



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 llegaron 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.

Simulación Colas [Modo de compatibilidad] - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer? Compartir

C2 x f* Modelo de simulación del muelle

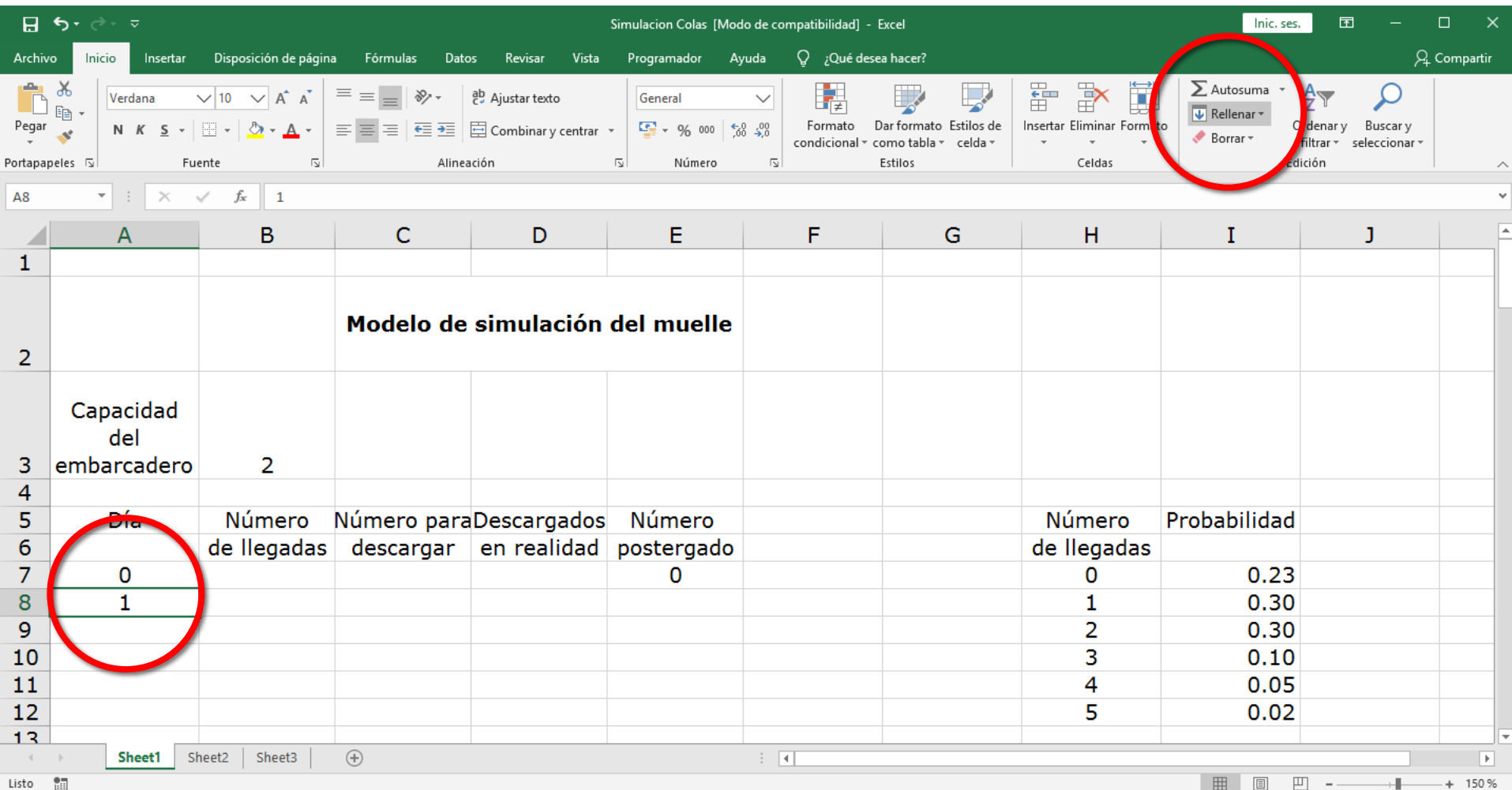
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			Modelo de simulación del muelle							
3	Capacidad del embarcadero	2								
4										
5	Día	Número	Número para	Descargados	Número			Número	Probabilidad	
6		de llegadas	descargar	en realidad	postergado			de llegadas		
7	0				0			0	0.23	
8								1	0.30	
9								2	0.30	
10								3	0.10	
11								4	0.05	
12								5	0.02	
13										
14										
15										
16										

Sheet1 Sheet2 Sheet3

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.



