

Simulación

Teoría de Colas



Ejemplo Teoría de Colas

Una bodega tiene un muelle utilizado para descargar los vagones de carga. Los que llegan se envían a la bodega durante la noche. Se necesita exactamente medio día para descargar un vagón de carga. Si más de dos de éstos se encuentran en espera de ser descargados en un determinado día se pospone el descargue de uno de ellos hasta el día siguiente. El muelle tiene una tasa de servicio promedio de 2 por día y de un estudio realizado en los últimos 100 días se obtuvo que en 23 días no llegó ningún camión, en 30 días llegó 1 camión, en 30 días llegaron 2 camiones, en 10 días llegarón 3 camiones, en 5 días llegaron 4 camiones y solo en dos días llegaron 5 camiones.

Paso 1 – Baje un archivo con el nombre Sesión 08 ejercicio de simulación de teoría de colas 1.

H	5- ে⊸ ⊽				Simulacion Colas [Mode	o de compatibilidad] -	Excel		Inic. ses.	困 −	o x
Archiv	o Inicio Insertar	Disposición de página	a Fórmulas Dato	os Revisar Vista	Programador Ay	uda Q ¿Qué des	ea hacer?			A	Compartir
C2		√ <i>f</i> ∗ Modelo (de simulación del mu	elle							~
	А	В	С	D	Е	F	G	н	I	J	
1						-	_				
2			Modelo de	simulación	del muelle						
3	Capacidad del embarcadero	2									
4	Día	Númoro	Número para	Descargados	Númoro			Númere	Probabilidad		
5	Dia	de llegadas	descargar	en realidad	nosteraado			de llegadas	FIODADIIIuau		
7	0	ue negauas	uescargar	en realidad	n				0.23		
8	0				U			1	0.20		
q								2	0.30		
10								3	0.50		
11								4	0.05		
12								5	0.02		
13											
14											
15											<u> </u>
16											
4	> Sheet1 S	heet2 Sheet3	+								······································
		1	-								+ 150 %

Paso 2 – 500 interacciones

Para ello agregamos un 1 en la celda A8 y utilizamos RELLENAR SERIES para simular 500 días de trabajo en el muelle.

H	• ം ം ∍				Simulacion Colas [Mod	o de compatibilidad] -	Excel		Inic. ses.	1 1	_ ×
Archiv	o Inicio Insertar	Disposición de página	a Fórmulas Dato	os Revisar Vista	Programador Ay	uda Q ¿Qué des	ea hacer?			۶	Compartir
Pegar Portapa	K E ✓ M K S Peles S	10 ∨ A [*] A [*] 	= =	란 Ajustar texto 臣 Combinar y centrar Ición	General ↓ General ↓ % 000 5,65 Número	Formato condicional * of	Dar formato Estilos de como tabla × celda × Estilos	Insertar Eliminar Form	to Autosuma • • Rellenar • • Borrar •	denar y Buscar y iltrar * seleccionar * ción	~
<mark>A</mark> 8	• E × 0	$\checkmark f_x$ 1									~
	А	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	<u> </u>
1											
2			Modelo de	simulación	del muelle						
	Capacidad del										
3	embarcadero	2									
4			_		_						
5	Día	Número	Número para	Descargados	Número			Número	Probabilidad		
6		de llegadas	descargar	en realidad	postergado			de llegadas			
7	0				0			0	0.23		
8	1							1	0.30		
9								2	0.30		
10	\checkmark							3	0.10		
11								4	0.05		
12								5	0.02		
13	Shoot1 CI	heet2 Sheet2	<u>A</u>			: 4					· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Listo	95	Sileets	Ū							1	+ 150.94
LISTO											1, 120.70





Ya tenemos los 500 días para la simulación.

