Resolución de Metodo Lingo

Ejercicio B: Cadena de Montaje de Aviones

Ángel María Mármol Fernández

Antonio Martínez Rojas

Jorge Manuel Molina Domínguez

Pablo Narváez Sierra

Contenido

[1. Introducción y Objetivos 2](#_Toc536442243)

[2. Análisis de requisitos 3](#_Toc536442244)

[3. Diseño e implementación de la situación de partida 4](#_Toc536442245)

[4. Pruebas y propuesta de mejoras 5](#_Toc536442246)

[4.1 Prueba Caso Inicial 5](#_Toc536442247)

[4.2 Pruebas 5](#_Toc536442248)

[4.3 Mejoras 5](#_Toc536442249)

[5. Conclusiones 5](#_Toc536442250)

# Introducción y Objetivos

Con este documento explicaremos y expondremos tanto el ejercicio al que nos hemos enfrentado, como los resultados obtenidos.

La practica consiste en llevar a cabo una simulación en arena sobre la situación actual de una empresa aeronáutica que se dedica a construir aviones, con el objetivo de obtener medias y cálculos de productividad y efectividad para poder entonces optimizar dicha producción cambiando los valores que sean necesarios y así sacar un máximo rendimiento a los recursos que dispone y necesitara la empresa.

Dicho desafío será llevado a cabo por Ángel María Mármol Fernández, Antonio Martínez Rojas, Jorge Manuel Molina Domínguez y Pablo Narváez Sierra, los cuales nos encargaremos de modelar el problema en el programa Arena, como la creación de este mismo documento.

Documento el cual lo dividiremos en cuatro apartados:

Primero: Expondremos el problema al cual nos enfrentamos señalando los puntos y requisitos más importantes.

Segundo: Explicaremos el modelo que se ha llevado a cabo en el programa Arena.

Tercero: Analizaremos los resultados que se ha conseguido con los datos iniciales del problema, así como los resultados obtenidos en diferentes pruebas realizadas en la búsqueda de la solución óptima y por último explicaremos las propuestas que aconsejamos que se realicen para optimizar la producción.

Cuarto: Por último, explicaremos que dificultades nos hemos encontrado al realizar la practica como también que nos ha ayudado aprender y ventajas que hemos obtenido de cara a nuestro futuro.

# Análisis de requisitos

Estamos ante una planta de montaje de una empresa aeronáutica la cual se compone de 3 estaciones distintas y en cada estación se realizan 3 operaciones distintas de forma consecutiva, en las cuales cada operación necesita de un tipo de herramienta específica, de las cuales solo se tiene una única herramienta de cada tipo.

Los tiempos de duración de cada operación de cada estación son los siguientes:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tiempo de operación por estación y operación (en horas) | | | |
| Estación | Operación 1 | Operación 2 | Operación 3 |
| 1 | 2 | 3 | 2.5 |
| 2 | 4 | 1.5 | 6 |
| 3 | 2.5 | 4 | 6 |

Y el tipo de herramienta necesaria en cada operación es:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tiempo de Herramienta a usar en cada estación y operación | | | |
| Estación | Operación 1 | Operación 2 | Operación 3 |
| 1 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 4 | 3 | 1 |
| 3 | 1 | 2 | 4 |

Hay que tener en cuenta que cada operación se necesitara únicamente una sola herramienta, pero hay que tener en cuenta que cada herramienta la maneja un operario que trabaja en turnos de 8h y tienen derecho a un descanso de 15min cuando se cumplen 4h de su turno, que entonces las operaciones de la planta se paralizan y al terminar los 15 minutos los trabajadores regresan al trabajo desde donde lo dejaron.

También hay que tener en cuenta que en cada estación solo se puede tener un avión trabajando al mismo tiempo, y que no podrá ser enviado a la estación siguiente hasta que la estación este libre, manteniéndose por lo tanto en la estación actual en espera hasta que la siguiente estación este libre, por lo tanto, se puede tener hasta tres aviones trabajando al mismo tiempo en la cadena de montaje, una por cada estación.

