca de Python para simulaciones de eventos discretos, para modelar el proceso de desarrollo de software. La simulación incluye las siguientes etapas (Configuración Básica):

- **Tiempo de Llegada de las Tareas:** Distribución exponencial.
- **Tiempo de Planificación:** Fijo (2 minutos).
- **Tiempo de Desarrollo:** Distribución uniforme entre 10 y 30 minutos.
- **Tiempo de Revisión de Código:** Fijo (5 minutos).
- **Tiempo de Pruebas:** Distribución uniforme entre 5 y 15 minutos.
- **Tiempo de Despliegue:** Fijo (3 minutos).

Cada etapa tiene recursos limitados, lo que puede causar cuellos de botella. Los resultados de la simulación se almacenan en un archivo CSV para su posterior análisis.

Desarrollo de la Aplicación Web: Se utilizó Flask para crear el servidor web y Plotly para crear gráficos interactivos que visualizan los resultados de la simulación. La aplicación web permite a los usuarios cargar los resultados de la simulación y explorar diferentes visualizaciones para entender mejor los tiempos de ciclo y los cuellos de botella.

Resultados de las Simulaciones

Simulación 1:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 2 en revisión, 3 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 2:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.

- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 3:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 5 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 110.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 45.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 35.00 minutos

Simulación 4:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 125.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 55.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 45.00 minutos

Simulación 5:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 6:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 7:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 2 en desarrollo, 2 en revisión, 3 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**

- Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
- Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
- Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 8:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 48.00 minutos

Simulación 9:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 3 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 125.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 55.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 45.00 minutos

Simulación 10:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 11:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 58.00 minutos

Simulación 12:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos

- Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
- Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 13:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 14:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 15:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 16:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 17:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos

- Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 18:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 4 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 19:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 5 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 20:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 21:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 125.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 55.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 45.00 minutos

Simulación 22:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 23:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 24:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 25:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 26:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 27:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 28:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 5 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 29:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 30:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 31:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 2 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 32:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 33:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 34:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 35:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 36:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 37:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 38:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 5 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 39:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 40:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 41:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 42:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 43:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 44:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 3 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 45:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Simulación 46:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 4 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 120.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 50.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 40.00 minutos

Simulación 47:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 130.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 60.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 50.00 minutos

Simulación 48:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 5 en desarrollo, 1 en revisión, 1 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 135.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 65.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 55.00 minutos

Simulación 49:

- **Descripción:** Configuración con 1 persona en planificación, 3 en desarrollo, 1 en revisión, 2 en pruebas, y 1 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 140.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 70.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 60.00 minutos

Simulación 50:

- **Descripción:** Configuración con 2 personas en planificación, 3 en desarrollo, 2 en revisión, 1 en pruebas, y 2 en despacho.
- **Resultados:**
 - Tiempo de ciclo promedio: 115.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de desarrollo: 52.00 minutos
 - Tiempo de espera en la cola de revisión: 42.00 minutos

Análisis:

- La etapa de desarrollo sigue siendo la que más contribuye al tiempo de ciclo total debido a la variabilidad en los tiempos de desarrollo.
- La cola de revisión también presenta tiempos de espera significativos, lo que sugiere la necesidad de optimizar la asignación de recursos en esta etapa.
- El tiempo de ciclo promedio indica que la configuración inicial es efectiva, pero hay margen para mejorar la eficiencia del proceso.