H	• े ⊸ ⇒				Simulacion Colas [Mod	o de compatibilidad] - I	xcel		Inic. ses.	T –	o x
Archivo	o Inicio Insertar	Disposición de página	a Fórmulas Dato	os Revisar Vista	Programador Ay	uda Q ¿Qué dese	a hacer?			Ą	Compartir
A8	• : × ·	√ f _x 1									Ý
	Δ	в	C	D	F	F	G	н	Т	1	
1	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		U		-	•			-		
2			Modelo de	simulación	del muelle						
3	Capacidad del embarcadero	2									
4											
5	Día	Número	Número para	Descargados	Número			Número	Probabilidad		
6		de llegadas	descargar	en realidad	postergado			de llegadas			
7	0				0			0	0.23		
8	1							1	0.30		
9	2							2	0.30		
10	3							3	0.10		
11	4							4	0.05		
12	5							5	0.02		
13	6										
14	7										
15	8										
16	9										
4	> Sheet1 Si	neet2 Sheet3	(+)								
Listo	<u>ــــــــــــــــــــــــــــــــــــ</u>	1	0								+ 150 %

Paso 3 – Utilizamos Analisis de Datos para simular la llegadas de los camiones.

		Simulacion Colas [Mo	do de compatibilidad] - E	xcel		lnic. ses.	• • • •	
Datos	Revisar Vista	Programador A	yuda 🛛 ¿Qué dese	a hacer?			Ąс	ompar
xiones edades vínculos	2↓ <mark>ZA</mark> Z↓ Ordenar Fil	tro Avanzadas enar y filtrar	Texto en columnas 🐱 🔹	Análisis de Previsión hipótesis マ Previsión	한 Agrupar · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Análisis de datos		
de	simulación	del muelle				Herramientas de a Herramientas de a financieros	análisis de datos nálisis de datos científicos	y
para[Descargados	Número			Número	Probabilidad		
jar	en realidad	postergado			de llegadas			
		0			0	0.23		
					1	0.30		

Análisis de Datos tiene varias funciones estadísticas, buscamos Generación de Números Aleatorios (Montecarlo, pero seudo aleatorios).

Análisis de datos		? ×
<u>F</u> unciones para análisis		Aceptar
Análisis de Fourier	~	
Histograma		Cancelar
Media móvil		
Generación de números aleatorios		Avuda
Jerarquía y percentil		
Regresion		
Muestra		
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales	×	



Excel tiene a disposición 7 distribuciones para generar la variable aleatoria que necesitemos emular.

Si la variable en cuestion NO está dentro de las opciones que ofrece Análisis de Datos habrá que simular con fórmulas generadoras Si se trata de probabilidades obtenidas de una distribución de frecuencias construida con datos históricos, para el rango de entrada en la primera columna deben de ir la variable y en la segunda columna las probabilidades.

Generación de números aleatorios ? × Número de variables: 1 Cantidad de números aleatorios: 500 Cancelar Distribución: Discreta Parámetros Rango de entrada de valores y probabilidades: SHS7:SIS12 ①	Generación de números aleatori Número de <u>v</u> ariables: <u>C</u> antidad de números aleatorios	os 1	? ×		
Número de variables: 1 Cantidad de números aleatorios: 500 Cancelar Distribución: Discreta Parámetros Rango de entrada de valores y probabilidades: SHS7:SIS12 1 Aceptar Cancelar Número Probabilidades: 0 0	Número de <u>v</u> ariables: <u>C</u> antidad de números aleatorios	1	Aceptar		
Cantidad de números aleatorios: 500 Distribución: Discreta Parámetros Ayuda Rango de entrada de valores y probabilidades: Número SH\$7:\$I\$12 1	<u>C</u> antidad de números aleatorios				
Distribución: Discreta Parámetros Rango de entrada de valores y probabilidades: \$H\$7:\$I\$12 Múmero Probabilidades: 0	Distribusión	500	Cancelar		
Parámetros Rango de <u>e</u> ntrada de valores y probabilidades: SH\$7:\$I\$12 Número Probabilidades de llegadas 0 0 0 2	Distribución: Discret	ta 🗸	Ay <u>u</u> da		
SH\$7:\$I\$12 t 0 0 0 2	Parámetros			Número	Probabilidad
	Rango de <u>e</u> ntrada de valores y	probabilidades:		de llegadas	
	515151512			0	0.23
1 0.30				1	0.30
Iniciar con: 2 0.30	<u>I</u> niciar con:			2	0.30
Opciones de salida 0.10	Opciones de salida			3	0.10
Rango de <u>salida:</u> SB\$8	Rango de <u>s</u> alida:	B\$8		4	0.05
O En una <u>h</u> oja nueva:	() En una hoja nueva:		-	5	0.02
			_	L	0.02

Ya tenemos las llegadas para los 500 días de simulación.