Simulación Colas [Modo de compatibilidad] - Excel

Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer?

Verdana 10 A A Ajustar texto General

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas

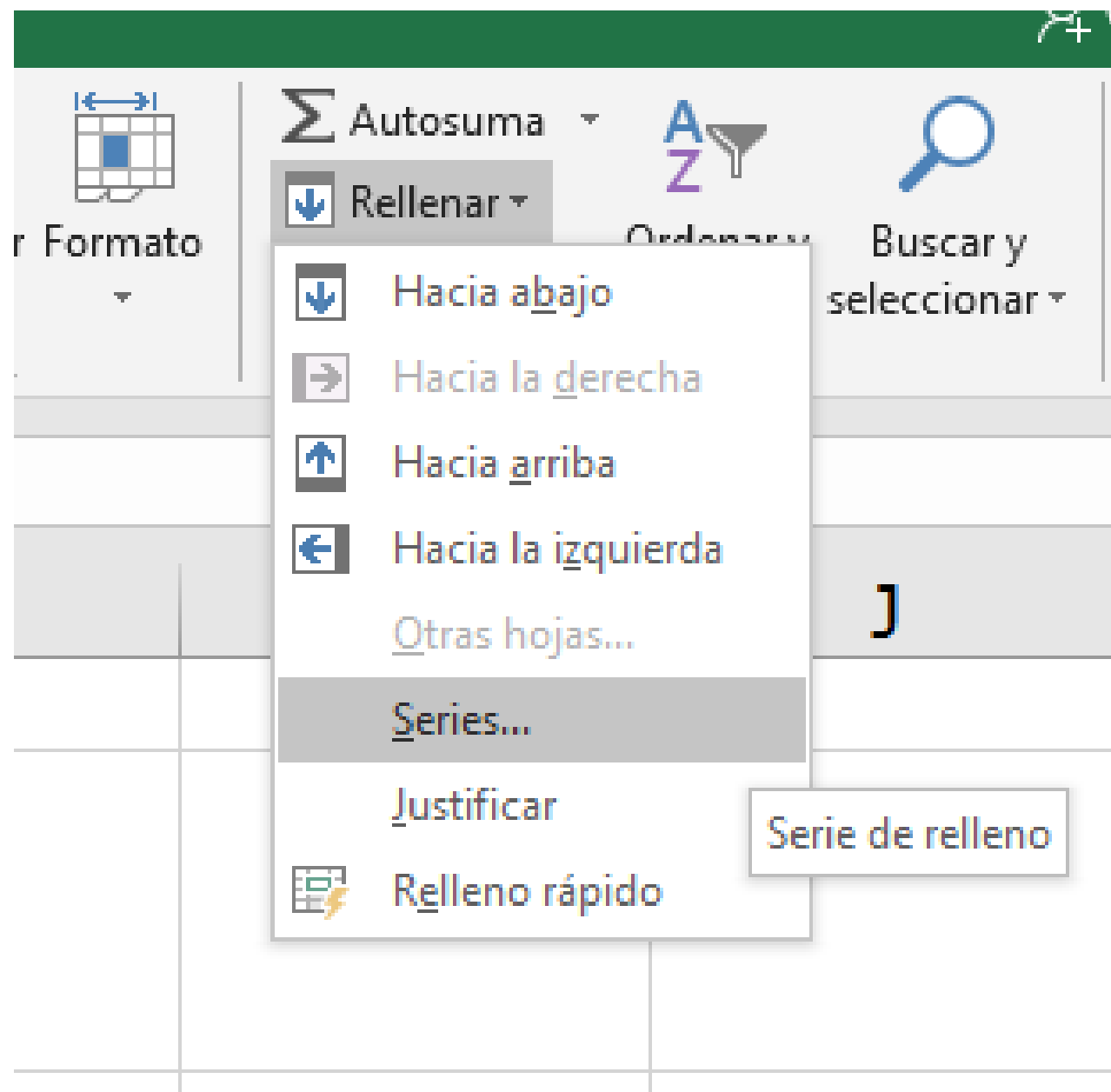
Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