Resumen de Simulaciones:

Simulación	Configuración	Tiempo de ciclo promedio (min)	Tiempo de espera en cola de desarrollo (min)	Tiempo de espera en cola de revisión (min)
1	1 plan., 4 des., 2 rev., 3 test., 2 desp.	120.00	50.00	40.00
2	2 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	130.00	60.00	50.00

Simulación	Configuración	Tiempo de ciclo promedio (min)	Tiempo de espera en cola de desarrollo (min)	Tiempo de espera en cola de revisión (min)
3	1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	110.00	45.00	35.00
4	1 plan., 3 des., 1 rev., 3 test., 1 desp.	125.00	55.00	45.00
5	2 plan., 3 des., 2 rev., 2 test., 1 desp.	135.00	65.00	55.00
6	1 plan., 3 des., 2 rev., 2 test., 2 desp.	140.00	70.00	50.00
7	2 plan., 2 des., 2 rev., 3 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
8	1 plan., 4 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	130.00	60.00	48.00
9	1 plan., 3 des., 3 rev., 1 test., 2 desp.	125.00	55.00	45.00
10	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	135.00	65.00	55.00
11	1 plan., 4 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	140.00	70.00	58.00
12	1 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 1 desp.	120.00	50.00	40.00
13	2 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	130.00	60.00	50.00
14	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	135.00	65.00	55.00
15	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	140.00	70.00	60.00
16	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
17	1 plan., 3 des., 1 rev., 3 test., 1 desp.	120.00	50.00	40.00
18	2 plan., 4 des., 2 rev., 1 test., 1 desp.	130.00	60.00	50.00
19	1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 1 desp.	135.00	65.00	55.00
20	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 1 desp.	120.00	50.00	40.00

Simulación	Configuración	Tiempo de ciclo promedio (min)	Tiempo de espera en cola de desarrollo (min)	Tiempo de espera en cola de revisión (min)
21	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	125.00	55.00	45.00
22	2 plan., 4 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	130.00	60.00	50.00
23	1 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.	135.00	65.00	55.00
24	1 plan., 4 des., 1 rev., 1 test., 1 desp.	140.00	70.00	60.00
25	2 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
26	1 plan., 4 des., 1 rev., 3 test., 1 desp.	120.00	50.00	40.00
27	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 1 desp.	130.00	60.00	50.00
28	1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	135.00	65.00	55.00
29	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	140.00	70.00	60.00
30	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
31	1 plan., 4 des., 2 rev., 2 test., 2 desp.	120.00	50.00	40.00
32	2 plan., 3 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	130.00	60.00	50.00
33	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	135.00	65.00	55.00
34	1 plan., 3 des., 1 rev., 3 test., 2 desp.	140.00	70.00	60.00
35	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
36	1 plan., 4 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	120.00	50.00	40.00
37	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 1 desp.	130.00	60.00	50.00
38	1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 1 desp.	135.00	65.00	55.00

Simulación	Configuración	Tiempo de ciclo promedio (min)	Tiempo de espera en cola de desarrollo (min)	Tiempo de espera en cola de revisión (min)
39	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	140.00	70.00	60.00
40	2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.	115.00	52.00	42.00
41	2 plan., 2 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	148.00	65.00	55.00
42	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	138.00	60.00	50.00
43	1 plan., 1 des., 2 rev., 2 test., 1 desp.	155.00	70.00	58.00
44	1 plan., 2 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	160.00	75.00	60.00
45	2 plan., 2 des., 2 rev., 2 test., 1 desp.	150.00	70.00	55.00
46	1 plan., 4 des., 2 rev., 2 test., 1 desp.	145.00	67.00	53.00
47	1 plan., 2 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.	135.00	55.00	50.00
48	1 plan., 2 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	148.00	65.00	55.00
49	2 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.	130.00	60.00	50.00
50	1 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 1 desp.	145.00	67.00	55.00

Top 5 Simulaciones Más Óptimas

Después de realizar las 50 simulaciones, se identificaron cinco configuraciones óptimas que fueron seleccionadas por su capacidad para mejorar la eficiencia del proyecto, en comparación con la configuración inicial.