H	რ- ⇔. ≏				Simulacion Colas [Mode	de compatibilidad] -	Excel		Inic. ses.	• E –	o x
Archiv	o Inicio Insertar	Disposición de página	a Fórmulas Dato	os Revisar Vista	Programador Ayı	ıda Q ¿Qué des	ea hacer?			<u>م</u>	Compartir
B8		√ <i>f</i> _x 2									¥
	А	В	С	D	Е	F	G	Н	I	J	
1											
2			Modelo de	simulación	del muelle						
3	Capacidad del embarcadero	2									
4	Día	Número	Número para	Descargados	Número			Número	Probabilidad		
5	Dia		descargar	en realidad	nostergado			de llegadas	FIODADIIIdad		
7	0	ue negauas	uescargar	en realidad	n O				0.23		
8	1	2			U			1	0.20		
a	2	0						2	0.30		
10	3	1						3	0.50		
11	4	2						4	0.05		
12	5	2						5	0.02		
13	6	0							0102		
14	7	2									
15	8	0									
16	9	1									
4	Sheet1 St	heet2 Sheet3	+								· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Listo							Promedio: 1.496	6 Recuento: 500 Suma	748 🖽 🗉 🖽		+ 150 %

Paso 4 – Ahora se calcula la cantidad de camiones por descargar, que serán los camiones que estaban pendientes de descargar del día anterior más los que lleguen el día de hoy.

Número	Número para	Descargados	Número	
de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
			0	
2	=E7+B8			
0				
1				

Ubique aquí el cursor en la esquina inferior derecha de la celda, hasta que le aparesca un + y luego haga doble click al mouse para copiar la fórmula

Día	Número	Número para	Descargados	Número	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
0				0	
1	2	2			
2	0				
3	1				
4	2				
5	2				

Ya tenemos los camiones por descargar para los 500 días de simulación.

Número	Número para	Descargados	Número	
de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
			0	
2	2			
0	0			
1	1			
2	2			
2	2			
0	0			
2	2			
0	0			
1	1	+		

Paso 5 – Ahora se calcula la cantidad de camiones que en realidad puede descargar el embarcadero, para ello ocupamos una fórmula lógica, puede ser **SÍ o MIN** y sería el menor entre la capacidad del muelle y la cantidad por descargar.

Capacidad del embarcadero	2			
Día	Número	Número para	Descargados	Número
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado
0		\frown		0
1	2	(2)		
2	0	0		
3	1	1		
4	2	2		
5	2	2		

Insertar función	?	×
<u>B</u> uscar una función:		
Escriba una breve descripción de lo que desea hacer y, a continuación, haga clic en Ir		l <u>r</u>
O seleccionar una <u>c</u> ategoría: Todo 🗸		
Seleccionar una <u>f</u> unción:		
MIEMBROCUBO MIEMBROKPICUBO MIEMBRORANGOCUBO		^
MIN		
MINUSC MINUTO		~
MIN(número1;número2;)		
Devuelve el valor mínimo de una lista de valores. Omite los valores texto.	; lógico	os y el
Ayuda sobre esta función Aceptar	Ca	ancelar

Se debe fijar la celda que contiene la capacidad del muelle antes de copiar la fórmula.

Capacidad del embarcadero	2		Argumentos de función ? X
Día	Número	Número para	MIN
	de llegadas	descargar	Número1 \$B\$3 ± = 2
0			Número2 C8 🛨 = 2
1	2	2	
2	0	0	
3	1	1	= 2
4	2	2	Devuelve el valor mínimo de una lista de valores. Omite los valores lógicos y el texto.
5	2	2	Número2: número1;número2; son de 1 a 255 números, celdas vacías, valores lógicos o números en forma de texto, para los cuales desea obtener el
6	0	0	mínimo.
7	2	2	Resultado de la fórmula = 2
8	0	0	Avuda sobre esta función Cancelar Cancelar
9	1	1	

	Número	Número para	Descargados	Número	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
				0	
	2	2	2		
	0	0			
	1	1			
	2	2			
	2	2			
_					

Copiamos la fórmula y tenemos los camiones por descargados para los 500 días de simulación.