A8 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3	Capacidad del embarcadero	2								
4										
5	Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
6										
7	0				0			0	0.23	
8	1							1	0.30	
9								2	0.30	
10								3	0.10	
11								4	0.05	
12								5	0.02	
13										

Sheet1 Sheet2 Sheet3

Listo 150%



Capacidad
del
embarcadero

Día

0

1

Series

Series en

☐ Filas

☒ Columnas

Tipo

☒ Lineal

☐ Geométrica

☐ Cronológica

☐ Autorellenar

Unidad de tiempo

☒ Fecha

☐ Día laborable

☐ Mes

☐ Año

☐ Tendencia

Incremento: Límite:

Aceptar Cancelar

Ya tenemos los 500 días para la simulación.

Simulacion Colas [Modo de compatibilidad] - Excel

Inicio ses.

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer? Compartir

A8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			Modelo de simulación del muelle							
3	Capacidad del embarcadero	2								
4										
5	Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
6										
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									

Sheet1 Sheet2 Sheet3

Listo 150 %

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

Simulacion Colas [Modo de compatibilidad] - Excel

Inicio. ses.

Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer?

Ordenar y filtrar: Ordenar, Filtro, Borrar, Volver a aplicar, Avanzadas

Herramientas de datos: Texto en columnas

Previsión: Análisis de hipótesis

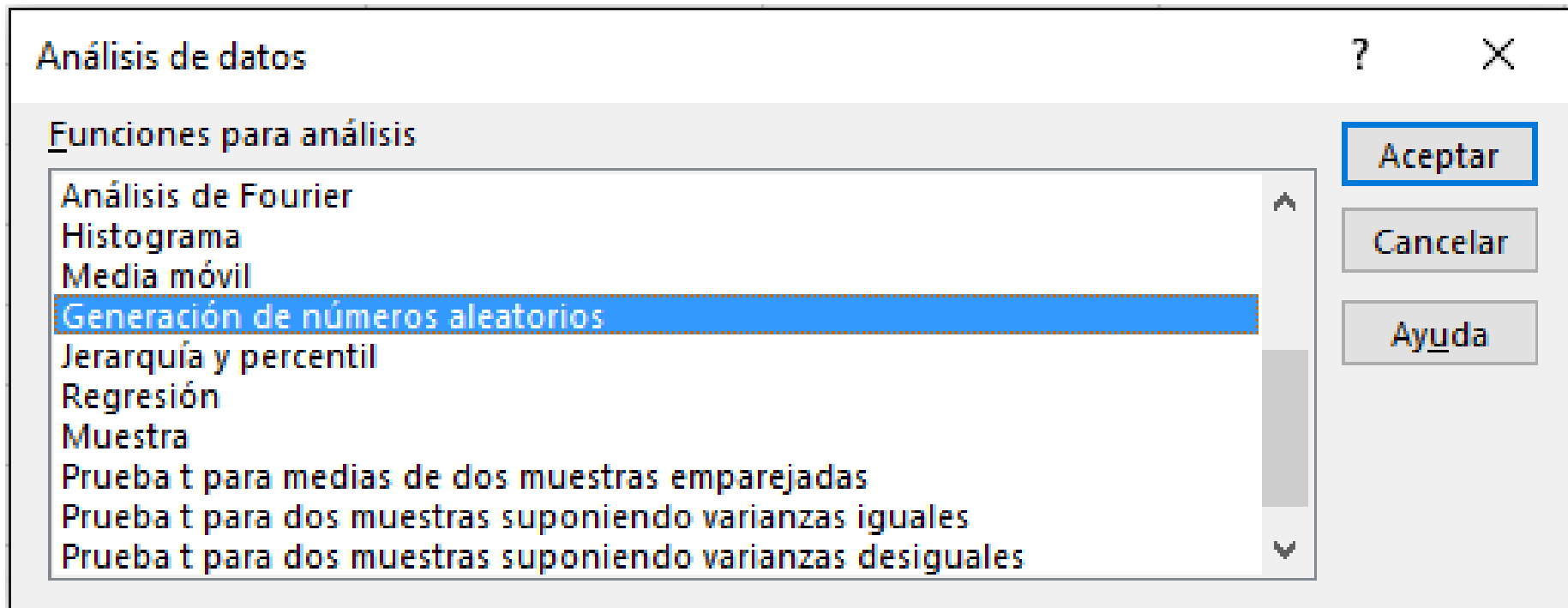
Esquema: Agrupar, Desagrupar, Subtotal

Análisis de datos: Solver

Herramientas de análisis de datos: Herramientas de análisis de datos científicos y financieros

de simulación del muelle						
para Descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad
		0			0	0.23
					1	0.30

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



Generación de números aleatorios

Número de variables:

Cantidad de números aleatorios:

Distribución:

Parámetros

Rango de entrada de variables:

Uniforme

Normal

Bernoulli

Binomial

Poisson

Frecuencia relativa

Discreta

Iniciar con:

Opciones de salida

☐ Rango de salida:

☒ En una hoja nueva:

☐ En un libro nuevo

Aceptar