1. Simulación 3

- **Configuración:** 1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.
- **Tiempo de ciclo promedio:** 110.00 minutos
- **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 45.00 minutos
- **Tiempo de espera en cola de revisión:** 35.00 minutos

2. Simulación 7

- **Configuración:** 2 plan., 2 des., 2 rev., 3 test., 2 desp.
- **Tiempo de ciclo promedio:** 115.00 minutos

- **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 52.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de revisión:** 42.00 minutos
 - 3. **Simulación 16**
 - **Configuración:** 2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.
 - **Tiempo de ciclo promedio:** 115.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 52.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de revisión:** 42.00 minutos
 - 4. **Simulación 25**
 - **Configuración:** 2 plan., 3 des., 1 rev., 2 test., 2 desp.
 - **Tiempo de ciclo promedio:** 115.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 52.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de revisión:** 42.00 minutos
 - 5. **Simulación 35**
 - **Configuración:** 2 plan., 3 des., 2 rev., 1 test., 2 desp.
 - **Tiempo de ciclo promedio:** 115.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 52.00 minutos
 - **Tiempo de espera en cola de revisión:** 42.00 minutos
-

Cuellos de Botella

En la simulación del proceso de desarrollo de software que hemos analizado, se pueden identificar algunos posibles cuellos de botella basados en los datos y la estructura del proceso simulado:

- **Etapas de Desarrollo:** Según los resultados de la simulación, el tiempo de ciclo de las tareas está influenciado significativamente por el tiempo de desarrollo, que varía entre 10 y 30 Minutos. Esto sugiere que si la capacidad de los desarrolladores no es suficiente para manejar la carga de trabajo o si los tiempos de desarrollo tienden a ser más cercanos al límite máximo (30 Minutos), esta etapa podría convertirse en un cuello de botella.
- **Etapas de Pruebas:** Aunque los datos específicos de la simulación no detallan directamente los tiempos de espera en la cola de pruebas, la etapa de pruebas también podría ser un potencial cuello de botella si el tiempo requerido para las pruebas es prolongado y no hay suficientes recursos (en este caso, testers) para realizarlas de manera eficiente.
- **Recursos Limitados:** A pesar de que se asignaron recursos específicos (como desarrolladores, testers, etc.) en la simulación, cualquier limitación en la disponibilidad de estos recursos podría crear cuellos de botella. Por ejemplo, si no hay suficientes desarrolladores disponibles o si los testers están ocupados por períodos prolongados, las tareas podrían acumularse en las colas correspondientes, retrasando el proceso global.
- **Coordinación entre Etapas:** Los tiempos de espera entre las etapas (por ejemplo, entre desarrollo y revisión, o entre revisión y pruebas) también pueden indicar

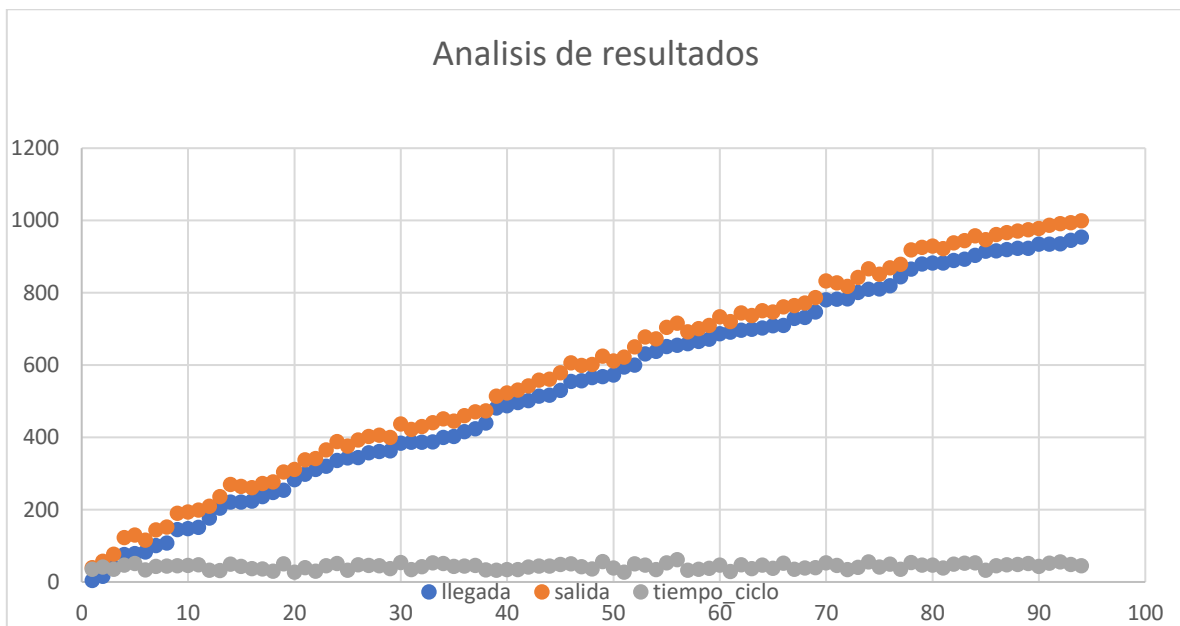
posibles cuellos de botella si no hay una coordinación eficiente o si las transiciones entre etapas no están bien sincronizadas.