Por último, tener en cuenta que aunque en la primera estación siempre se empezará a trabajar en una nueva pieza de forma instantánea cada vez que esta este libre, hay que considerar que hay un tiempo de transporte de 3horas entre la primera y segunda estaciones, y un tiempo de 6h entre la segunda y tercera estaciones, señalar que al ser cintas de transporte automáticas las que se encargan del transporte y no depende de intervención humana, la operaciones de transporte no se paralizaran durante el descanso de los trabajadores.

Se desea por lo tanto saber los tiempos medios de espera, así como la utilización de las herramientas y que demos una solución al modelo para poder optimizar la producción con el menor número posible de herramientas.

# Diseño e implementación de la situación de partida

El Modelo implementado se divide en cuatro partes bien divididas:

La primera parte es únicamente auxiliar y es la que “crea” las nuevas piezas de la primera estación, el funcionamiento es que el Create crea una única pieza en T0 la cual pasamos por un Separate para copiarla mandando la original a la Primera estación con un tiempo 0 de transporte y la copia la guardamos en un Hold que liberara la pieza guardada cuando reciba la señal de que la estación 1 este libre y la mandara de nuevo al Separate para volverla a copiar y repetir el ciclo. Esto se debe ya que según el enunciado las piezas de la estación 1 no llegan de una forma temporal, si no que instantáneamente se empieza a trabajar en una nueva pieza en la estación 1 cuando esta queda libre, de este modo podemos simular ese comportamiento.

La segunda parte corresponde a la estación 1 en que la pieza pasa por 3 procesos correspondiente a las 3 operaciones perteneciente a dicha estación, en los cuales se utilizan las herramientas correspondientes en cada una de ellas y liberando su uso al finalizar el proceso. A continuación, se comprueba si hay espacio en la estación 2, si esta libre la pieza se manda directamente utilizando un Route para poder representar el tiempo de traslado y si no lo hay la pieza se manda a un Hold para mantener la pieza hasta que la estación 2 quede libre. Solo después de esta Decide, la pieza pasa por una señal, que simboliza que la estación 1 queda libre, que se manda al Hold de la primera parte para que se empiece la producción de una nueva pieza. Al mismo tiempo utilizamos un Assign para señalizar el momento en que la pieza llega a la estación 1, lo cual nos servirá para poder calcular el tiempo que la pieza tarda en pasar por las 3 operaciones y el tiempo que la pieza tarda en total dentro de la estación incluido su bloqueo.

La tercera parte, que corresponde a la segunda estación, es idéntica a la segunda parte, con la diferencia de las herramientas usadas en las operaciones y los tiempos generales, el Decide comprueba la disponibilidad de la tercera estación y la señal es para el Hold de la primera parte y la pieza es mandada a la tercera estación.

La cuarta y ultima parte la cual corresponde a la tercera estación es también parecida a la segunda y tercera parte, con las diferencias debidas de tiempos y herramientas, etc… pero a diferencia de las estaciones anteriores, no tiene un Decide y directamente manda la señal que queda libre la estación al Hold de la estación 2 y después las piezas pasan al Dispose, que simboliza el fin de producción de esa pieza y nos ayuda saber cuantas se han terminado de producir.

En referencia a los turnos de descanso, se ha omitido directamente la figura de los operarios ya que no son necesarios y se ha puesto un horario de trabajo a los tipos de herramientas con capacidad de 1 herramienta de cada tipo, así como los horarios de tipo PREEMPT.

La unidad temporal de la simulación esta configurada en horas.

# Pruebas y propuesta de mejoras

## Prueba Caso Inicial

Con el caso inicial de partida, el cual es tener en posesión una única herramienta de cada tipo los resultados son:

Mirar en el contador del dispose, y mirar como ha quedado la simulación

Que se han terminado con éxito 8 aviones, 1 se ha quedado en mitad del trabajo de la tercera operación de la estación 3, y se han quedado 1 avión en espera en la estación 2 y otro en la estación 1, siendo así que se han empezado a trabajar en un total de 11 aviones.