Cancelar

Ayuda

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

Si la variable en cuestión 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 **Aceptar**

Cantidad de números aleatorios: 500 **Cancelar**

Distribución: Discreta **Ayuda**

Parámetros

Rango de entrada de valores y probabilidades: \$H\$7:\$I\$12 **↑**

Iniciar con:

Opciones de salida

☒ Rango de salida: \$B\$8 **↑**

☐ En una hoja nueva:

☐ En un libro nuevo

Número de llegadas	Probabilidad
0	0.23
1	0.30
2	0.30
3	0.10
4	0.05
5	0.02

Ya tenemos las llegadas para los 500 días de simulación.

Simulación Colas [Modo de compatibilidad] - Excel

Inicio ses.

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer? Compartir

B8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			Modelo de simulación del muelle							
3	Capacidad del embarcadero	2								
4										
5	Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
6										
7	0				0			0	0.23	
8	1	2						1	0.30	
9	2	0						2	0.30	
10	3	1						3	0.10	
11	4	2						4	0.05	
12	5	2						5	0.02	
13	6	0								
14	7	2								
15	8	0								
16	9	1								

Sheet1 Sheet2 Sheet3

Listo

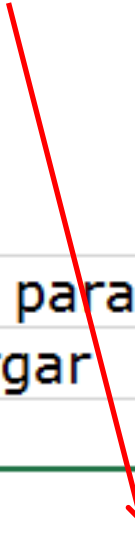
Promedio: 1.496 Recuento: 500 Suma: 748

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 de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado
2	=E7+B8		0
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 de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número 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 de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número 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 de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado	
0				0	
1	2	2			
2	0	0			
3	1	1			
4	2	2			
5	2	2			

Insertar función



Buscar una función:

Escriba una breve descripción de lo que desea hacer y, a continuación, haga clic en Ir

Ir

O seleccionar una categoría: Todo



Seleccionar una función:

MIEMBROCUBO
MIEMBROKPICUBO
MIEMBRO RANGOCUBO
MIN
MINA
MINUSC
MINUTO



MIN(número1;número2;...)

Devuelve el valor mínimo de una lista de valores. Omite los valores lógicos y el texto.