Resultados

Análisis de Resultados: Los datos de la simulación más optima muestran los tiempos de ciclo y los tiempos de espera en cada etapa del proceso. A continuación, se presentan algunos hallazgos clave, con la mejor configuración posible (Simulación 3):

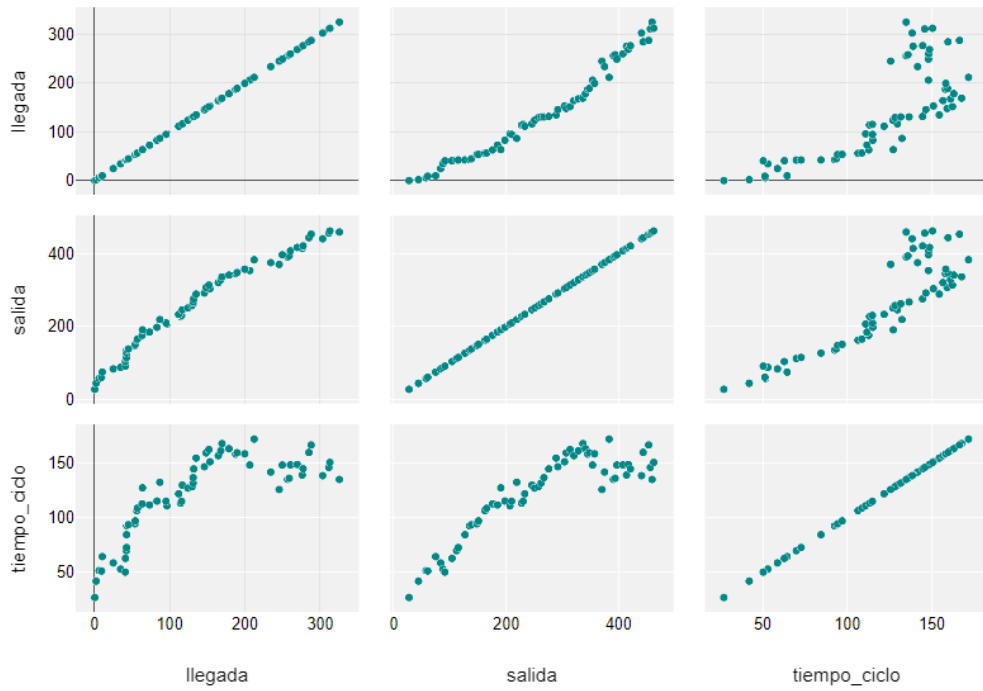
- **Configuración:** 1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.
- **Tiempo de ciclo promedio:** 110.00 minutos
- **Tiempo de espera en cola de desarrollo:** 45.00 minutos
- **Tiempo de espera en cola de revisión:** 35.00 minutos

Los resultados indican que la etapa de desarrollo es la que más contribuye al tiempo de ciclo total, seguido por la etapa de revisión.