Mirar en Avion.TotalTime, Avion.WaitTime

Sin olvidarnos de los siguientes tiempos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.750 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Mirar en TiempoTotalEstacionX, TiempoTotalOperacionesEstacionX, Avion en Espera en Estacion 1.Queue.Waitin y Avion en Espera en Estacion 2.Queue.Waitin

Además, se pueden observar otros tiempos medios como:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Sobre las herramientas se pueden sacar la siguiente información:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |

NumberBusy hace referencia a la media de tiempo que las herramientas de ese tipo han estado ocupadas a lo largo del tiempo y Utilization hace referencia al tiempo de uso de cada una de las herramienta de un tipo en concreto. En este caso coinciden los valores porque solo disponemos, como explicado al principio, una herramienta de cada tipo.

Recordar multiplicar por 100 para sacar los %

De estos valores de herramientas deducimos que las herramientas 1,2 y 4 han estado ocupadas únicamente poco mas del 50% del tiempo y la herramienta 3 torno a un 8%

Hasta aquí más o menos copy/paste cabiendo los valores y el párrafo inicial solo indicar que cantidad de herramientas de cada tipo trabajamos.

A continuación, escribir un pequeño párrafo comparando los datos obtenidos respecto a los de la situación inicial, es decir que este párrafo, ↓, ignorarlo y no lo copieis.

De ello podemos extrapolar que aumentar el numero de herramientas puede que no se traduzca en una mayor producción de aviones completados en el tiempo fijo, pero si se pudiese mejorar los tiempos de espera de los aviones y reducir el tiempo que tardan en recibir los aviones las operaciones de cada estación, traduciéndose pues en una mayor producción de aviones completados en un espacio de tiempo mayor de 8 días.

## Pruebas

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-1-1-1

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |

Aumentar la herramienta 1 hasta 3 unidades no ha surtido ningún cambio al resultado de la simulación

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-1-1-2

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.50893 | 0.08036 | 0.26488 |

Junto al cambio anterior, aumentar la herramienta 4 hasta 2 unidades no ha surtido ningún cambio al resultado de la simulación.

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-2-1-1

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.25446 | 0.08036 | 0.52976 |

Junto al primer cambio, aumentar la herramienta 2 hasta 2 unidades no ha surtido ningún cambio al resultado de la simulación.

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-2-1-2

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.25446 | 0.08036 | 0.26488 |

Unir los tres cambios anteriores no ha surtido ningún cambio en los resultados de la simulación.

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-3-1-1

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.16964 | 0.08036 | 0.52976 |

Aumentar la herramienta 2 hasta 3 unidades no ha surtido ningún cambio en los resultados de la operación.

## 4.2.X Configuración de herramientas 3-3-1-2

Los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

Nº de aviones terminados: 8

Nº de aviones empezados: 11

Estadísticas de tiempo en fábrica:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Media | Mínimo | Máximo |
| Tiempo total de estancia en la fabrica | 69 h | 41.5h | 75.75 h |
| Tiempo Total de Espera de los aviones | 28.5 h | 1h | 35.25 h |

Estadísticas de tiempo en estaciones:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
| Tiempo Total de estancia | 18.906h | 15.906h | 12.906h |
| Tiempo Total en recibir las operaciones | 7.7222h | 11.888h | 12.906h |
| Tiempo de espera en la estación | 11.187h | 4.0312h | - |

Estadísticas sobre las herramientas:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Herramienta 1 | Herramienta 2 | Herramienta 3 | Herramienta 4 |
| NumberBusy | 0.55506 | 0.50893 | 0.08036 | 0.52976 |
| Utilization | 0.18502 | 0.16964 | 0.08036 | 0.26488 |

Junto al cambio anterior, aumentar la herramienta 4 hasta 2 unidades no ha surtido ningún cambio en el resultado de la simulación.

## Mejoras

# Conclusiones