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar

Cancelar

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

Capacidad del embarcadero		
	2	
Día	Número de llegadas	Número para descargar
0		
1	2	2
2	0	0
3	1	1
4	2	2
5	2	2
6	0	0
7	2	2
8	0	0
9	1	1

Argumentos de función

MIN

Número1

\$B\$3

↑

= 2

Número2

C8

↑

= 2

Número3

↑

= número

= 2

Devuelve el valor mínimo de una lista de valores. Omite los valores lógicos y el texto.

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 mínimo.

Resultado de la fórmula = 2

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar

Cancelar

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

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

Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número 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

Sheet2 | 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 del muelle							
Capacidad del embarcadero	2								
Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
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 de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número 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 Promedio		
0	0	0	0		Costo Anual		
1	1	1	0				

Calcule el retraso promedio.

Insertar función

Buscar una función:

Escriba una breve descripción de lo que desea hacer y, a continuación, haga clic en Ir

O seleccionar una categoría: Todo

Seleccionar una función:

- ProblemløserTilføj
- ProblemløserValg
- PRODUCTO
- PROMEDIO**
- PROMEDIO.SI
- PROMEDIO.SI.CONJUNTO
- PROMEDIOA

PROMEDIO(número1;número2;...)

Devuelve el promedio (media aritmética) de los argumentos, los cuales pueden ser números, nombres, matrices o referencias que contengan números.

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar Cancelar

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

Argumentos de función

PROMEDIO

Número1

E8:E507

↑

= {0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;1;0;0;0;2;4;

Número2

↑

= número

= 1.202

Devuelve el promedio (media aritmética) de los argumentos, los cuales pueden ser números, nombres, matrices o referencias que contengan números.

Número1: número1;número2;... son entre 1 y 255 argumentos numéricos de los que se desea obtener el promedio.

Resultado de la fórmula = 1.202

[Ayuda sobre esta función](#)

AceptarCancelar

Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
	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 Promedio		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 Promedio		1.202
	Costo Anual		=I14*100*365

Le damos formato de moneda

		5	0.02
	Retraso Promedio		1.202
	Costo Anual		\$43,873.00

Capacidad del embarcadero	2								
Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad	
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 Promedio		1.202	
8	0	0	0	0		Costo Anual		\$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					
14	0	0	0	0					

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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Modelo de simulación del muelle								
3	Capacidad del embarcadero	2							
4									
5	Día	Número de llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de llegadas	Probabilidad
6									
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 Promedio		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				
18	11	0	0	0	0				
19	12	2	2	2	0		0 1		
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