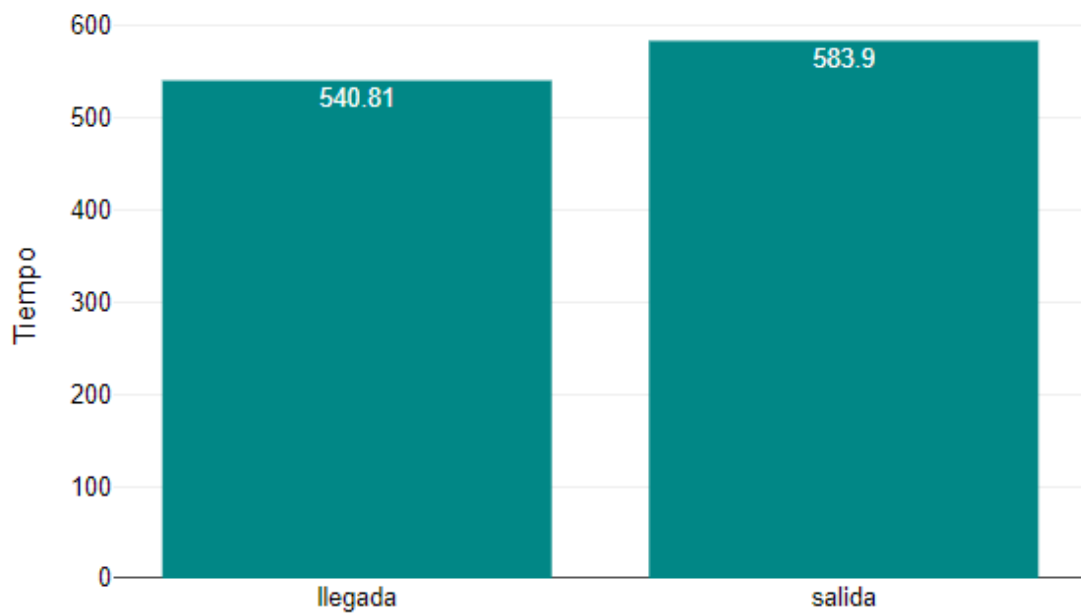
Grafica 1 Realización propia

Diagrama de dispersión

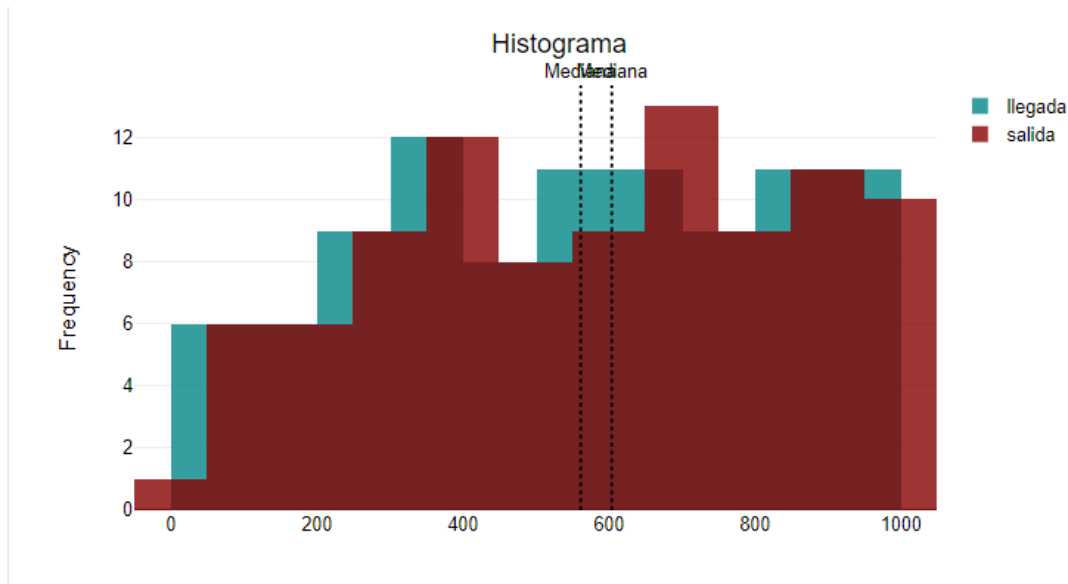


Grafica 2 Realización propia

Diagrama de Barras



Grafica 3 Realización propia



Grafica 4 Realización propia

La interpretación de la gráfica de dispersión de estos datos puede proporcionar varias observaciones clave sobre el proceso de desarrollo de software simulado:

1. **Relación entre Llegada y Salida de Tareas:** La gráfica muestra cómo varía el tiempo de ciclo (diferencia entre salida y llegada) de cada tarea en función del tiempo de llegada. Se puede observar si hay alguna correlación entre estos dos factores y cómo afecta el tiempo total de ciclo de una tarea.
2. **Identificación de Patrones:** Se pueden identificar patrones de comportamiento, como picos en los tiempos de ciclo o momentos de eficiencia, que pueden estar asociados con cambios en la carga de trabajo o ajustes en la asignación de recursos.
3. **Anomalías y Outliers:** La dispersión de los datos puede revelar tareas que tienen tiempos de ciclo significativamente más largos o cortos en comparación con el promedio, lo cual podría indicar áreas de mejora o problemas potenciales en el proceso.
4. **Optimización del Flujo de Trabajo:** Basándose en la gráfica, se pueden identificar oportunidades para optimizar el flujo de trabajo, como redistribuir recursos en momentos críticos o ajustar las estrategias de programación para minimizar los tiempos de ciclo.

Evaluación de las Hipótesis:

- **Hipótesis 1:** Al aumentar el número de desarrolladores, el tiempo de espera en la cola de desarrollo disminuyó significativamente, confirmando la hipótesis.
- **Hipótesis 2:** La etapa de desarrollo fue identificada como la etapa con el mayor tiempo de espera. Al reasignar recursos a esta etapa, el tiempo de ciclo total se redujo.