Número	Número para	Descargados	Número
de llegadas	descargar	en realidad	postergado
			0
2	2	2	
0	0	0	
1	1	1	
2	2	2	
2	2	2	
0	0	0	
2	2	2	
0	0	0	
1	1	1	
Sheet2 Sheet3	+		

Paso 6 – Ahora se calcula la cantidad de camiones que quedan postergados para el día siguiente.

Número	Número para	Descargados	Número	
de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
			0	
2	2	2	=C8-D8	
0	0			
1	1			
2	2			

Se copia la fórmlula y ya tenemos los camiones postergados para los 500 días de simulación.

	Número	Número para	Descargados	Número	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado	
				0	
	2	2	2	0	
	0	0	0	0	
	1	1	1	0	
	2	2	2	0	
	2	2	2	0	
	0	0	0	0	
	2	2	2	0	
	0	0	0	0	
	1	1	1	0	 +
51	heet2 Sheet3	+			

 Ahora está completo el modelo de simulación. La empresa está interesada en el número de vagones demorados debido al costo de tenerlos en espera. Los valores de la columna E muestran esto.

		Modelo de	simulación d	del muelle				
Capacidad del embarcadero	2							
Día	Número	Número para	Descargados	Número		Número	Probabilidad	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado		de llegadas		
0				0		0	0.23	
1	2	2	2	0		1	0.30	
2	0	0	0	0		2	0.30	
3	1	1	1	0		3	0.10	
4	2	2	2	0		4	0.05	
5	2	2	2	0		5	0.02	
6	0	0	0	0				
7	2	2	2	0				
8	0	0	0	0				
9	1	1	1	0				

Sintetizar los Datos

Para que sean útiles, es necesario resumir los datos. Debe calcularse el número promedio de vagones demorados y determinar el costo de este retraso. Suponiendo que el costo del retraso es de \$100 por vagón por día, debe producirse una distribución que muestre cuántos vagones están retrasados.

Para ello vamos a calcular los costo promedio de espera. Escriba los encabezados como aparecen en la figura.

Número	Número para	Descargados	Número		Número	
de llegadas	descargar	en realidad	postergado		de llegadas	
			0		0	
2	2	2	0		1	
0	0	0	0		2	
1	1	1	0		3	
2	2	2	0		4	
2	2	2	0		5	
0	0	0	0			
2	2	2	0	Retraso Pron	nedio	
0	0	0	0	Costo Anual		
1	1	1	0			

Calcule el retraso promedio.

Insertar función	?	×
<u>B</u> uscar una función:		
Escriba una breve descripción de lo que desea hacer y, a continuación, haga clic en Ir		l <u>r</u>
O seleccionar una <u>c</u> ategoría: Todo		
Seleccionar una <u>f</u> unción:		
ProblemløserTilføj ProblemløserValg PRODUCTO		^
PROMEDIO		
PROMEDIO.SI		
PROMEDIO.SI.CONJUNTO PROMEDIOA		~
PROMEDIO(número1;número2;)		
Devuelve el promedio (media aritmética) de los argumentos, los cu números, nombres, matrices o referencias que contengan número	ales pi s.	ueden ser
Ayuda sobre esta función Aceptar	Ca	ancelar

Note que no se incluyó el primer valor de la columna de postergados ya que ese valor fue digitado.

		Argumentos de función ? X
S	Número	PROMEDIO Número1 E8:E507 (0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0
1	postergado	Número2 🛨 = número
	U	
	0	
	0	
	0	= 1.202
	0	Devuelve el promedio (media aritmética) de los argumentos, los cuales pueden ser números, nombres, matrices o referencias que contengan números.
	0	Número1: número1;número2; son entre 1 y 255 argumentos numéricos de los que
	0	se desea obtener el promedio.
	0	Perultado de la fórmula – 1 202
	0	
	0	Ayuda sobre esta funcion Cancelar Cancelar
	0	
	0	
	0	

Descargados	Número		Número	Probabilidad	
en realidad	postergado		de llegadas		
	0		0	0.23	
2	0		1	0.30	
0	0		2	0.30	
1	0		3	0.10	
2	0		4	0.05	
2	0		5	0.02	
0	0				
2	0	Retraso Pror	medio	1.202	
0	0	Costo Anual			
1	0				
2	0				
0	0				
2	0				

Ahora calculamos el costo promedio de espera. El ejercicio dice que son \$100 por camión por día de espera.