Retraso Promedio
Costo Anual

0

1

Series

Series en

☐ Filas
☒ Columnas

Tipo

☒ Lineal
☐ Geométrica
☐ Cronológica
☐ Autorellenar

Unidad de tiempo

☒ Fecha
☐ Día laborable
☐ Mes
☐ Año

☐ Tendencia

Incremento: 1

Límite: 20

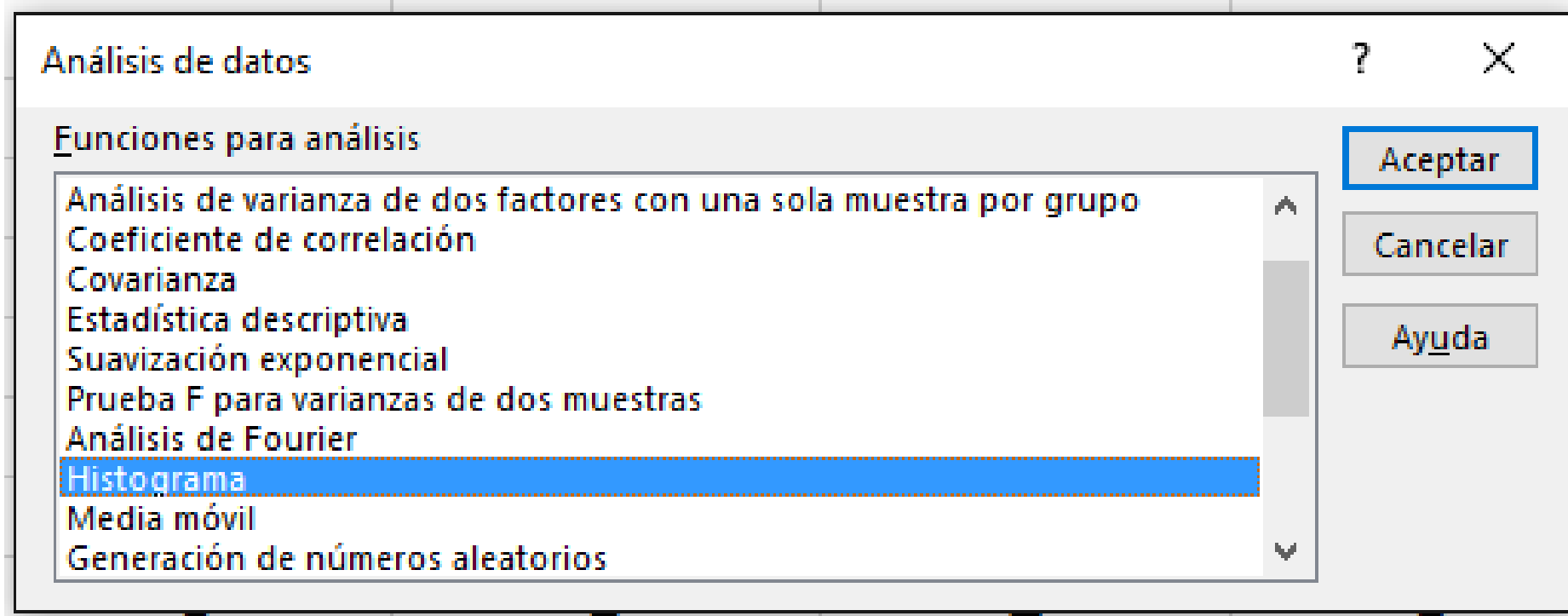
Aceptar

Cancelar

C	D	E	F	G	H	I	J	
1	1	0						
2	2	0						
0	0	0						
2	2	0		0				
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				
4	2	2		8				
6	2	4		9				
5	2	3		10				
3	2	1		11				
2	2	0		12				
3	2	1		13				
2	2	0		14				
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						

En estas dos celdas
aparecerá los títulos del
histograma por lo que el
rango de salida a la
hora de construirlo debe
ser H18

Nuevamente en Análisis de Datos, buscamos Histograma.