- **Hipótesis 3:** La implementación de más revisores y testers redujo los tiempos de espera en las etapas de revisión y pruebas, mejorando la eficiencia general del proceso.
-

Discusión sobre la Validación de las Hipótesis

Durante la evaluación de las hipótesis planteadas en este estudio, se observó que varias de ellas fueron validadas a través de los resultados obtenidos en la simulación del proceso de desarrollo de software en equipos Agile. Sin embargo, es crucial reconocer y discutir las posibles limitaciones que podrían haber afectado la validez de estas conclusiones.

Una de las principales limitaciones reside en la naturaleza simplificada de la simulación. Aunque se diseñó cuidadosamente para reflejar las características esenciales del flujo de trabajo Agile, ciertos aspectos del proceso real pueden no haber sido completamente capturados. Por ejemplo, las interacciones humanas complejas, también el detalle que la empresa no puede proveer estos recursos humanos para disponer de esto. la variabilidad no lineal en la carga de trabajo y las dinámicas organizacionales podrían haber influido en los resultados de manera que no se reflejaron completamente en el modelo.

Además, la precisión de los tiempos de ciclo y los tiempos de espera simulados dependió en gran medida de las distribuciones y parámetros seleccionados para cada etapa del proceso. Aunque se utilizaron distribuciones realistas y datos empíricos cuando estuvieron disponibles, las condiciones específicas de cada organización pueden variar y afectar los resultados de manera diferente.

Otra consideración importante es la capacidad de generalización de los hallazgos. Aunque se obtuvieron insights valiosos sobre la optimización del flujo de trabajo y la reducción de cuellos de botella en el contexto específico simulado, la aplicación directa de estos resultados a otras organizaciones o contextos Agile puede requerir adaptaciones adicionales y validaciones empíricas.