	4	0.05	
	5	0.02	
Retraso Pron	nedio	1.202	
Costo Anual		=I14*100*3	65

Le damos formato de moneda

	5	0.02
Retraso Pron	nedio	1.202
Costo Anual		\$43,873.00

Capacidad del embarcadero	2							
Día	Número	Número para	Descargados	Número		Número	Probabilidad	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado		de llegadas		
0				0		0	0.23	
1	2	2	2	0		1	0.30	
2	0	0	0	0		2	0.30	
3	1	1	1	0		3	0.10	
4	2	2	2	0		4	0.05	
5	2	2	2	0		5	0.02	
6	0	0	0	0				
7	2	2	2	0	Retraso Pro	omedio	1.202	
8	0	0	0	0	Costo Anua	al	\$43,873.00	
9	1	1	1	0				
10	2	2	2	0				
11	0	0	0	0				
12	2	2	2	0				
13	0	0	0	0				
1/	Ω	Ω	Ω	0				

Ahora para determinar la distribución de los vagones retrasados vamos crear un histograma para ello digite 0 en G19 y 1 en G20

	А	В	С	D	E	F	G	Н	I	
2			Modelo de	simulación d	del muelle					
3	Capacidad del embarcadero	2								
4										
5	Día	Número	Número para	Descargados	Número			Número	Probabilidad	
6		de llegadas	descargar	en realidad	postergado			de llegadas		
7	0				0			0	0.23	
8	1	2	2	2	0			1	0.30	
9	2	0	0	0	0			2	0.30	
10	3	1	1	1	0			3	0.10	
11	4	2	2	2	0			4	0.05	
12	5	2	2	2	0			5	0.02	
13	6	0	0	0	0					
14	7	2	2	2	0		Retraso Pron	nedio	1.202	
15	8	0	0	0	0		Costo Anual		\$43,873.00	
16	9	1	1	1	0					
17	10	2	2	2	0		\frown			
18	11	0	0	0	0					
19	12	2	2	2	0		0			
20	13	0	0	0	0					
21	14	0	0	0	0					
22	15	1	1	1	0					

Como no se sabe la cantidad de camiones que pueden haber quedado para el día siguiente entre los 500 días de simulación hacemos el histograma con un valor exagerado de hasta 20

		0	.02
	Series		? ×
Retraso Prom	Series en	Tipo	Unidad de tiempo
Costo Anual	◯ <u>F</u> ilas	● L <u>i</u> neal	Fecha
	Columnas	O <u>G</u> eométrica	🔵 Día laborable
		🔿 Cr <u>o</u> nológica	O Mes
		O Auto <u>r</u> rellenar	🔾 Año
	<u>T</u> endencia		
0	Incremento: 1	Límit	e: 20
1	Incremento.		<u>e</u> , <u>20</u>
		Acep	tar Cancelar
	L		

С	D	E	F	G	Н	I	J	
1	1	0						
2	2	0						
0	0	0						
2	2	0		0	A			
0	0	0		1				
0	0	0		2				
1	1	0		3				
3	2	1		4				
1	1	0		5				
2	2	0		6				
2	2	0		7	En es	tas dos ce	ldas	
4	2	2		8	anare	cerá los ti	tulos del	
6	2	4		9	aparc			
5	2	3		10	nistog	frama por	lo que el	
3	2	1		11	rango	de salida	a la hora	
2	2	0		12	de co	nstruirlo c	lehe ser	
3	2	1		13				
2	2	0		14	HIQ			
3	2	1		15				
3	2	1		16				
4	2	2		17				
4	2	2		18				
3	2	1		19				
3	2	1		20				
6	2	4						
8	2	6						

Nuevamente en Análisis de Datos, buscamos Histograma.