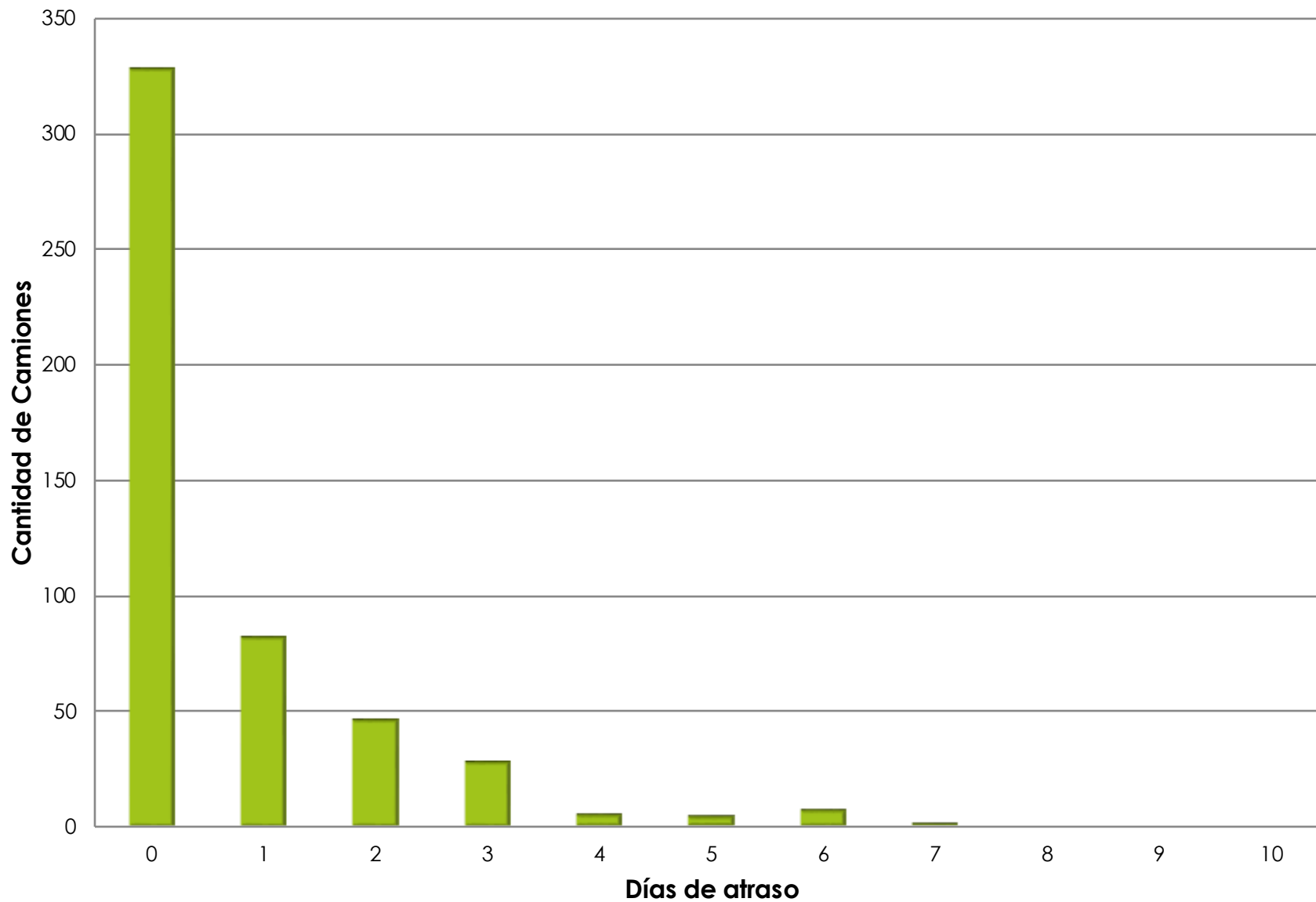


En este punto aparecerá la distribución del número de vagones aplazados. Puede observarse que en muchos días no se presentan vagones postergados, pero hay días con 5, 6 o más.

Sería conveniente hacer el gráfico.

	Retraso Promedio	1.202
	Costo Anual	\$43,873.00
	<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>
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

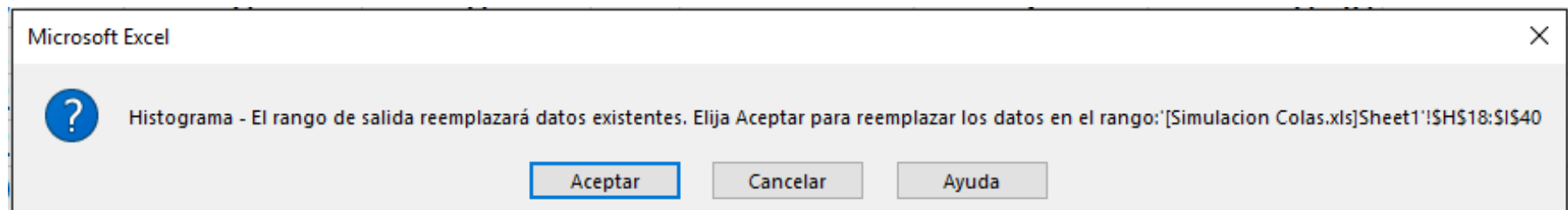


Cambio de Capacidad

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 de Llegadas	Número para descargar	Descargados en realidad	Número postergado			Número de Llegadas	Probabilidad
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 Promedio		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			<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>
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		5	5	16



Como el modelo se contruyó con fórmulas y éstas 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.

	<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>
0	0	450
1	1	28
2	2	17
3	3	4
4	4	1
5	5	0
6	6	0
7	7	0
8	8	0
9	9	0
10	10	0
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

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