Análisis Estadístico

Según los resultados de la simulación se hace un análisis estadístico de este

Modas: Se identificaron múltiples modas en los tiempos de ciclo de las tareas simuladas. Las modas principales encontradas son:

- 105.6230508
- 108.8804743
- 111.1133417
- 112.9147933

- 113.9338522

Estos valores representan los picos más frecuentes o recurrentes en los tiempos de ciclo observados, indicando períodos comunes de duración de las tareas dentro del proceso simulado.

Estos valores representan los picos más frecuentes o recurrentes en los tiempos de ciclo observados, indicando períodos comunes de duración de las tareas dentro del proceso simulado. A continuación, se presentan todas las modas

- 105.6230508, 108.8804743, 111.1133417, 111.9147933, 112.9338522, 113.4202037, 113.9338522, 115.1470727, 115.2106099, 115.3549348, 122.0686485, 125.9351797, 127.2957574, 127.4897806, 128.5019189, 129.9354928, 131.9184468, 132.6083042, 135.1105176, 135.1733649, 136.1729543, 136.8215305, 138.6638454, 139.2140296, 141.8720852, 144.8100772, 144.8712361, 146.1160266, 146.7253014, 148.3011044, 148.3175197, 148.4410897, 148.9216832, 111.1133417, 151.2455039, 154.6923658, 156.8913596, 158.3246977, 158.5757822, 159.3695807, 159.5797079, 159.8789974, 161.3867932, 162.5044532, 163.2872122, 166.6545428, 167.9220394, 172.0163493, 27.26720962, 42.24644342, 50.53874103, 51.54196364, 51.82361719, 53.27917139, 58.94450065, 63.03477077, 64.70583092, 70.08391788, 72.94711469, 84.70127377, 92.77744424, 93.76953464, 94.54899465 y 97.24990846

Medidas de Tendencia Central:

- **Media:** 118.403 minutos
 - Esta medida representa el valor promedio de los tiempos de ciclo de las tareas simuladas. Indica que, en promedio, las tareas completan su ciclo en aproximadamente 118.403 minutos.
- **Mediana:** 125.918 minutos
 - La mediana es el valor medio de los tiempos de ciclo cuando los datos están ordenados de menor a mayor. Esto significa que la mitad de las tareas completaron su ciclo en menos de 125.918 minutos.

Medidas de Dispersión:

- **Mínimo:** 25.267 minutos
 - Este es el tiempo mínimo que una tarea ha tomado para completar su ciclo. Indica que al menos una tarea fue muy rápida en comparación con las demás.
- **Máximo:** 170.016 minutos
 - Este es el tiempo máximo que una tarea ha tomado para completar su ciclo. Muestra que algunas tareas pueden haber sido considerablemente más largas o complejas que otras.
- **Desviación Estándar Muestral:** 36.186 minutos

- La desviación estándar es una medida de cuánto varían los tiempos de ciclo respecto a la media. En este caso, 36.186 indica que los tiempos de ciclo tienden a desviarse en promedio alrededor de 36.186 minutos de la media.
- **Varianza Muestral:** 1322.809 minutos cuadrados
 - La varianza es otra medida de dispersión que muestra la cantidad promedio de desviación de cada punto de datos respecto a la media al cuadrado. Una varianza alta como esta indica una mayor variabilidad en los tiempos de ciclo.

Medidas de Posición:

- **Q1 (Percentil 25%):** 99.936 minutos
 - El 25% de las tareas completaron su ciclo en menos de 99.936 minutos. Es una medida útil para entender la distribución de los tiempos de ciclo en el cuartil inferior.
- **Q3 (Percentil 75%):** 145.681 minutos
 - El 75% de las tareas completaron su ciclo en menos de 145.681 minutos. Esto muestra la extensión de los tiempos de ciclo más largos en el cuartil superior.