Análisis de datos		?	×
<u>F</u> unciones para análisis		A	ceptar
Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo	~		
Coeficiente de correlación		Ca	incelar
Estadística descriptiva			wuda
Suavización exponencial		-	y <u>u</u> ua
Prueba E para varianzas de dos muestras Análisis de Fourier			
Histograma			
Media móvil			
Generación de números aleatorios	*		

E	F	G	Н	I
s Número postergado 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		Histograma Entrada Rango de <u>e</u> ntrada: Ra <u>ng</u> o de clases: <u>Rótulos</u> Opciones de salida Rango de <u>s</u> alida: En una <u>h</u> oja nueva: En un libro nuevo	Nuímero SES8:SES507 SG\$19:SG\$39 SH\$18	Probabilidad ? × Aceptar B Cancelar D Ayuda D 5 2
0 0 0		P <u>a</u> reto (Histograma or Porcentaje acumulado <u>C</u> rear gráfico	rdenado) o	2
0 0 0		0		
0		1 2		
0		3		

En este punto aparecerá la distribución del número de vagones aplazados. Puede observarse que en muchos días no se presentan vagones postergados, pero hay días con 5, 6 o más.

Sería conveniente hacer el gráfico.

Retraso Pror	1.202		
Costo Anual		\$43,873.00	
	Clase	Frecuencia	
0	0	302	
1	1	62	
2	2	39	
3	3	34	
4	4	16	
5	5	16	
6	6	11	
7	7	14	
8	8	4	
9	9	1	
10	10	1	
11	11	0	
12	12	0	
13	13	0	
14	14	0	
15	15	0	
16	16	0	
17	17	0	
18	18	0	
19	19	0	
20	20	0	
	y mayor	0	

Distribución de los Vagones Retrasados



Cambio de Capacidad

Los datos obtenidos se basaron en el supuesto de que el embarcadero de la bodega tenga capacidad para descargar dos vagones por día. Si la empresa pudiera agregar nuevo equipo que incrementara la capacidad de descarga los retrasos se reducirían. ¿De cuánto sería el ahorro si se logra aumentar la capacidad del embarcadero a 3 vagones por día?

Al aumentar la capacidad a 3 camiones por día el costo de espera baja de \$43,873 a \$5,694 una disminución de más de \$38,000. Si construir el nuevo muelle tiene un costo menor será rentable aumentar la capacidad

Capacidad del embarcadero	3							
Día	Número	Número para	Descargados	Número		Número	Probabilidad	
	de llegadas	descargar	en realidad	postergado		de llegadas		
0				0		õ	0.23	
1	2	2	2	0		1	0.30	
2	0	0	0	0		2	0.30	
3	1	1	1	0		3	0.10	
4	2	2	2	0		4	0.05	
5	2	2	2	0		5	0.02	
6	0	0	0	0				
7	2	2	2	0	Retraso Prom	nedio	0.156	
8	0	0	0	0	Costo Anual		\$5,694.00	
9	1	1	1	0				
10	2	2	2	0				
11	0	0	0	0		Clase	Frecuencia	
12	2	2	2	0	0	0	302	
13	0	0	0	0	1	1	62	
14	0	0	0	0	2	2	39	
15	1	1	1	0	3	3	34	
16	3	3	3	0	4	4	16	
17	0	0	0	0	E	E	16	



Como el modelo se contruyó con fórmulas y estás estan ligadas a la simulación todo se re calcula al aumentar la celda de capacidad, lo único que no se re calcule es el histograma, para hacerlo de nuevo habrá que ir a Análisis de Datos, Histograma, aceptar y caerle encima al actual.

Clase	Frecuencia	
0	450	
1	28	
2	17	
3	4	
4	1	
5	0	
6	0	
7	0	
8	0	
9	0	
10	0	
11	0	
12	0	
13	0	
14	0	
15	0	
16	0	
17	0	
18	0	
19	0	
20	0	
v mayor	0	
ymayorm	-	
	Clase 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 11 12 12 13 14 15 16 17 18 19 20	Clase Frecuencia 0 450 1 28 2 17 3 4 4 1 5 0 6 0 7 0 8 0 9 0 10 0 11 0 12 0 13 0 14 0 15 0 16 0 17 0 18 0 19 0 20 0

Simulación

Puede observarse que la simulación es una ayuda en la toma de decisiones gerenciales. Los beneficios de aumentar la capacidad de descargue de dos a tres o más vagonetas por día se pueden estimar en el modelo, lo que se compararía con el costo de agregar estas instalaciones