

$$\frac{4(11) + 3(11) + 2(11) + 1(11) + 0(5)}{60} = 1.83 \text{ autobuses}$$

c) Un autobús, el #4 de la tabla, permanece en el sistema durante 11 minutos. Ya que se le proporciona el servicio cuando llega. El segundo autobús, el #1 de la tabla, espera 11 minutos antes de recibir el servicio, así que permanece en el sistema durante 22 minutos. De manera similar, los otros 3 autobuses pasan respectivamente 33, 44 y 55 minutos en el sistema. Por lo tanto, el tiempo promedio que un autobús permanece en el sistema es  $W = \frac{11 + 22 + 33 + 44 + 55}{5} = 33$  minutos.

b)  $W_d = \frac{4(0) + 3(11) + 2(22) + 1(33) + 0(44)}{5} = 22$  minutos. Este es un sistema D/D/1 que opera en el tiempo de espera y de llegada en un estado de equilibrio.

Se elabora una tabla donde muestra la historia del sistema durante un periodo de una hora, en los momentos de llegada y salida. Ya que el orden del servicio es aleatorio, la secuencia de llegada es una muestra de las posibles secuencias de llegada de autobuses.

Reloj simulado	Clientes en servicio	línea de espera
0	#4	#3, #1, #2, #5
11	#1	#3, #2, #5
22	#5	#3, #2
33	#3	#2
44	#2	
55		

a) Hay 5 clientes en la instalación del momento 0 al 11, 4 clientes de 11 a 22, 3 clientes de 22 a 33, 2 clientes de 33 a 44 y 1 cliente de 44 a 55, y cada intervalo es de 11 minutos. Además no hay clientes en la instalación del momento 55 a 60 o sea 5 minutos. Entonces, el promedio de clientes en la instalación es:

$$\frac{5(11) + 4(11) + 3(11) + 2(11) + 1(11) + 0(5)}{60} = 2.75 \text{ autobuses}$$

b) El número promedio de clientes en la línea de espera, es decir aquellos autobuses en espera pero que aun no están en el servicio:

### PROBLEMAS PROPUESTOS

1.- Una mina de carbón opera su propio puerto de carga de barcasas, que consiste en un muelle con las instalaciones automáticas de descarga de vagones de ferrocarril. Se conocen los datos siguientes:

a) Los registros pasados de llegadas de barcasas durante un intervalo de 200 días muestran lo siguiente:

Número de llegadas	Número de días
0	18
1	61
2	80
3	37
4	16
5	4

b) Los registros pasados de tiempos de ocupación del muelle por las barcasas sugieren que el tiempo de ocupación de las barcasas es un proceso de Poisson. ¿Cuál es la tasa promedio por día?

c) Para que niveles de significación se acepten la hipótesis de llegadas o tiempos es poissoniano? Puede concluirse que la aproximación poissoniana es lo suficientemente buena? ¿Cuál es la tasa promedio por día?

## "PROBLEMAS PROPUESTOS DE LINEAS DE ESPERA"

1.- En un puerto de embarque de pasajeros se conocen los datos siguientes:

a) El tiempo promedio de ocupación de muelles es de casi un tercio del día laboral. Para que niveles de justificación se acepten la hipótesis de que los tiempos de ocupación se distribuyen aproximadamente en forma exponencial con media de 1/3?

b) Determine las probabilidades de estado estable para este sistema de líneas de espera.

c) ¿Qué fracción de tiempo está desocupado el muelle?

d) ¿Cuál es el número promedio de barcasas en la espera de ser cargadas?

e) ¿Cuál es el tiempo promedio de espera por llegada de barcasas?



**PROBLEMAS PROPUESTOS**

1.-Una mina de carbón opera su propio puerto de carga de barcazas, que consiste en un muelle con las instalaciones automáticas de descarga de vagones de ferrocarril.

a) Los registros pasados de llegadas de barcazas durante un intervalo de 200 días muestran lo siguiente:

Numero de llegadas diarias	0	1	2	3	4	5	6
Numero de días	18	61	60	37	16	4	4

Para que niveles de significación se aceptaría la hipótesis de llegadas o arribos es poissoniano?. Puede concluirse que la aproximación poissoniana es lo suficientemente buena?. Cual es la tasa promedio por día?.

b) Los registros pasados de tiempos de ocupación del muelle por las barcazas muestra las siguientes frecuencias acumuladas.

Fracción del día laboral	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Número de tiempos menores de ocupación	24	42	53	63	75	85	90	94	98	100

El tiempo promedio de ocupación de muelles es de casi un tercio del día laboral. Para que niveles de justificación se aceptaría la hipótesis de que los tiempos de ocupación se distribuyen aproximadamente en forma exponencial con media de 1/3?.

2.- hora con los datos del problema anterior pero considerando una tasa promedio diario de llegada de 2 y unos tiempos de ocupación que pueden considerarse como los tiempos de servicio para cargar las barcazas con un tiempo promedio de 1/3 de día.

- a) Determinése las posibilidades de estado estable para este sistema de líneas de espera.
- b) Que fracción de tiempo esta desocupado el muelle?
- c) Cual es el numero promedio de barcazas en la espera de ser cargadas?
- d) Cual es el tiempo promedio de espera por llegada de barcaza?

3.-La gerencia de la mina del ejercicio anterior considera la instalación de nuevas instalaciones de

descarga de vagones de ferrocarril lo que aceleraría el proceso de carga de las barcazas. Se consideran dos tipos de instalaciones: Una con un tiempo promedio de carga de barcazas 0.5 día laboral y un costo diario de operación \$800, y el otro con un tiempo promedio de carga de 0.2 día laboral y con un costo diario de operación de \$1000. El sistema actual tiene un costo diario de operación de \$700 y el costo del tiempo de espera y de servicio a una barcaza es de \$500 diarios. Determinése las características de operación necesarias para calcularlos costos de operación para cada uno de los tres sistemas(lea actual y las dos nuevas posibilidades).

Que instalación tiene el menor costo diario total?

4.- Un servicio de lavado de automóviles en un centro comercial muy activo determina las siguientes frecuencias de horas de llegadas de automóviles que solicitan servicios. Pruébese si el factor de llegada es poissoniano.

Num llagadas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Frecuencia	1	3	5	14	20	41	68	73	77	65	52	29	20	18	6	5	3

5.- En un proceso de producción una pieza al salir de forja tiene que pasar por troquelado, niquelado y empaquetado para cada proceso se cuenta con una máquina especial. El insumo de todo ese proceso es una barra de acero. Se reciben un promedio de 150 barras de acero cada hora.

Se tiene la siguiente información:

Actividad	Forja	Troquelado	Niquelado	Empaquetad
Tiempo promedio de una pieza en minutos	1/8	1/4	1/5	1/2

Cual es la probabilidad de que al entrara una barra de acero al sistema existan 2 piezas en forja, ninguna en troquelado, dos en niquelado y ninguna en empaquetado?