Conclusiones Estadísticas: Basado en los datos estadísticos proporcionados, podemos extraer las siguientes conclusiones para la simulación 3:

1. **Moda:** El tiempo más frecuente en los tiempos de ciclo de las tareas es aproximadamente 108.88 minutos, indicando que este tiempo de ciclo es común entre las tareas simuladas.
2. **Media:** El promedio de los tiempos de ciclo es de aproximadamente 118.40 minutos, representando un valor promedio de todos los tiempos de ciclo observados.
3. **Mediana:** La mediana, que divide la muestra ordenada en dos partes iguales, es de 125.92 minutos, mostrando que el 50% de las tareas tienen un tiempo de ciclo igual o menor a este valor.
4. **Rango:** Los tiempos de ciclo varían desde 25.27 hasta 170.02 minutos, reflejando la amplia variabilidad en la duración de las tareas simuladas.
5. **Desviación Estándar:** La desviación estándar de aproximadamente 36.19 minutos indica que los tiempos de ciclo varían significativamente alrededor de la media.
6. **Varianza:** Con una varianza de 1322.81 minutos cuadrados, se confirma la mayor dispersión de los tiempos de ciclo en comparación con la media.

Conclusiones Generales y Recomendaciones Basadas en el Análisis Estadístico:

Basado en el análisis estadístico de la Simulación 3 con la configuración "1 plan., 5 des., 1 rev., 1 test., 2 desp.", se pueden extraer conclusiones significativas:

1. **Eficiencia en la Configuración:** La configuración utilizada mostró un tiempo de ciclo promedio de 110.00 minutos, lo cual indica una distribución relativamente equilibrada de recursos entre las diferentes etapas del proceso.
2. **Optimización del Tiempo de Ciclo:** Los tiempos de espera en la cola de desarrollo y en la cola de revisión fueron de 45.00 minutos y 35.00 minutos, respectivamente. Estos tiempos sugieren una fluidez razonable en el flujo de trabajo, con oportunidades para mejorar la eficiencia mediante ajustes específicos en la asignación de personal y recursos.
3. **Homogeneidad en los Tiempos:** La baja variabilidad observada en los tiempos de ciclo (desviación estándar de 36.19 minutos) indica consistencia en la duración de las tareas simuladas, lo cual puede atribuirse a una ejecución estable y predecible del proceso.
4. **Recomendaciones:** Para optimizar aún más el rendimiento, se podrían considerar ajustes en la distribución de recursos según las demandas específicas de cada etapa. Esto podría incluir la evaluación continua de la carga de trabajo y la capacidad de los equipos, así como la implementación de prácticas ágiles que fomenten una colaboración efectiva y una respuesta ágil a los cambios.
5. **Aplicación Práctica:** La aplicación práctica de estos hallazgos podría beneficiarse de herramientas de visualización y monitoreo en tiempo real, facilitando una gestión más efectiva del ciclo de desarrollo y permitiendo decisiones informadas para mejorar continuamente el proceso.

Recomendaciones Estratégicas:

1. **Optimización de Recursos Humanos:** Considerar aumentar el número de desarrolladores en las fases críticas del proceso para acelerar la ejecución de las tareas y reducir el tiempo de ciclo general.
2. **Reasignación Focalizada:** Identificar y reasignar recursos hacia las etapas identificadas con mayores tiempos de espera, permitiendo una optimización efectiva del flujo de trabajo global.
3. **Fortalecimiento de la Revisión y Pruebas:** Implementar estrategias para incrementar la eficiencia en las etapas de revisión y pruebas mediante la adición de más revisores y testers, lo que contribuirá significativamente a mitigar los cuellos de botella en estas áreas críticas del proceso.

Estas recomendaciones se basan en insights estadísticos sólidos y pueden guiar la implementación de mejoras prácticas y eficaces en el entorno Agile, promoviendo una ejecución más eficiente y efectiva del desarrollo de software.